Hemodynamika, šok

doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.

I. klinika anestéziológie

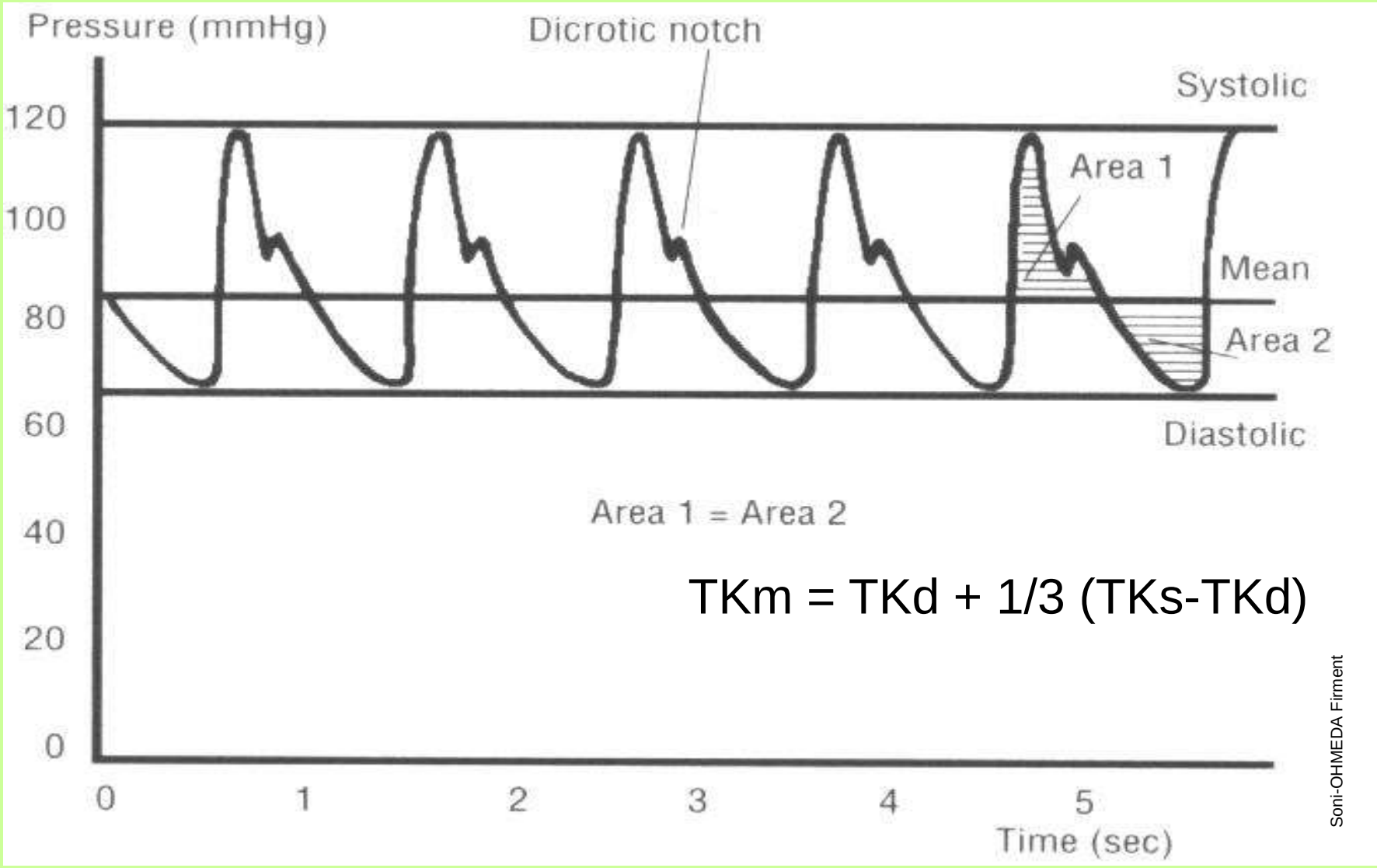
a intenzívnej medicíny

UPJŠ LF a UNLP, Košice

KRVNÝ OBEH

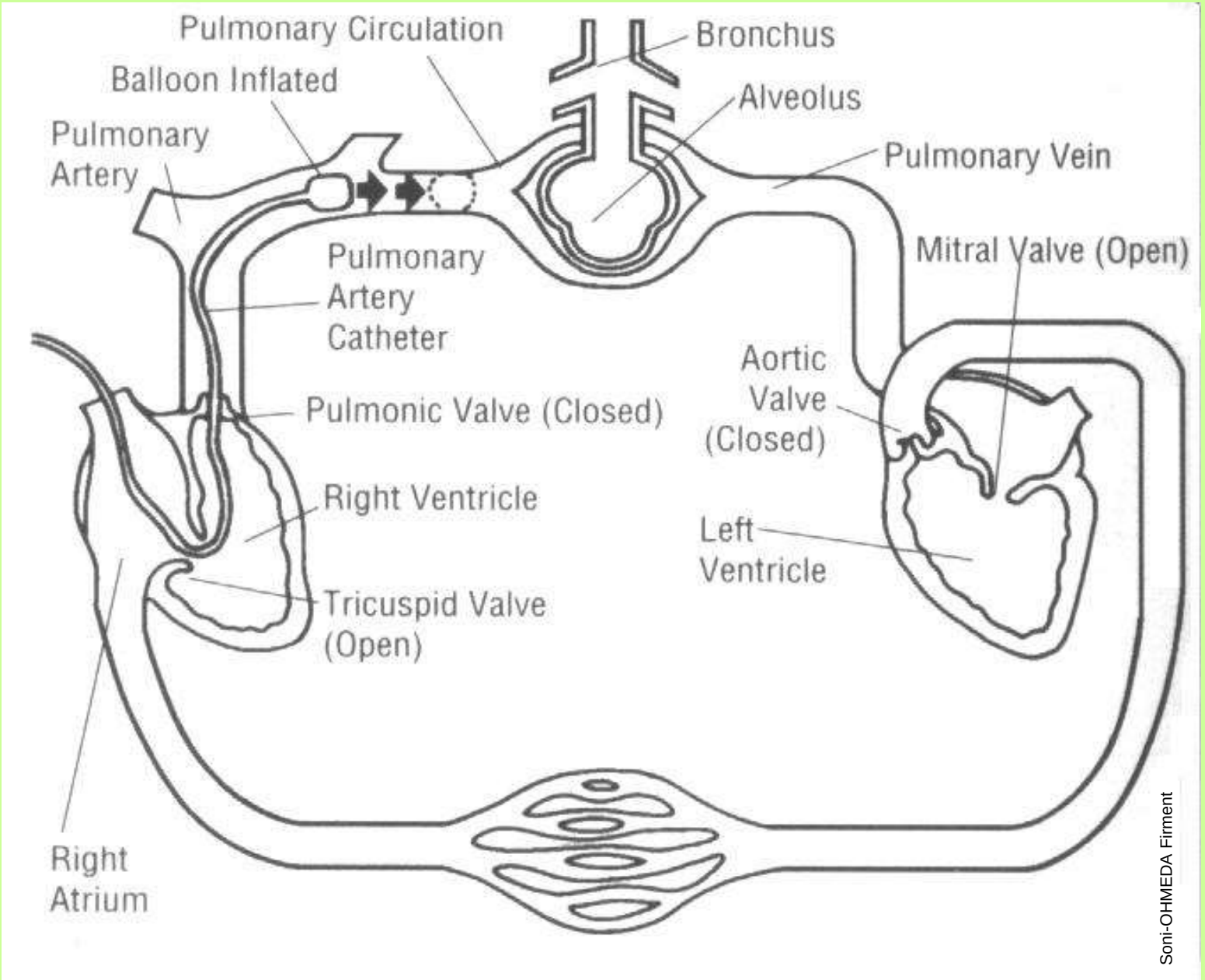
- EKG (arytmie, tvary krivky), arteriálny TK syst. diast, stredný, neinvazívny, invazívny.
- Monitorovanie hemodynamiky (S-G katéter, termodilučný): CVP, AP, PA, PCWP, LAP,
- CO, SV, LVSW, SVR, PVR, indexy...
- Monitorovanie arytmií, Holter, telemetria. Palpácia pulzu (miesta a kvalita).
- S_aO_2, S_vO_2, S_pO_2, $p_{tc}O_2$,

STREDNÝ ARTÉRIOVÝ TLAK



TKm = TKd + 1/3 (TKs-TKd)

POLOHA S-G KATÉTRA



THE HEART IN DIASTOLE

THE HEART IN ATRIAL SYSTOLE

PRELOAD The force that stretches the ventricle during diastole

- How far the ventricles stretch will depend on how much blood empties into them. Thus, preload can also be described as End Diastolic Ventricular Volume.
- CVP ia an indicator of right ventricular preload.
- PAWP is an indicator of left ventricular preload.

PRELOAD

= CVP, PAWP

Soni-OHMEDA Firment

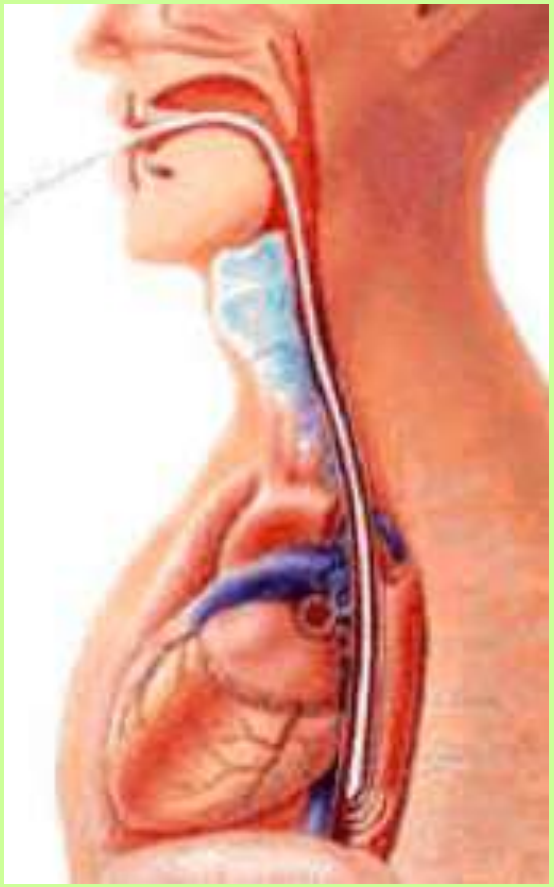
AFTERLOAD

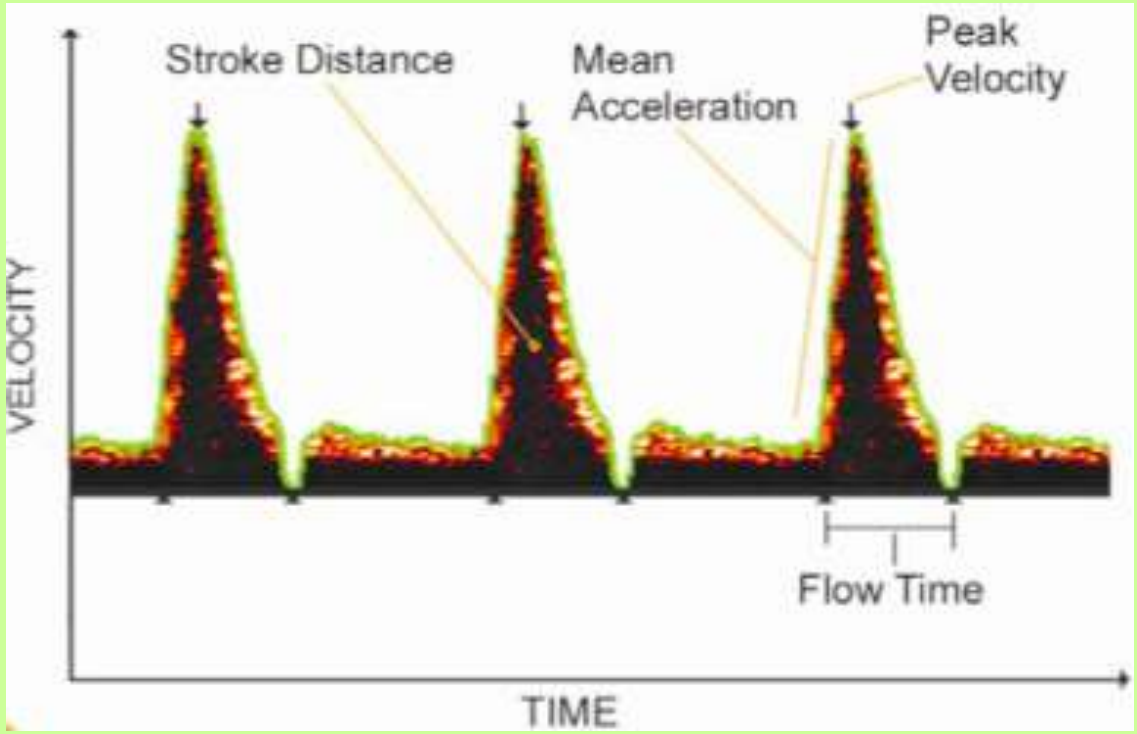
The impedance or resistance the ventricles must overcome before they can contract.

- The opposing pressure is a combination of pressures in the pulmonary vasculature, aorta, systemic arteries and veins, and peripheral vessels.
- Afterload is primarily determined by derived haemodynamic parameters called Pulmonary Vascular Resistance (PVR) and Systemic Vascular Resistance (SVR)
- PVR refers to right ventricular afterload
- SVR refers to left ventricular afterload

AFTERLOAD

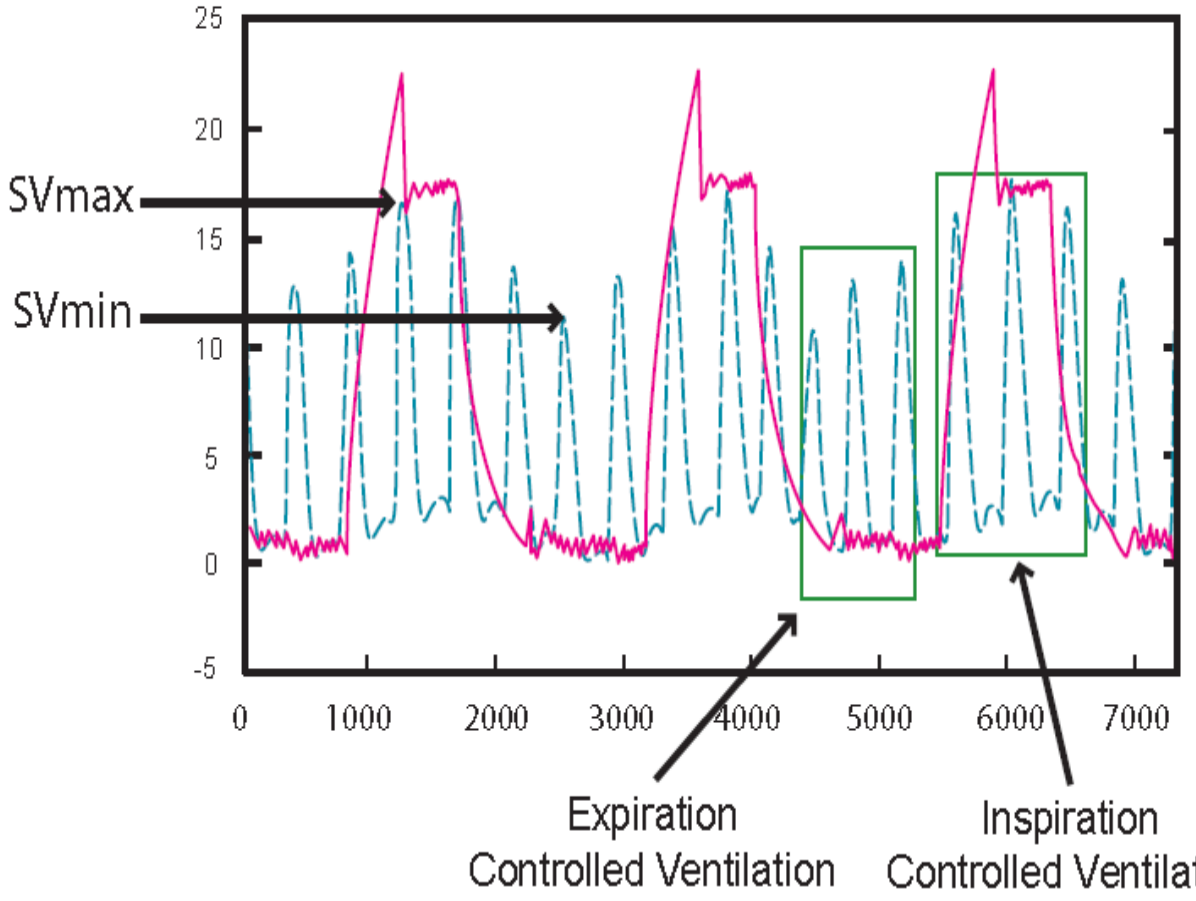
= PVR, SVR




Stroke Distance
Mean Acceleration
Peak Velocity
VELOCITY
Flow Time
TIME

Stroke Volume Variation

A sensitive indicator of preload responsiveness
(on control ventilated patients)

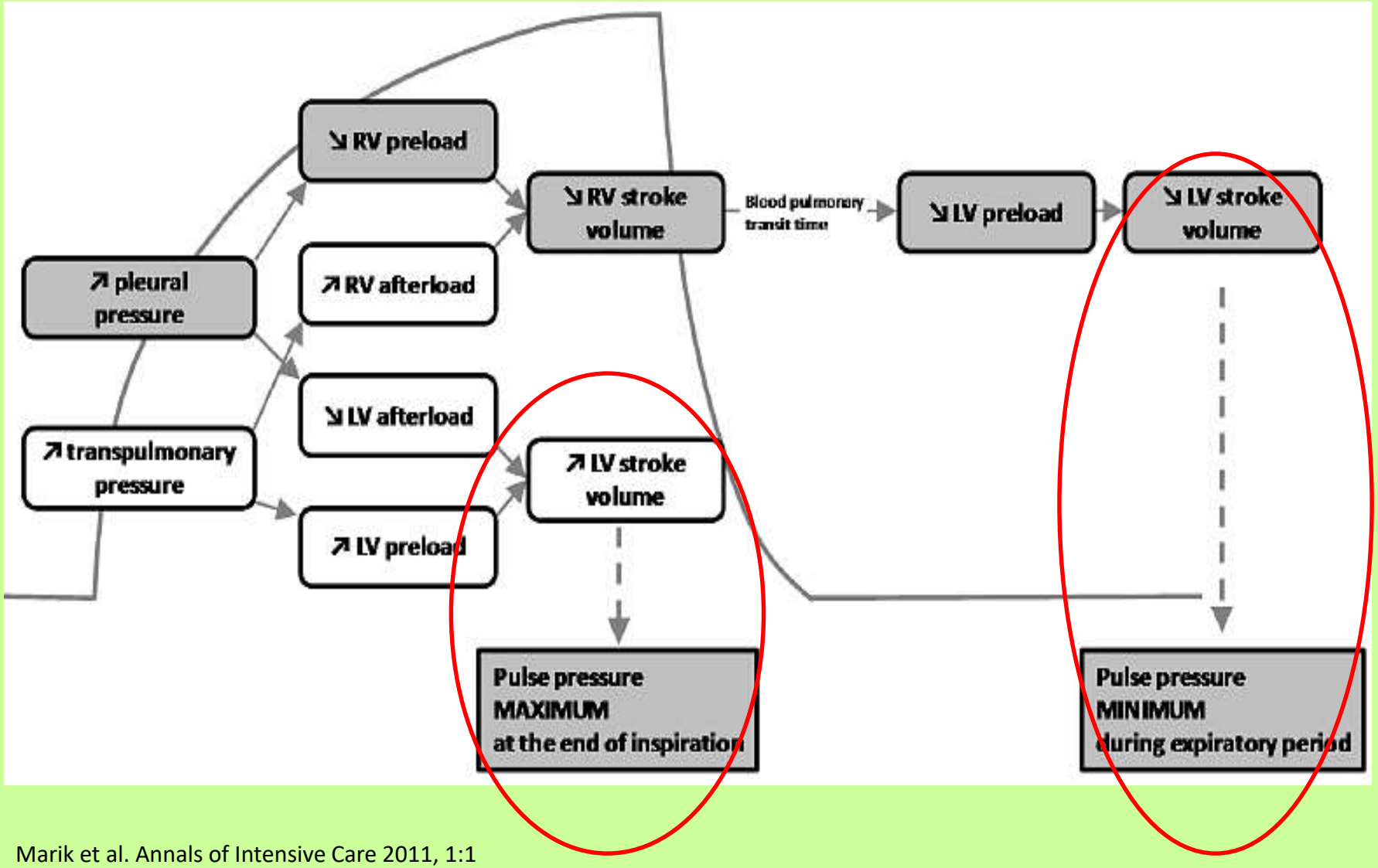


Airway Pressure

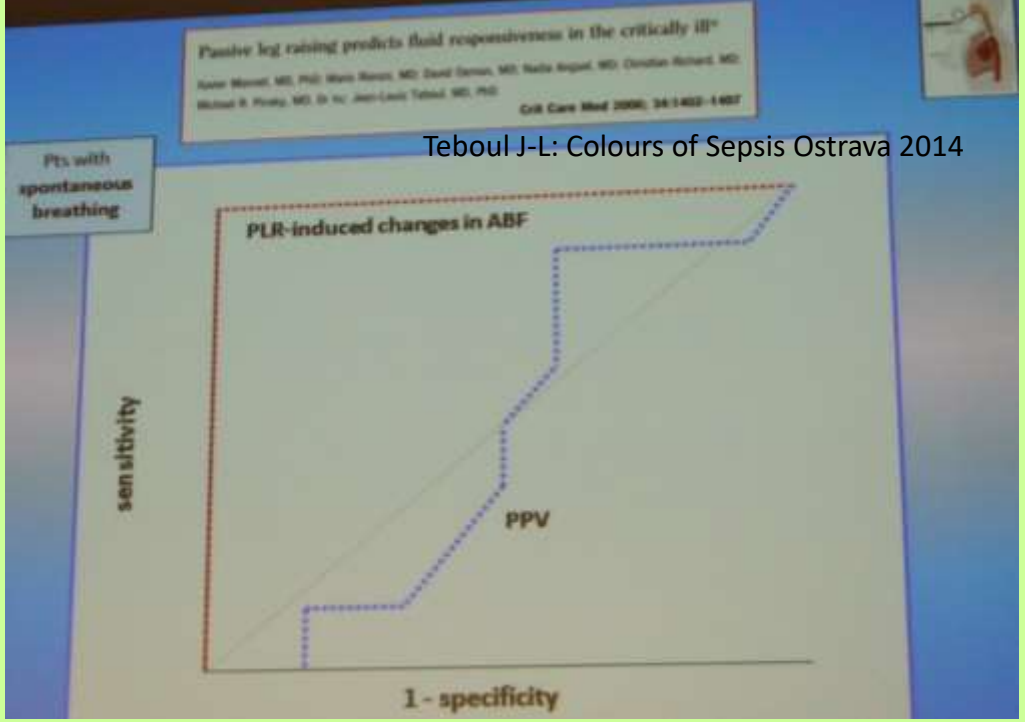
Arterial Pressure

$$\%SVV = \frac{SVmax - SVmin}{SVmean}$$

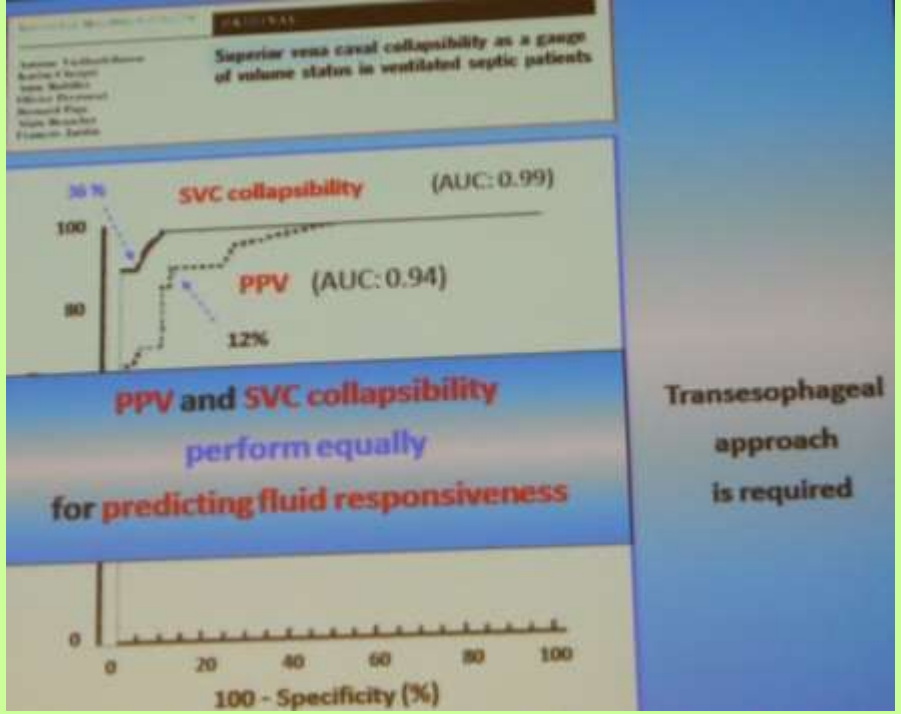
Hodnotenie odpovede na objem u septických pacientov

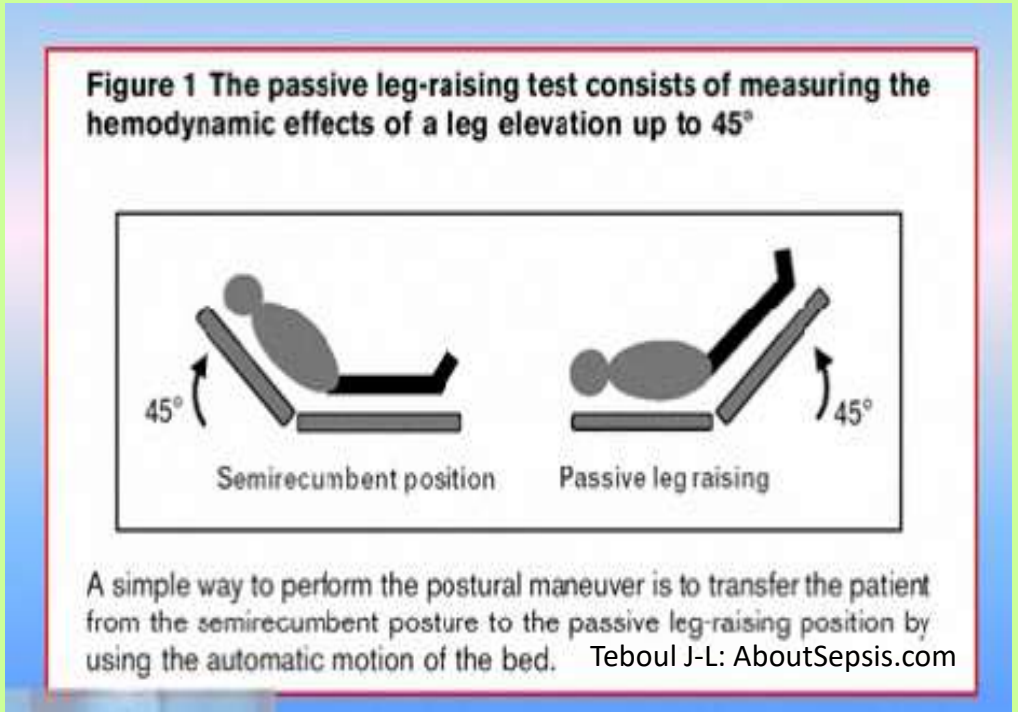


Marik et al. Annals of Intensive Care 2011, 1:1

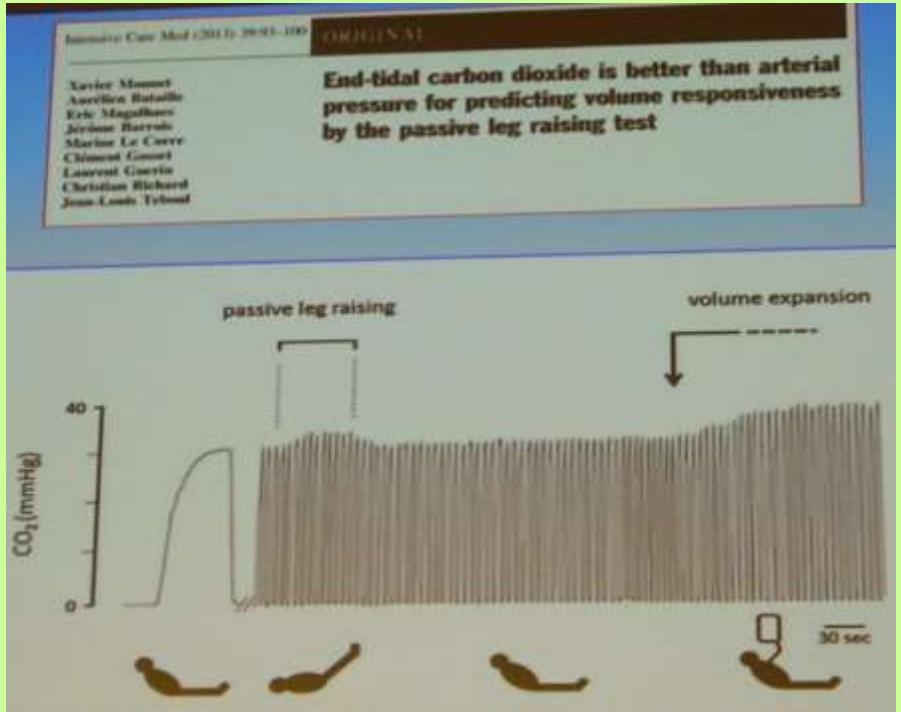


Teboul J-L: Colours of Sepsis Ostrava 2014

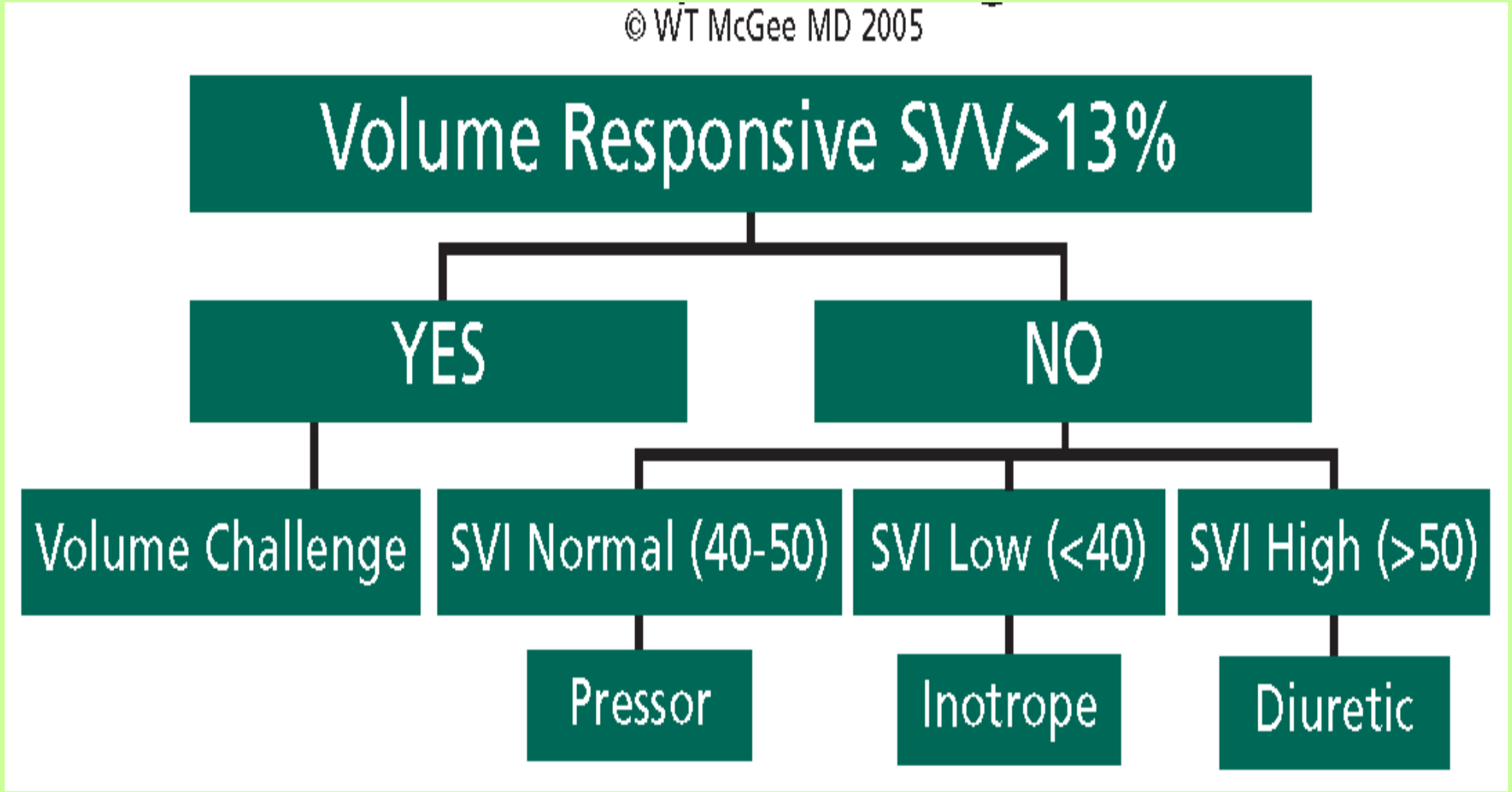




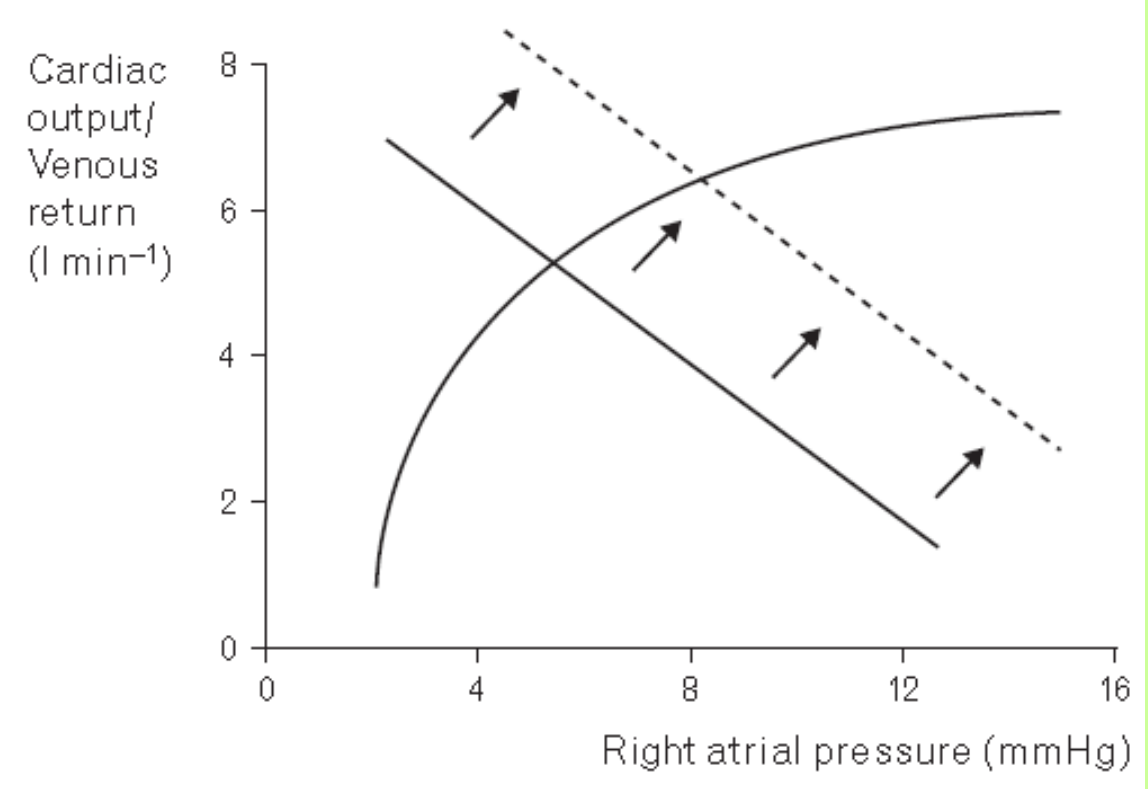
Teboul J-L: AboutSepsis.com



Volume Responsive Algorithm



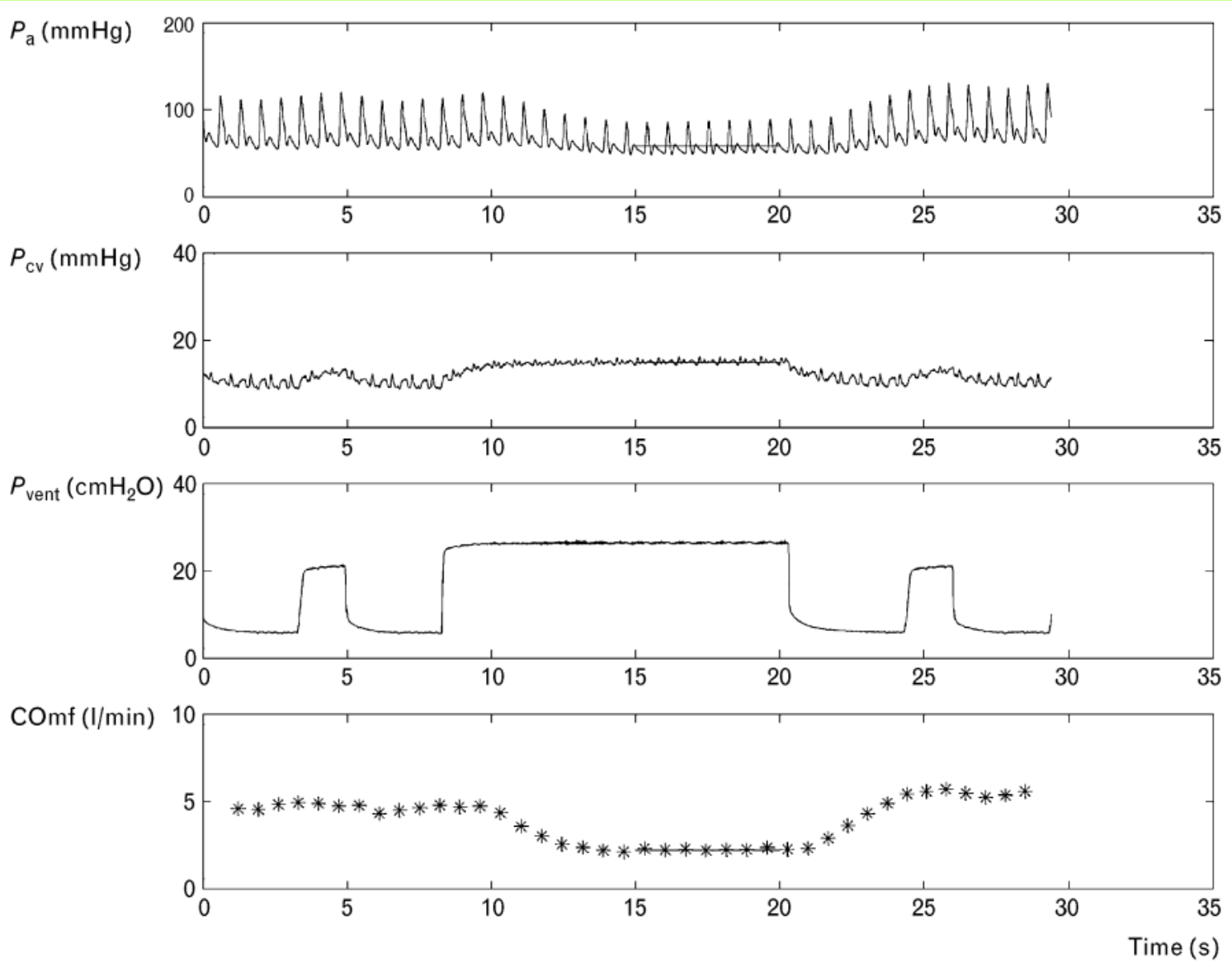
Application of Starling's law of the heart to identify a fluid responsive patient



- A fluid challenge results in an increase in **venous return** (straight line).
- When **plasma volume is low**, this increase will be associated with an increase in stroke volume and **hence cardiac output**.
- The **absence** of a stroke volume response suggests **euvolaemia** and fluid challenges should be discontinued.

Rampal T, Jhanji S, Pearse R: Using oxygen delivery targets to optimize resuscitation in critically ill patients. Current Opinion in Critical Care 2010, 16:244–249

Effects of an inspiratory hold maneuver on arterial pressure (Pa), **central venous pressure** (Pcv), **airway pressure** (Pvent) **and beat-to-beat cardiac output** (COmf)



Jansen JRC, Maas JJ, Pinsky MR: Bedside assessment of mean systemic filling pressure. Current Opinion in Critical Care 2010, 16:231–236

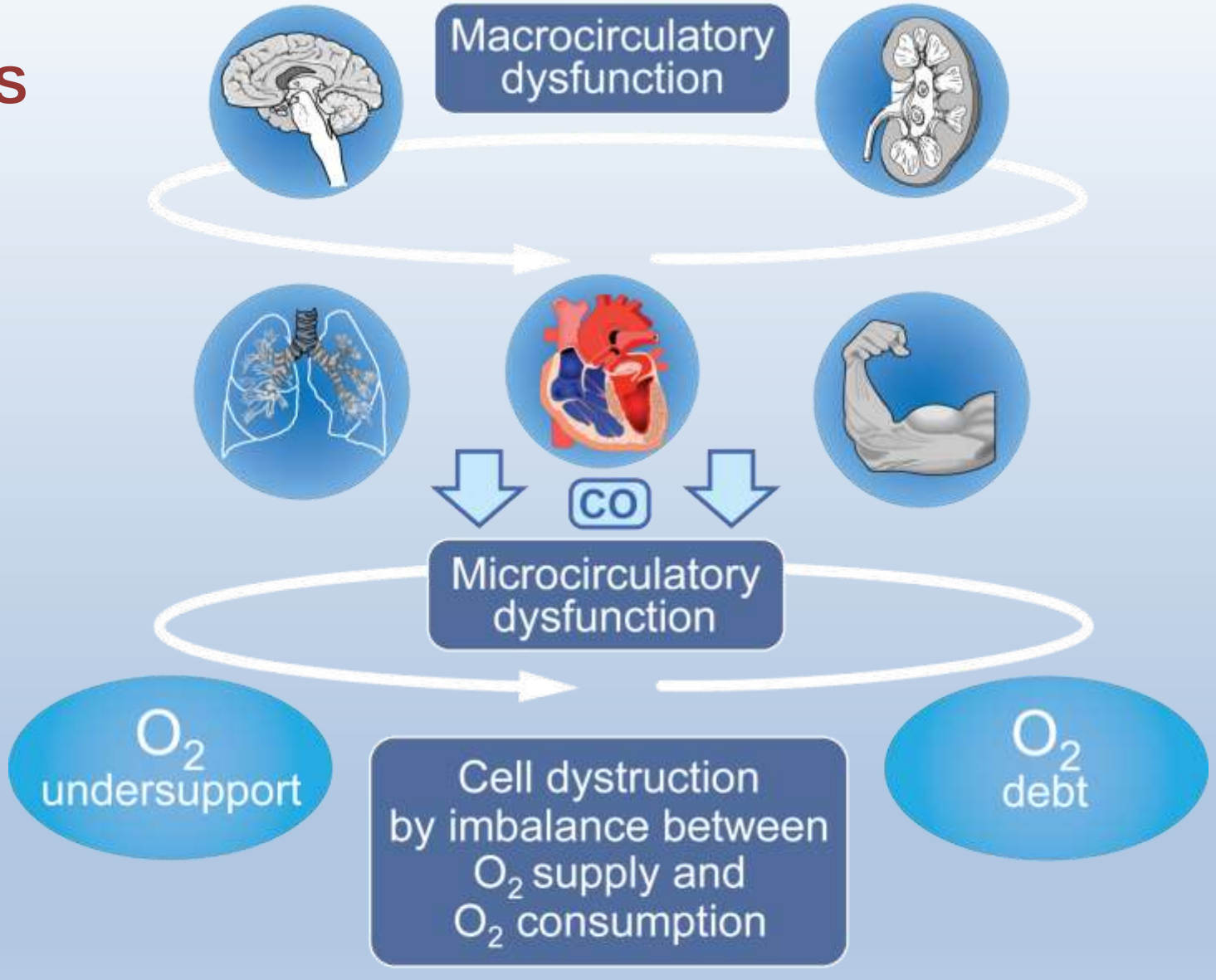
DEFINÍCIA ŠOKU

- Komplexný syndróm vyvolaný nedostatočným prekrvením nutričného **kapilárneho** riečiska tkanív.
- Vedie k nedostatku kyslíka a energetických zdrojov v tkanivách, k **patologickému metabolizmu** a ku kumulácii toxických produktov.

NÁSLEDKY ŠOKU

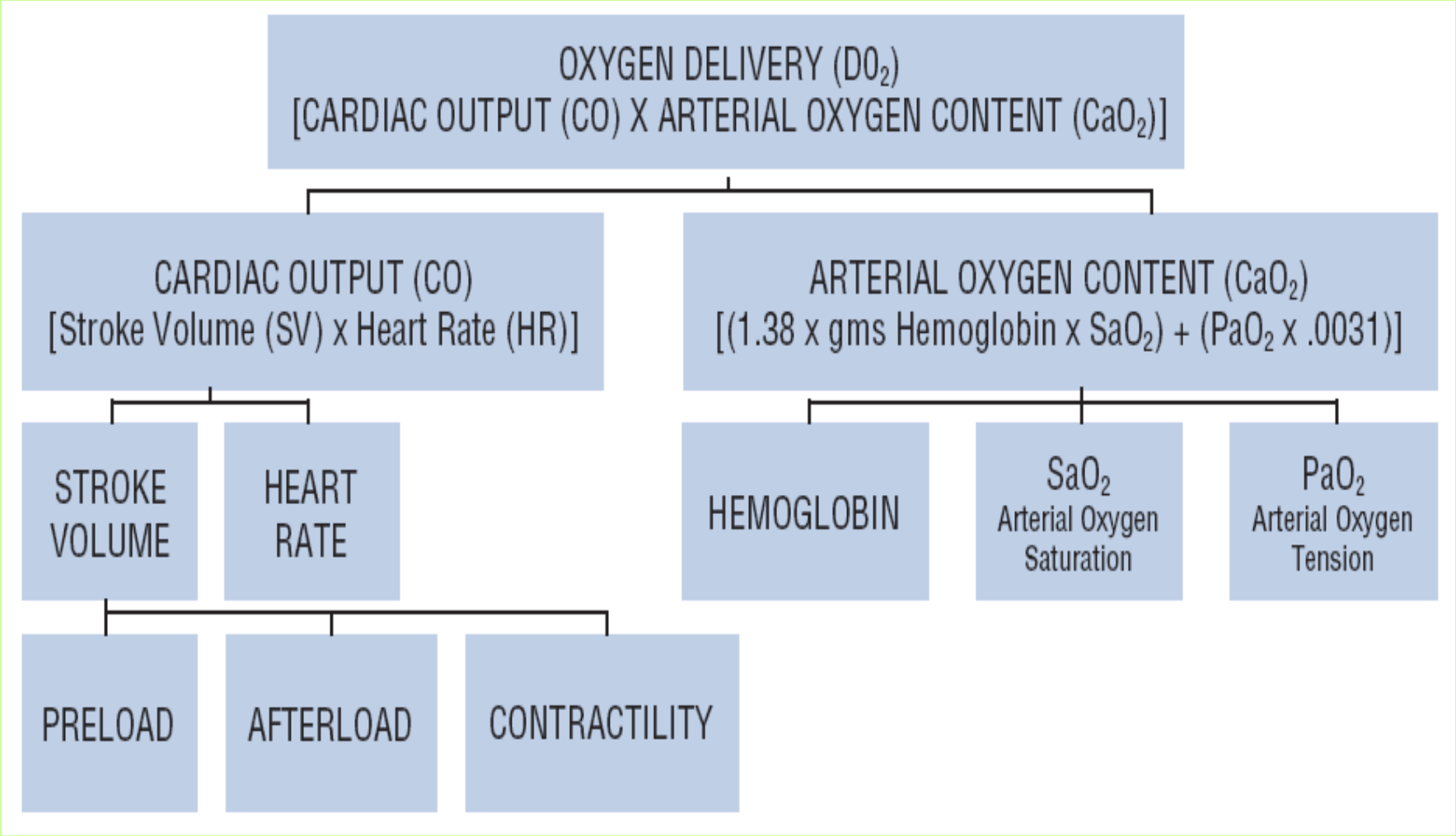
- Orgány a systémy sa v dôsledku poruchy cirkulácie poškodia spočiatku **funkčne**, neskôr aj **štrukturálne**.
- Vzniknú **šokové orgány (MODS)**
  - šokové pľúca s ARDS,
  - šokové obličky,
  - šokové zmeny na sliznici tráviacej rúry
  - šokové porucha hemokoagulácie (DIC) atď.
- **MSOF ... smrť**

EWS

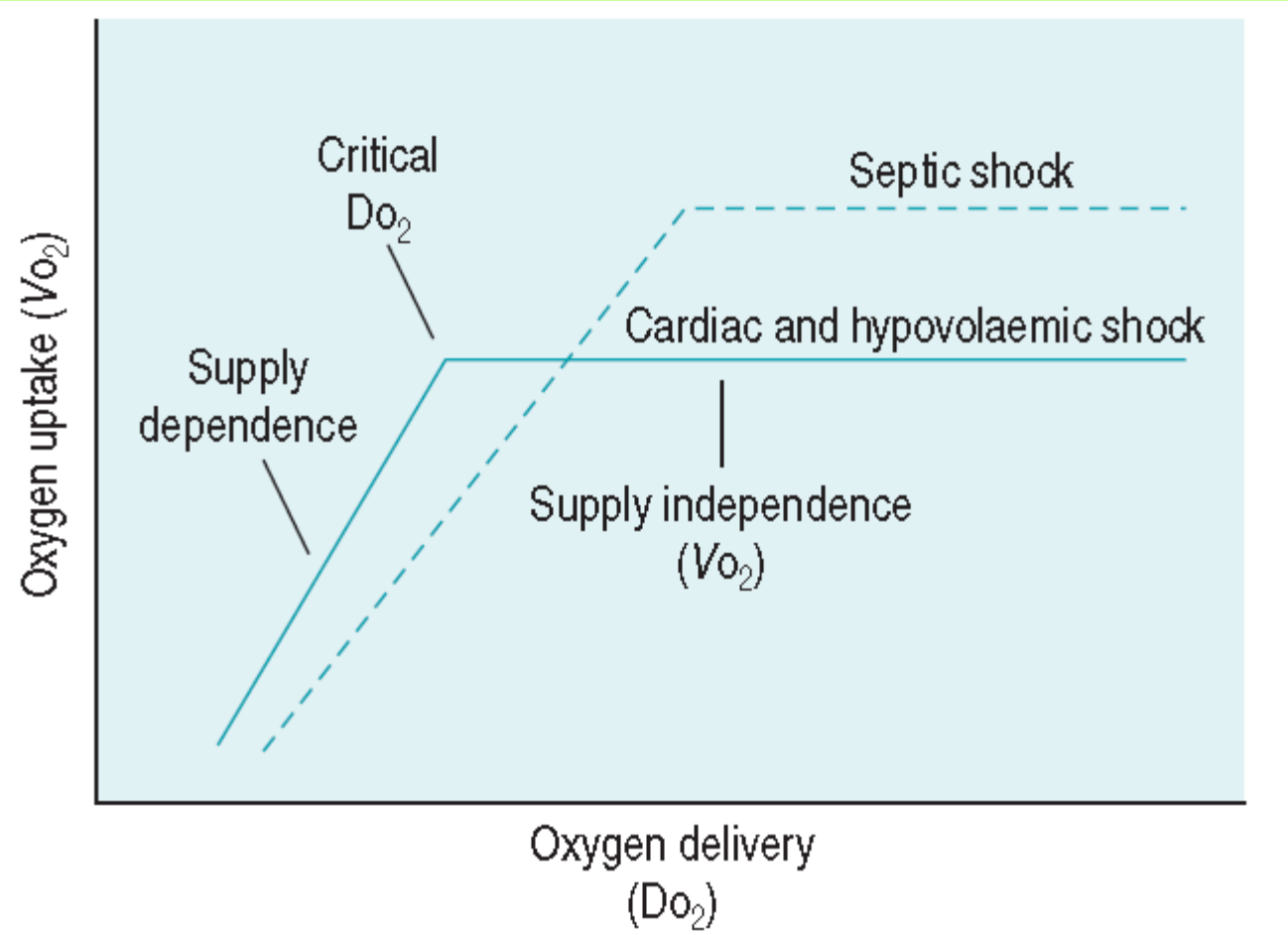


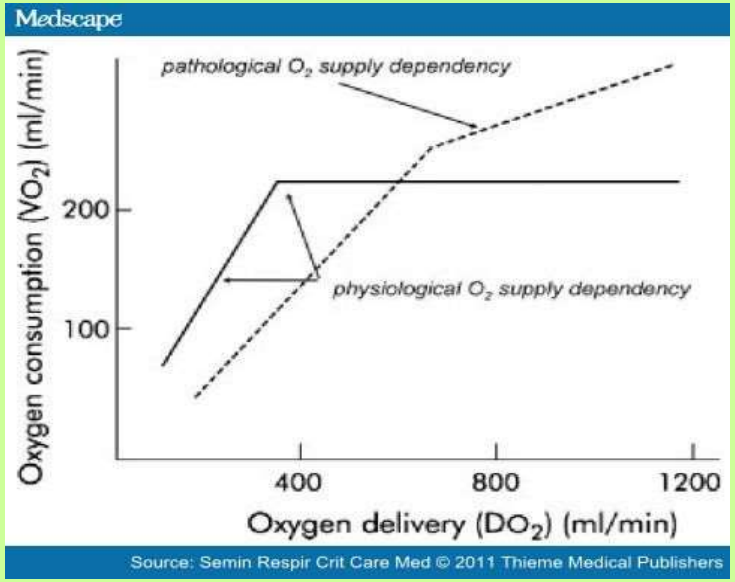
(Multi-) organ failure

Dodávka O_2


OXYGEN DELIVERY (DO_2)
[CARDIAC OUTPUT (CO) X ARTERIAL OXYGEN CONTENT (CaO_2)]
CARDIAC OUTPUT (CO)
[Stroke Volume (SV) x Heart Rate (HR)]
ARTERIAL OXYGEN CONTENT (CaO_2)
[(1.38 x gms Hemoglobin x SaO_2) + (PaO_2 x .0031)]
STROKE VOLUME
HEART RATE
HEMOGLOBIN
SaO_2 Arterial Oxygen Saturation
PaO_2 Arterial Oxygen Tension
PRELOAD
AFTERLOAD
CONTRACTILITY

OXYGEN
DELIVERY - CONSUMPTION

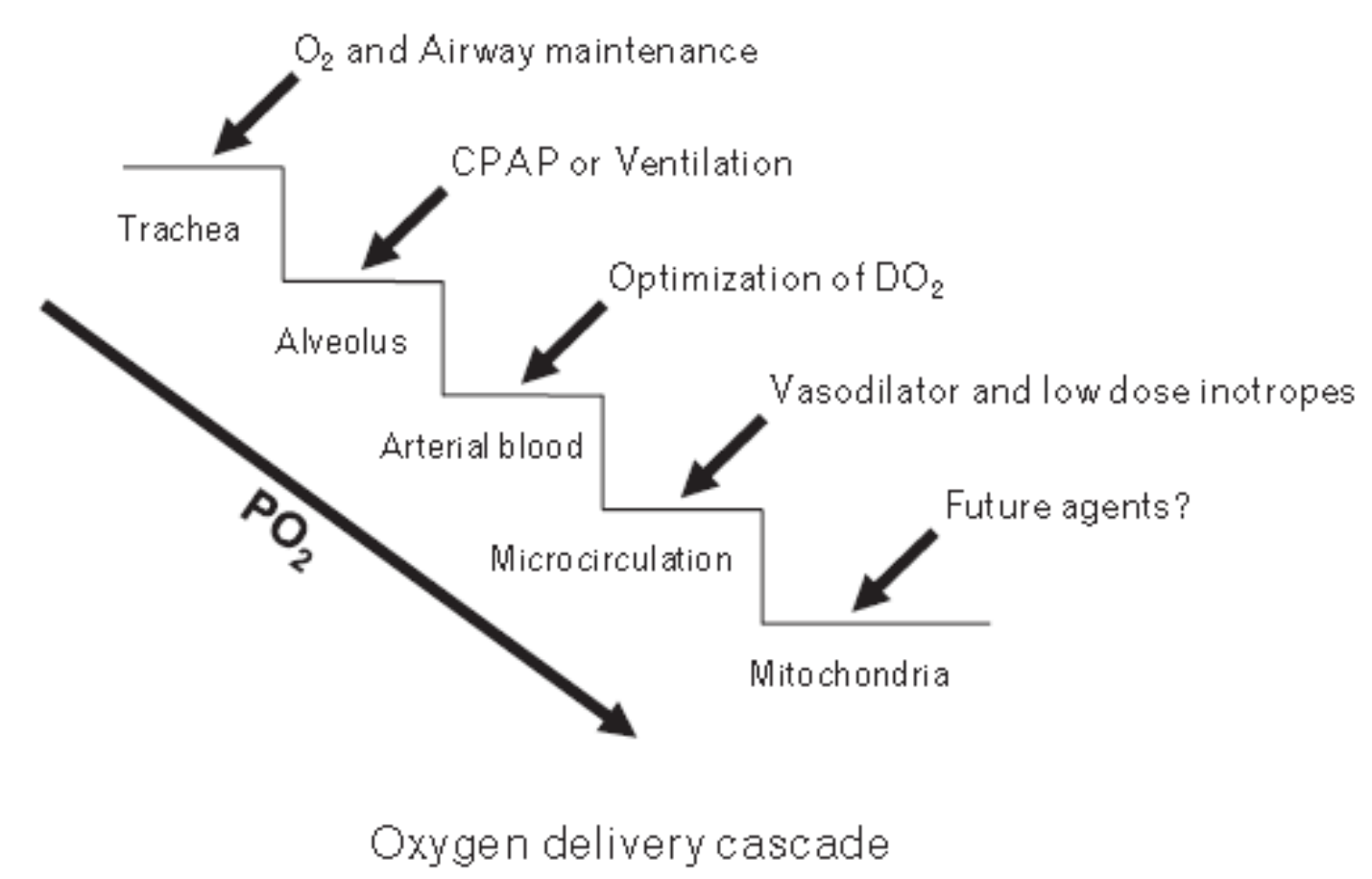




Relationship between oxygen uptake (VO_2) and oxygen delivery (DO_2) in cardiogenic, hypovolaemic and septic shock.

Oh´s Intensive care manual, Bersten, 6th, 2009

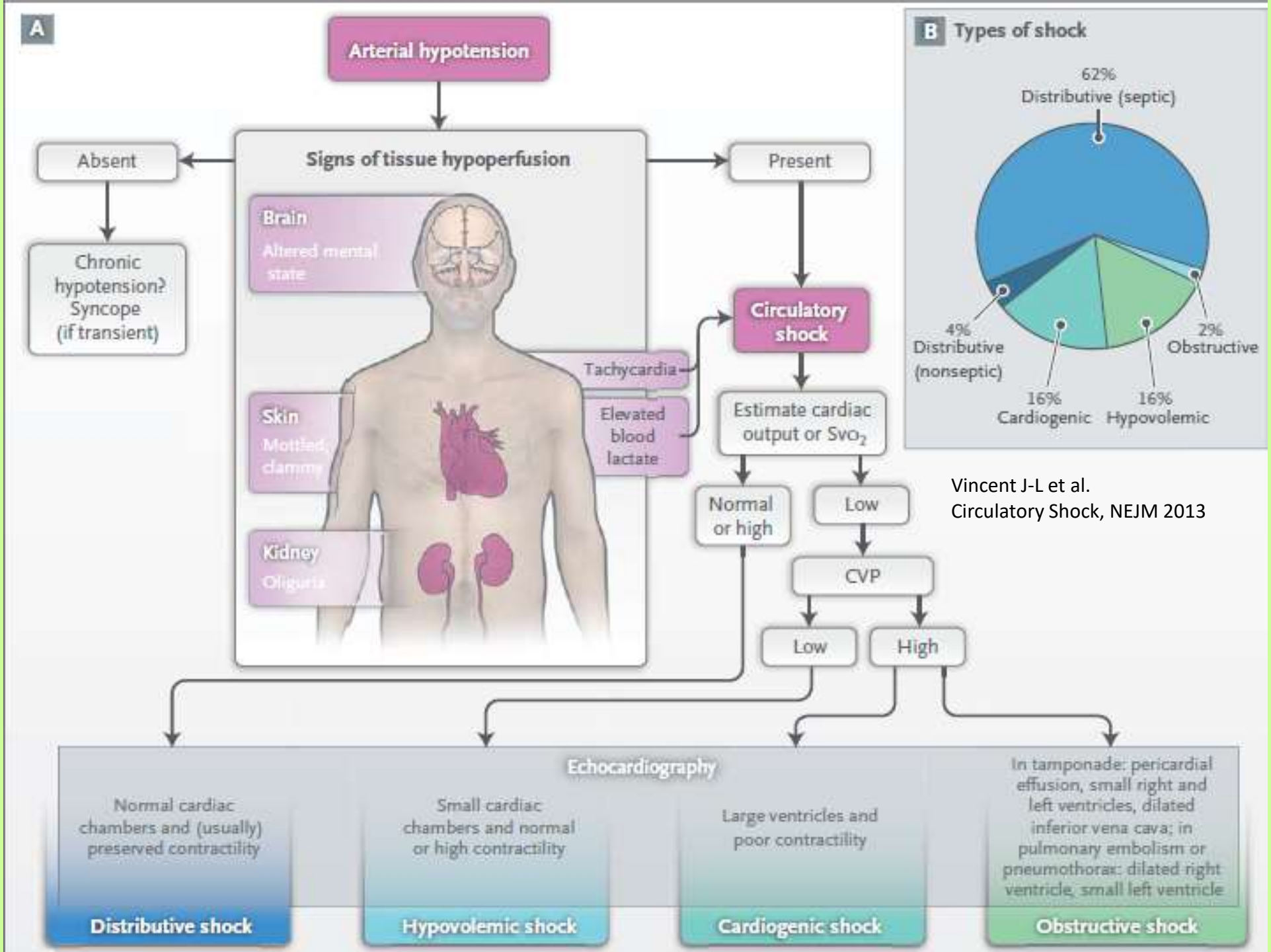
The oxygen delivery cascade indicating the potential role of current and future therapies to optimize oxygen delivery to the tissues



Rampal T, Jhanji S, Pearse R: Using oxygen delivery targets to optimize resuscitation in critically ill patients. Current Opinion in Critical Care 2010, 16:244–249

PATOFYZIOLOGICKÉ DELENIE ŠOKU

- **Hypovolemický**
  - (dehydratácia, hemorágia)
- **Distribučný**
  - (lézia miechy, vysoká spinálna anestézia, anafylaktický, septický)
- **Obštrukčný**
  - (pľúcna embólia, hydroperikard, PNO, sy DDŽ)
- **Kardiogénny**
  - (AIM, chlopňové chyby, arytmie)



Vincent J-L et al.
Circulatory Shock, NEJM 2013

Distinguishing features of different causes of shock

	Exam findings	CO	PAWP	SVR	SvO_2 (%)	Potential lab findings
Distributive	Warm limbs, febrile	Decreased	Decreased	Decreased	>65	Elevated lactate, positive cultures, leukocytosis
Cardiogenic	Cool limbs, leg edema, lung crackles bilaterally, jugular venous distension	Decreased	Increased	Increased	<65	Elevated lactate, elevated troponins, high brain natriuretic protein
Hypovolemic	Cool limbs, dry mucus membranes, flat neck veins	Decreased	Decreased	Increased	<65	Elevated lactate
Obstructive	Cool limbs, lack of breath sounds, distant heart sounds, jugular venous distension	Decreased	Decreased (increased in tamponade)	Increased	<65	Elevated lactate

CO, cardiac output; PAWP, pulmonary artery wedge pressure; SvO_2, mixed venous oxygen saturation; SVR, systemic vascular resistance.

Simmons J, Ventetuolo CE: Cardiopulmonary monitoring of shock. Curr Opin Crit Care 2017, 23:000–000

HYPOTENZIA

Šokový index = $\frac{\text{počet pulzov}}{\text{systolický TK}}$

Vyhodnotenie:
pod 0,5 = normálny nález
nad 1,0 = vyžaduje okamžitý zásah

Pozor! Digitalis, betablokátory, kardiostimulátory...

OLIGÚRIA

Diuréza < 0,5 ml/kg/hod

LABORATÓRNE PREJAVY

MLAC > 2 (4) mmol/l

$S_{CV}O_2$ < 65%

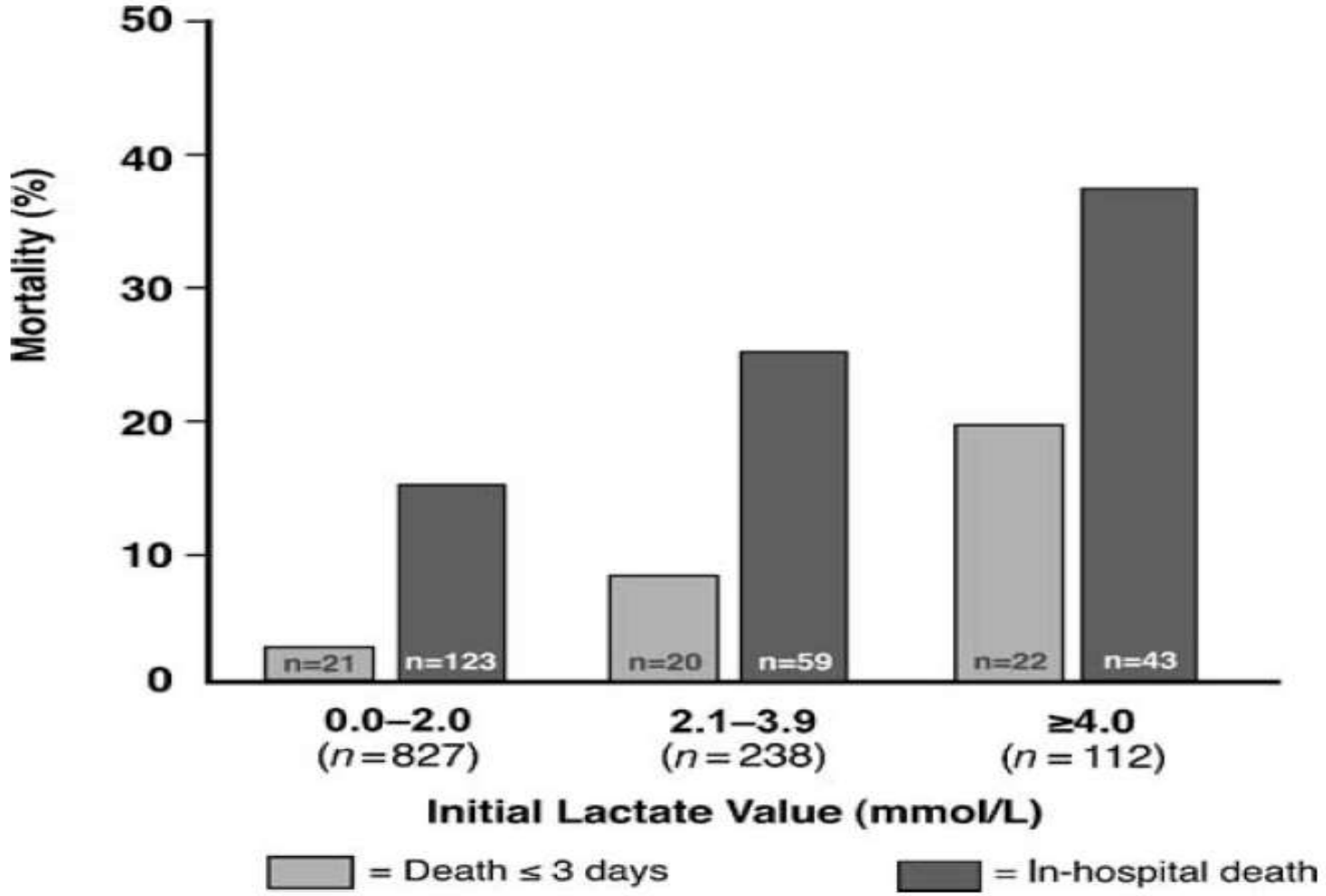


Fig. 1 Acute-phase deaths and in-hospital deaths in infected patients stratified by initial lactate value. The number of acute-phase deaths and in-hospital deaths increased significantly and linearly with increasing lactate

Trzeciak S. et al: Serum lactate as a predictor of mortality in patients with infection. Intensive Care Med (2007) 33:970–977

Values obtained from the pulmonary artery catheter in the four major types of shock

	Septic shock	Cardiogenic shock	Hypovolaemic shock	Obstructive shock
Cardiac index	↑	↓	↓	↓
Pulmonary artery occlusion pressure (PAOP)	Normal or ↓	↑	↓	Normal or ↑
Central venous pressure (CVP)	Normal or ↓	Normal or ↑	↓	↑
Systemic vascular resistance (SVR)	↓	↑	↑	↑
Oxygen delivery (Do_2)	↑	↓	↓	↓

Oh´s Intensive care manual, Bersten, 6th, 2009

DELENIE ŠOKU PODĽA KLINICKÝCH PRÍČIN

- anafylaktický šok (alergia na liek, na jed...)
- neurogénny šok ≅ spinálny šok (lézia miechy, vysoká spinálna anestézia...)
- hemoragický šok
- traumatický šok
- popáleninový šok
- toxický šok (pankreatitída...)
- septický šok (sepsa...)
- kardiogénny šok (AIM...)

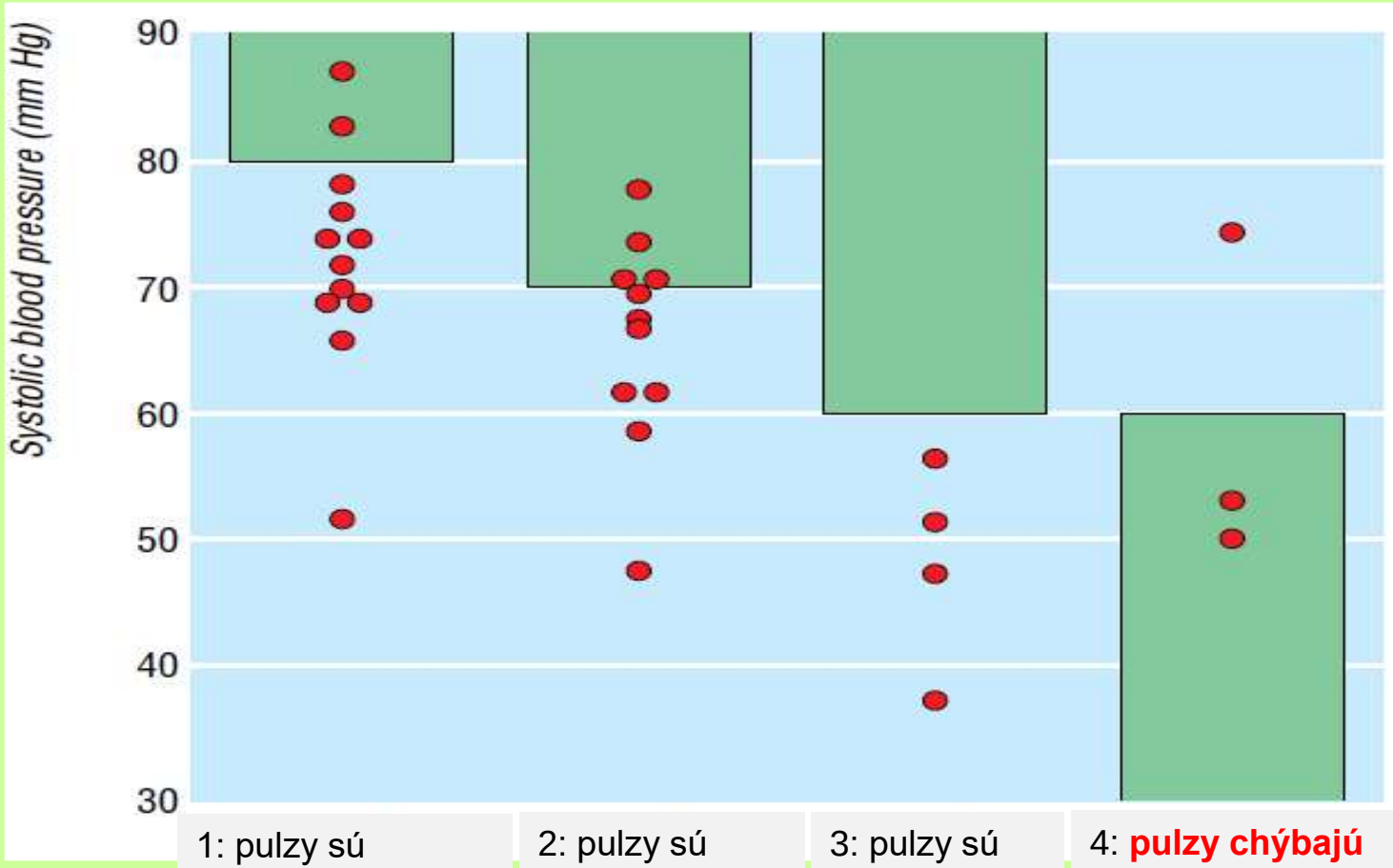
ÚVODNÉ VŠEOBECNÉ PROTIŠOKOVÉ OPATRENIA

* **Kyslík**
* Zastavenie krvácania
* Zabezpečenie dýchania (UVP?)
* Protišoková poloha
* Analgézia, tranquilizácia
* Neutrálne teplotné prostredie
* Šetrný transport

HYPOVOLEMICKÝ ŠOK

- Zastavenie krvácania
- Autotransfúzna protišoková poloha
- Rýchly i.v. prívod tekutín – kryštaloidy, koloidy (HOHO), krv plazma.
- Inhalácia kyslíka, resp. UPV.
- Zlepšenie perfúzneho tlaku pomocou noradrenalínu v kryštaloidnom roztoku

Rozmiestnené krúžky sú hodnoty systolického krvného tlaku podľa palpovateľnosti pulzu



1: pulzy sú prítomné na **a. radialis**, femoralis a carotis	2: pulzy sú prítomné len na **a. femoralis** a carotis	3: pulzy sú prítomné len na **a. carotis**	4: **pulzy chýbajú** na a. radialis, femoralis aj carotis

Tmavé plochy zobrazujú očakávaný systolický krvný tlak

Deakin CD, Low JL: Accuracy of the advanced trauma life support guidelines for predicting systolic blood pressure using carotid, femoral, and radial pulses: observational study. BMJ 2000;321:673–4
ATLS (Advanced Trauma Life Support) Teaching Protocol

Traumatic haemorrhagic (hypovolemic) shock

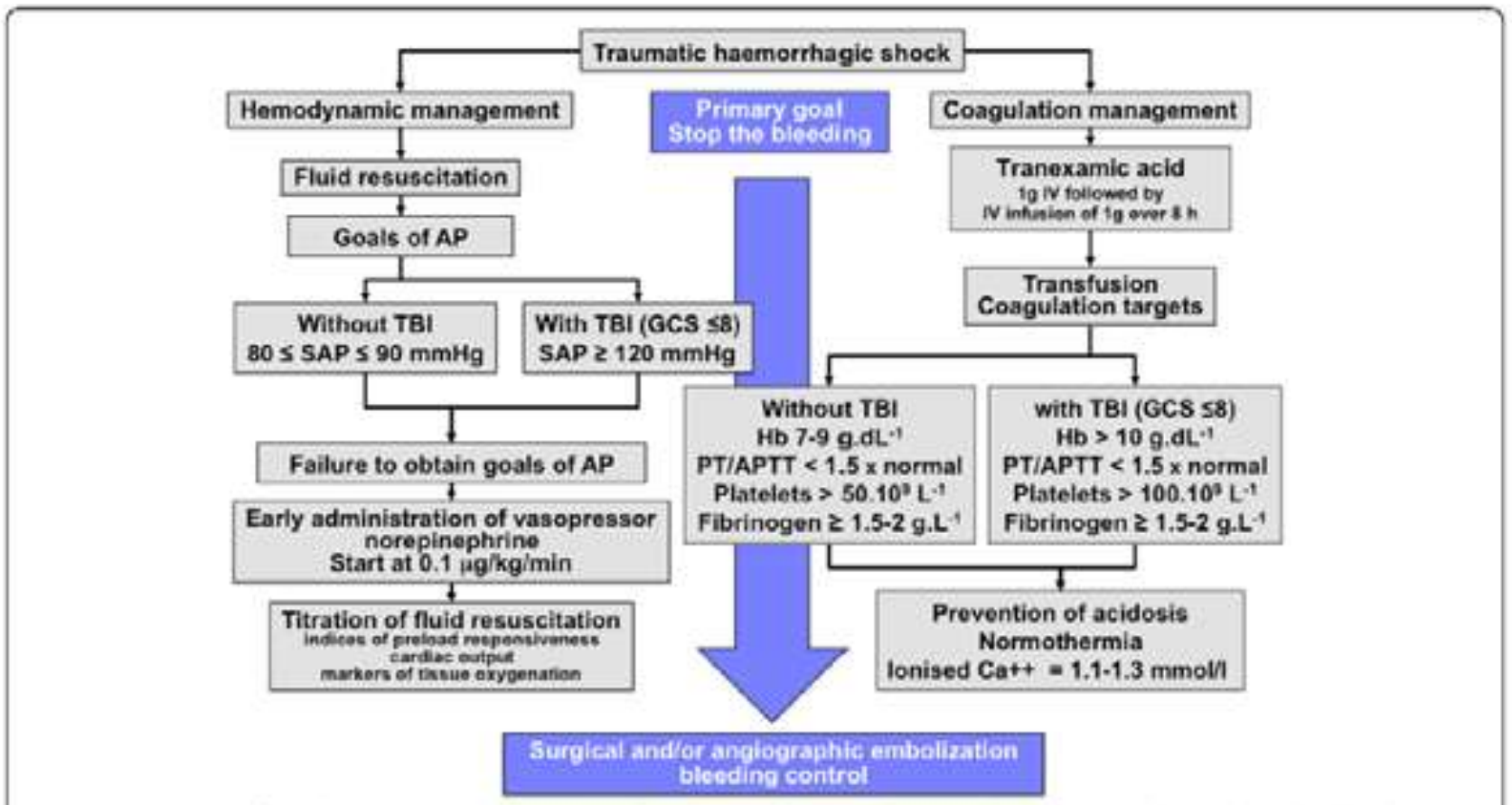


Figure 1 Flowchart of initial management of traumatic hemorrhagic shock. In the acute phase of traumatic hemorrhagic shock, the therapeutic priority is to stop the bleeding. As long as this bleeding is not controlled, the physician must manage fluid resuscitation, vasopressors, and blood transfusion to prevent or treat acute coagulopathy of trauma. AP, arterial pressure; SAP, systolic arterial pressure; TBI, trauma brain injury; Hb, hemoglobin; PT, prothrombin time; APTT, activated partial thromboplastin time.

Bouglé et al. Resuscitative strategies in traumatic hemorrhagic shock. Annals of Intensive Care 2013, 3:1

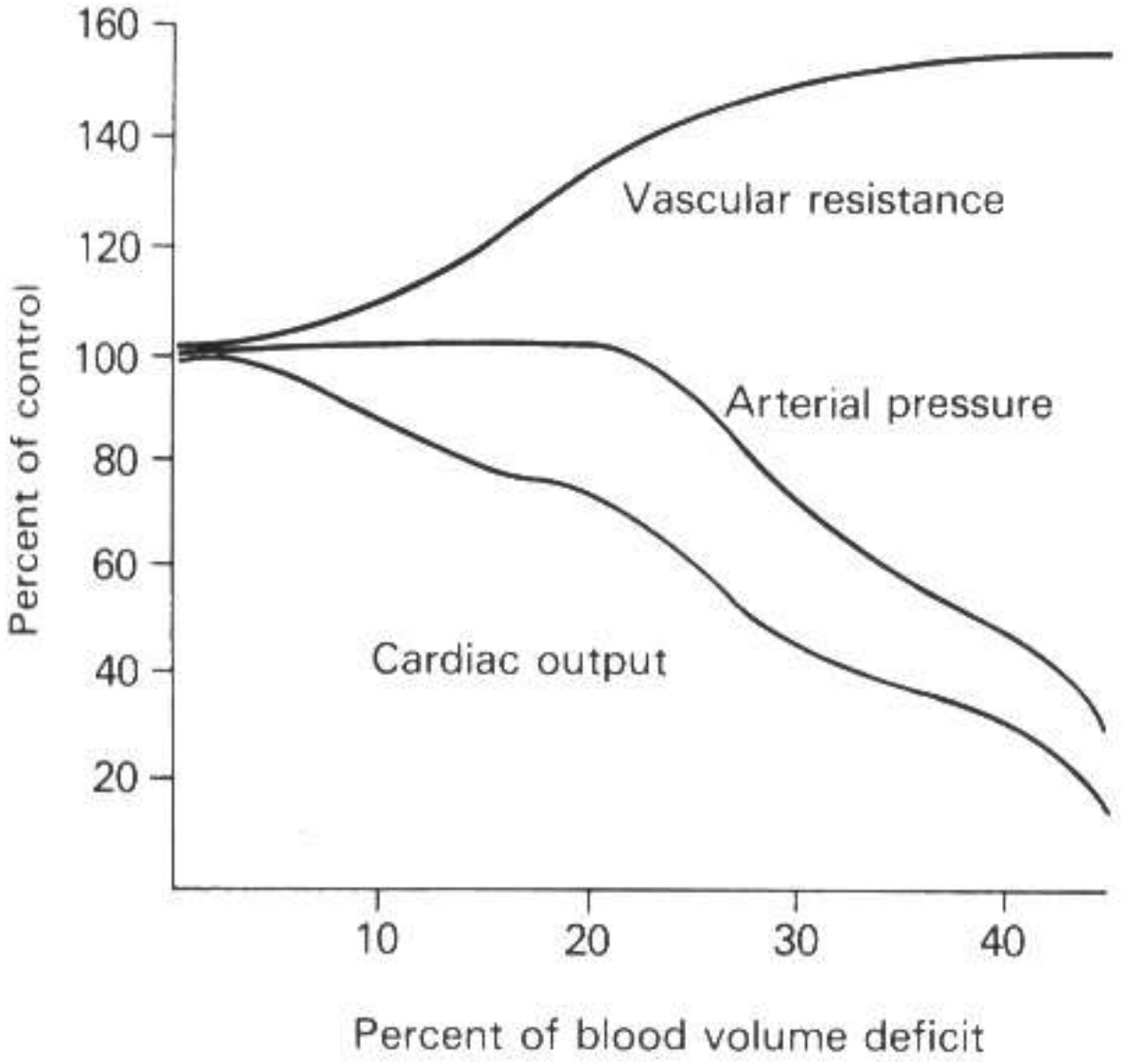


Fig. 2.18 Cardiovascular changes with progressive hypovolaemia.

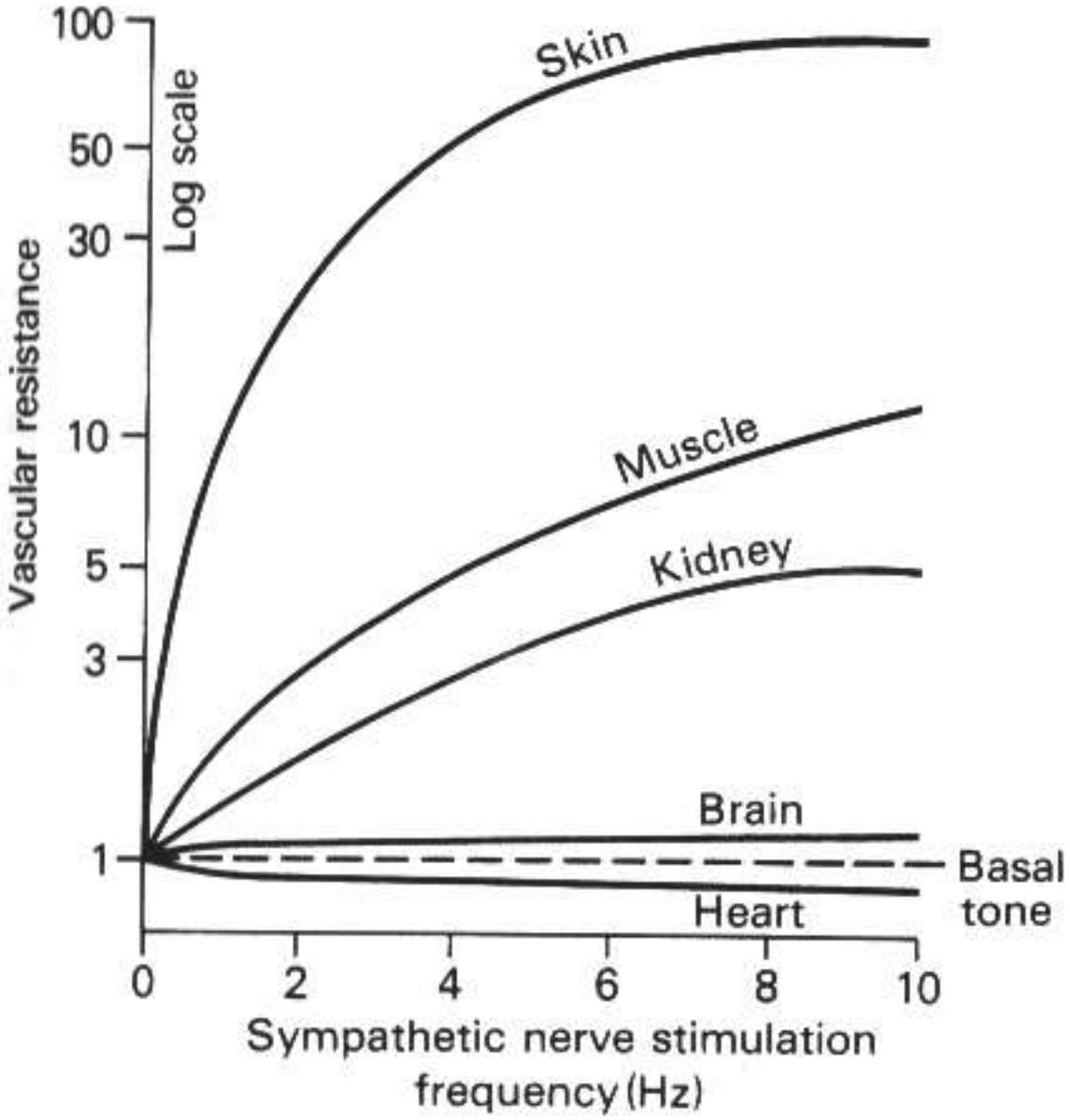
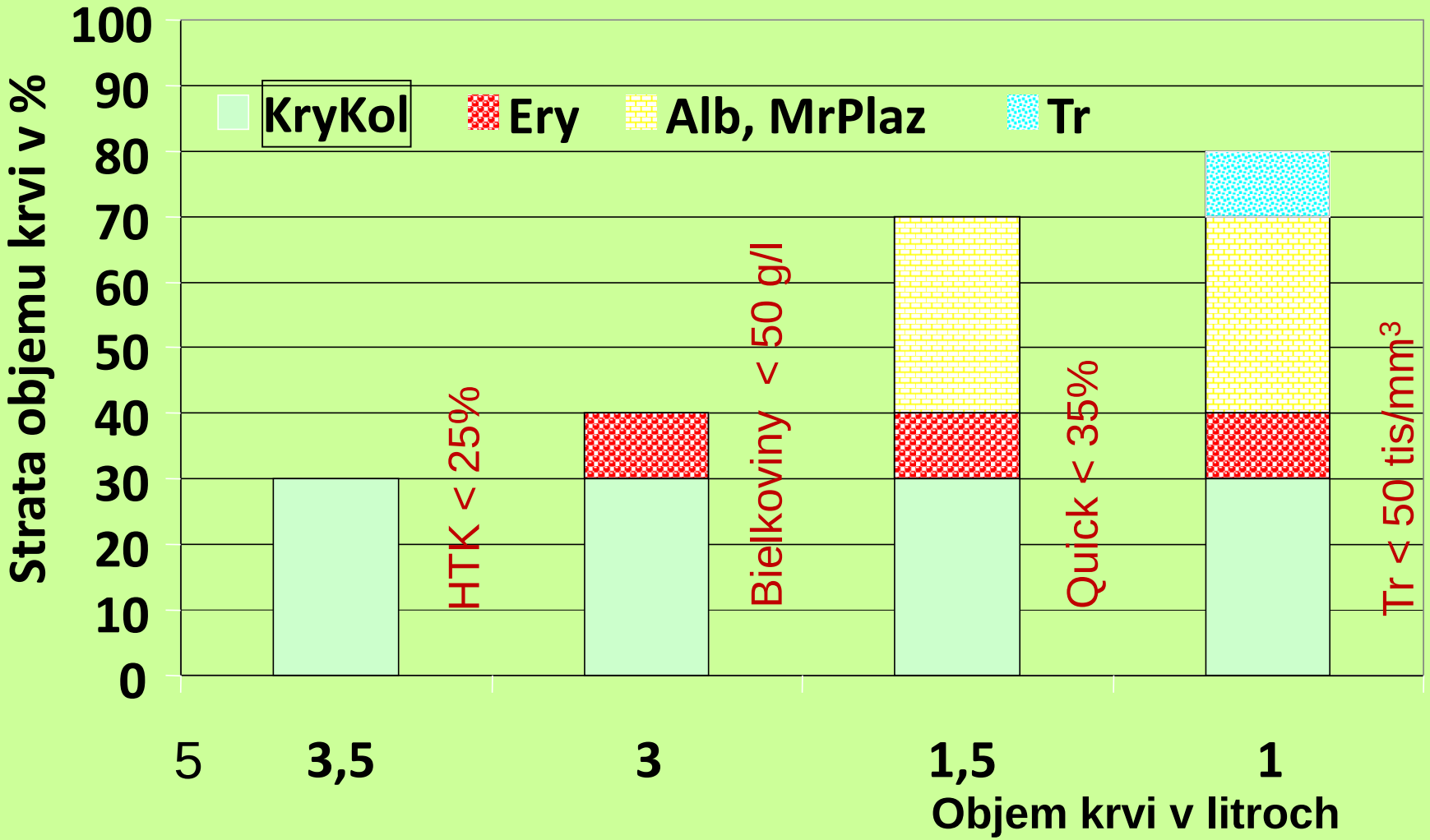


Fig. 2.6 The effect of sympathetic nervous stimulation on vascular resistance in various organs.

POSTUPNOSŤ NAHRADZOVANIA KRVNÝCH STRÁT (klasická schéma)



URČIŤ ROZSAH KRVÁCANIA

ZÁVAŽNOSŤ KRVÁCANIA	Stupeň I	Stupeň II	Stupeň III	Stupeň IV
Strata krvi (ml)	<750	750-1 500	1 500-2 000	>2 000
Počet pulzov (/min)	<100	>100	>120	>140
Krvný tlak	Normálny	Normálny	Znížený	Znížený
Plnosť pulzu	Normálna	Znížený	Znížený	Znížený
Frekvencia dýchania (/min)	14-20	20-30	30-40	>40
Diuréza (ml/hod)	>30	20-30	5-15	Nepatrná
CNS (mentálny stav)	Nepatrná úzkosť	Mierna úzkosť	Zmätenosť	Malátnosť
Odhad pre 70 kg dospelého.				

Algoritmus postupu pri masívnom krvácaní pri traume

I. INICIÁLNA RESUSCITÁCIA A PREVENCIA ĎALŠIEHO KRVÁCANIA

1. Minimalizovať straty času
Minimalizovať čas medzi poranením a operačným zákrokom.

→ **2. Počiatočné hodnotenie**
Rozsah úrazového krvácania určiť klinickým odhadom pomocou osvedčenej schémy.

3. Ventilácia
Pacienti s ťažkou hypovolémiou pri traume nesmú byť hyperventilovaní a mať nadmerný PEEP.

4. Neodkladná intervencia
Ak prvotné resuscitačné opatrenia neboli úspešné, pacienti s hemoragickým šokom a určeným zdrojom krvácania majú podstúpiť neodkladnú chirurgickú intervenciu.

5. Ďalšie vyšetrenie
Pacienti s hemoragickým šokom a neidentifikovaným zdrojom krvácania majú okamžite podstúpiť ďalšiu diagnostiku.

Závažnosť krvácania	Stupeň I	Stupeň II	Stupeň III	Stupeň IV
Strata krvi (ml)	<750	750-1 500	1 500-2 000	>2 000
Počet pulzov (/min)	<100	>100	>120	>140
Krvný tlak	Normálny	Normálny	Znížený	Znížený
Plnosť pulzu	Normálna	Znížená	Znížená	Znížená
Frekvencia dýchania (/min)	14-20	20-30	30-40	>40
Diuréza (ml/hod)	>30	20-30	5-15	Nepatrná
CNS (mentálny stav)	Nepatrná úzkosť	Mierna úzkosť	Zmätenosť	Malátnosť

Odhad pre 70 kg dospelého.

II. DIAGNOSTIKA A MONITOROVANIE KRVÁCANIA

ZDROJ KRVÁCANIA ← → **ROZSAH KRVÁCANIA**

6. USG
Pri podozrení na traumu trupu neodkladne vykonať cielené USG na diagnostiku voľnej tekutiny.

7. USG
Pacienti s prítomnou voľnou tekutinou v brušnej dutine a s nestabilitou krvného obehu majú byť urgentne operovaní.

8. Počítačová tomografia
Hemodynamicky stabilní pacienti s podozrením na krvácanie do hlavy, hrudníka a brucha majú podstúpiť CT vyšetrenie.

09. Hematokrit
Jednorazové meranie hematokritu sa nemá používať ako samostatný ukazovateľ krvácania.

10. Sérový laktát
Sérový laktát má slúžiť na zhodnotenie a monitorovanie rozsahu krvácania a šoku.

11. Deficit báz
Deficit báz má slúžiť na zhodnotenie a monitorovanie rozsahu krvácania a šoku.

Chirurgická intervencia | **Resuscitácia** | **Manažment koagulácie**

III. RÝCHLE ZASTAVENIE KRVÁCANIA

12. Spevnenie a stabilizácia panvového venca
Pacienti so zlomením panvového venca v hemoragickom šoku majú podstúpiť jeho neodkladné spevnenie a stabilizáciu.

13. Angiografická embolizácia alebo operácia
Pacienti s pretrvávajúcou hemodynamickou instabilitou napriek adekvátnej stabilizácii panvy majú mať angiografickú embolizáciu alebo operačné zastavenie krvácania vrátane komprimovania.

14. Zasvorkovanie aorty
Rýchle zvládnutie krvácania sa má dosiahnuť kompresiou, priamym chirurg. zásahom a lokálnymi hemostatickými procedúrami. Ako pomocná metóda sa u vykrvácaného pacienta môže použiť priečne zasvorkovanie aorty.

15. Damage control surgery
Môže sa použiť u ťažko poranených pacientov s prítomným ťažkým hemoragickým šokom, s príznakmi pokračujúceho krvácania, koagulopatie, hypotermie, acidózy, pri ťažko prístupných rozsiahlych anatomických štruktúrach, pri časovo náročných procedúrach alebo pridružených veľkých poraneniach mimo brušnej dutiny.

IV. OXYGENÁCIA TKANÍV, TEKUTINY A HYPOTERMIA

16. Doplnenie cirkulujúceho objemu
Pri traume bez poranenia mozgu je v počiatočnej fáze, kým sa nezastaví masívne krvácanie, vhodný systolický TK 80-100 mmHg.

17. Liečba tekutinami
Pri liečbe traumatického krvácania sú v počiatočnej fáze vhodné kryštaloidy. V každom prípade je možné pridať koloidy podľa ich preskripčných obmedzení.

18. Normotermia
Zavčasu je potrebné urobiť opatrenia proti stratám telesnej teploty a ohrievať podchladených pacientov.

19. Transfúzie erytrocytov
Cieľom liečby je dosiahnutie hodnoty Hb 70-90 g/l.

V. MANAŽMENT KRVÁCANIA A KOAGULÁCIE

20. ČZP
Pacientom s masívnym alebo významným krvácaním komplikovaným koagulopatiou (PT, aPTT > 1,5 x norma) sa má podať rozmrazená ČZP v počiatočnej dávke 10-15 ml/kg. Potrebné môžu byť aj ďalšie dávky.

21. Trombocyty
Trombocyty sa majú podávať na dosiahnutie hodnoty 50 x 10^9/l. U pacientov s ťažkým krvácaním pri polytraume alebo pri poranení mozgu je potrebné dosiahnuť počet trombocytov nad 100 x 10^9/l iniciálnym podaním 4-8 Tr koncentrátov alebo 1 balením z aferézy.

22. Fibrinogén
Koncentrát fibrinogénu sa má podať pri významnom krvácaní s hladinami fibrinogénu pod 1g/l. Úvodná dávka koncentrátu fibrinogénu je 3-4 g. Podľa laboratórnych hodnôt fibrinogénu je treba indikovať opakované dávky.

23. Antifibrinolytiká
Pacientom s krvácaním pri traume sa odporúčajú antifibrinolytiká v nasledujúcich dávkach: kyselina tranexámová v dávke 10-15 mg/kg s následnou infúziou 1-5 mg/kg/h, kyselina ε-aminokapronová 100-150 mg/kg s následnou infúziou 15 mg/kg/h, alebo po testovacej dávke aprotinín 2 mil KIU s následným podaním 500 tis KIU/h v i.v. infúzii.
Liečba antifibrinolytikami sa má zastaviť, keď sa krvácanie dostane pod kontrolu.

24. rFVIIa
Ak pri tupom poranení pretrváva veľké krvácanie napriek štandardným liečebným postupom zastavovania krvácania a napriek podaniu krvných derivátov, je potrebné podať rFVIIa v počiatočnej dávke 200 µg/kg. Pri pokračovaní krvácania zvážiť opakovanie dávky 100 µg/kg po intervale 1 a 3 hod.

25. PCC
Liečba koncentrátom protrombínového komplexu podľa pokynov výrobcu sa má vykonať iba v prípade potreby neodkladného antagonizovania perorálnych inhibítorov vitamínu K.

26. AT III
Antitrombín III sa pri krvácaní pri traume neodporúča používať.

Spracoval: **MUDr. J. Firment, PhD.**, Košice V24062007
Schválené výborom Slovenskej spoločnosti anestéziológie a intenzívnej medicíny a Odbornej pracovnej skupiny porúch hemostázy a trombózy Slovenského združenia pre hemostázu a trombózu (2007).

Spahn D.R. et al.: Management of Bleeding Following Major Trauma: European Guideline
http://www.medscape.com/viewarticle/554098

NovoSeven®
Recombinant Factor VIIa

ANAFYLAKTICKÝ ŠOK

- **Prerušiť** prívod alergénu (infúzia, blokovať jeho ďalšie vstrebávania - obstrek vpichu hmyzom trimecain c. adren, chladenie miesta alergénu...)
- Zlepšenie perfúzneho tlaku pomocou Inhalácia **kyslíka**, resp. UPV.
- **Autotransfúzna** poloha
- Rýchly i.v. prívod **tekutín** - kryštaloidy
- **Adrenalin** titračne 0,5 mg i.m. (intenzivisti 1,0 mg i.v. v infúzii)
- **Glukokortikoid** (Hydrocortison) 200-300 mg i.v.
- Antihistaminiká, calcium...

KARDIOGÉNNY ŠOK

- Inhalácia **kyslíka**, resp. UPV
- **Analgézia** (Fentanyl, Morfin)
- **$MgSO_4$** 20% 10 ml, Cardilan 20 ml,
- Skorá podpora dýchania
- Kombinácia **vazoaktívnych** látok (nitroglycerín + dobutamin, NA)
- **Trombolýza event. PCI**
- Intraaortálna kontrapulzácia (**IABP**)

A = One complete cardiac cycle

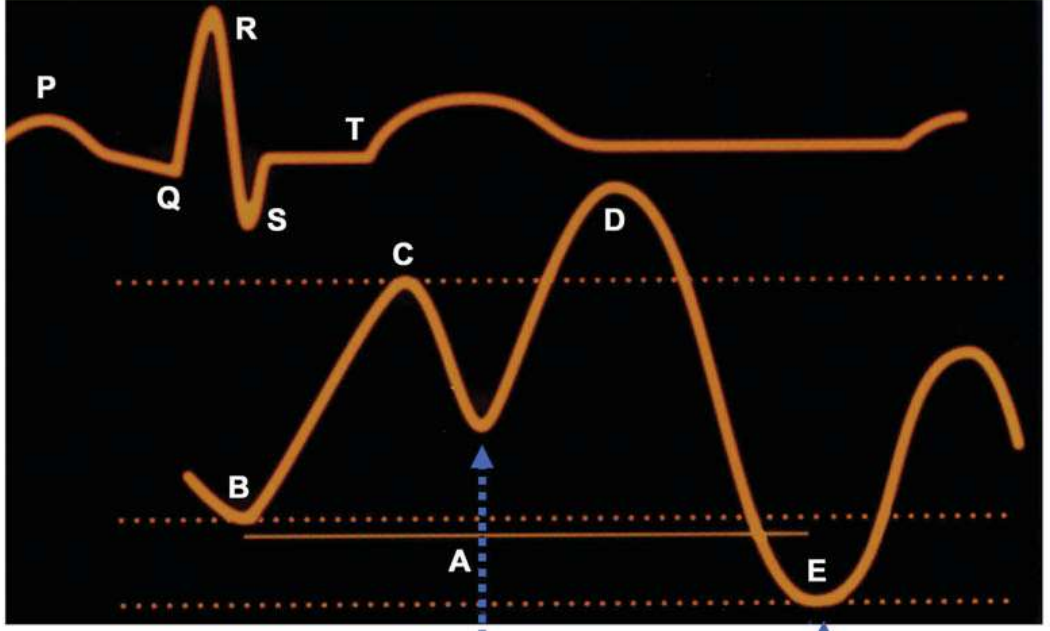
B = Unassisted aortic end-diastolic pressure

C = Unassisted systolic pressure

D = Diastolic augmentation

E = Reduced aortic end-diastolic pressure

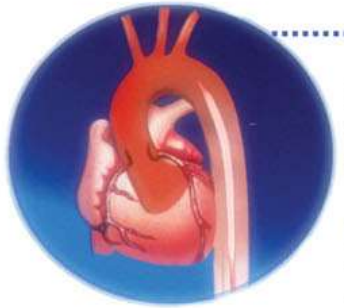
F = Reduced systolic pressure



Inflation

At the onset of diastole, IAB inflation occurs, giving rise to sharp 'V' on arterial waveform.

Effect:
—Increased coronary perfusion



Deflation

Occurs at end of diastole before systole resulting in reduction of aortic end-diastolic and systolic pressures.

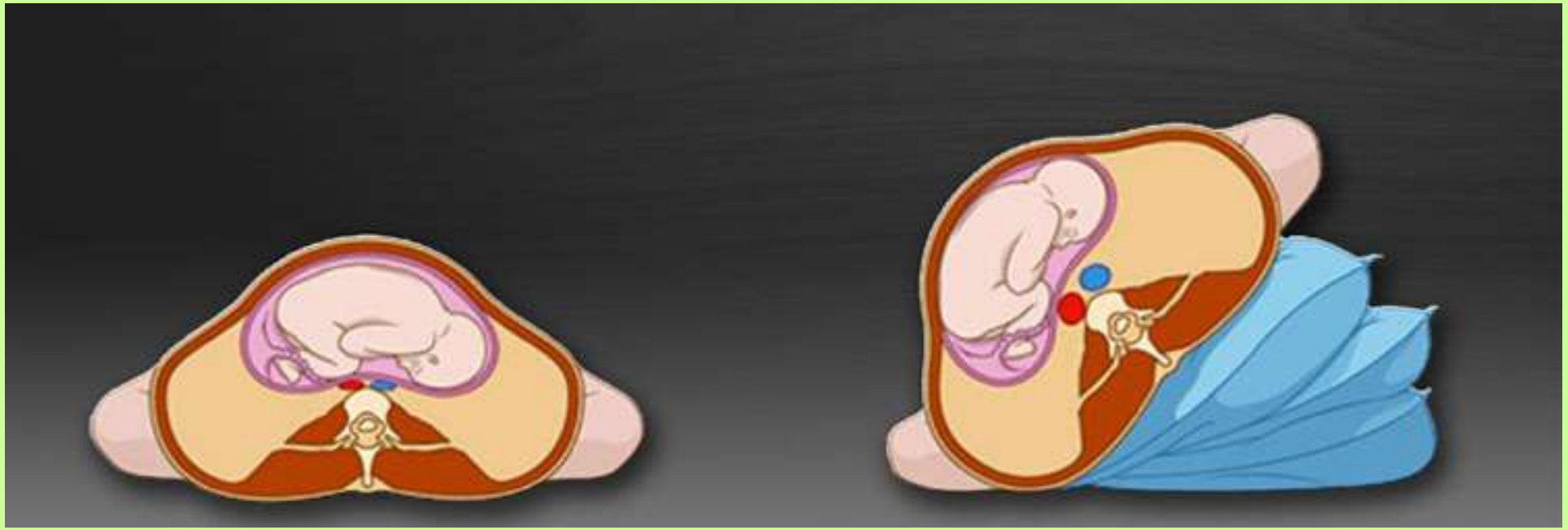
Effects:
—Decreased afterload
—Decreased cardiac work
—Decreased myocardial oxygen consumption
—Increased cardiac output

Please Note:
—R-wave deflation may provide more effective support for patients experiencing arrhythmias

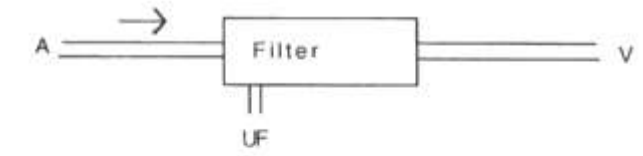
IABP

BALÓNIKOVÁ KONTRAPULZÁCIA

Príklad obštrukčného stavu
Sy DDŽ v pôrodníctve

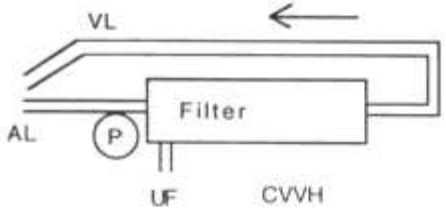


https://www.google.sk/search?biw=1366&bih=607&tbm=isch&sa=1&ei=_ou-Wpn0BYfPwQLG6pygBg&q=pregnancy+caval+vein&oq=pregnancy+caval+vein&gs

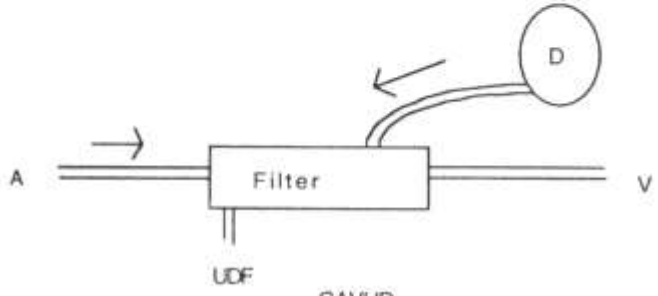


CAVH

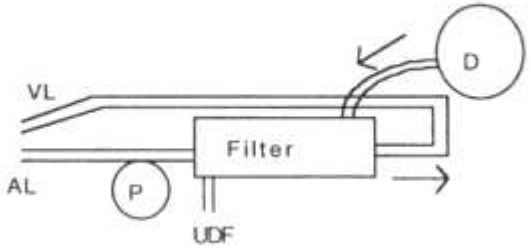
(a)



(b)



(c)



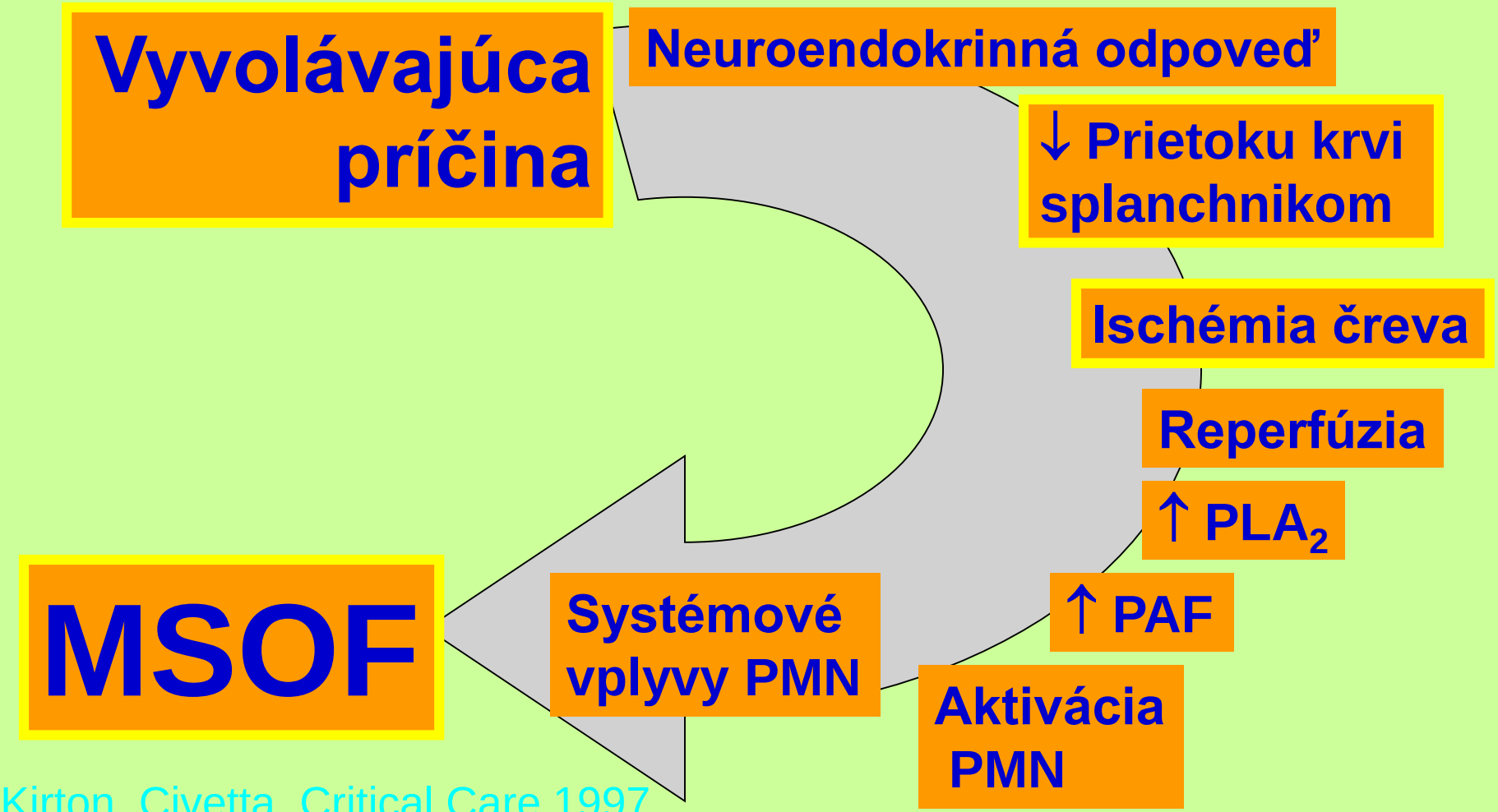
(d)

CVVH

CAVHD

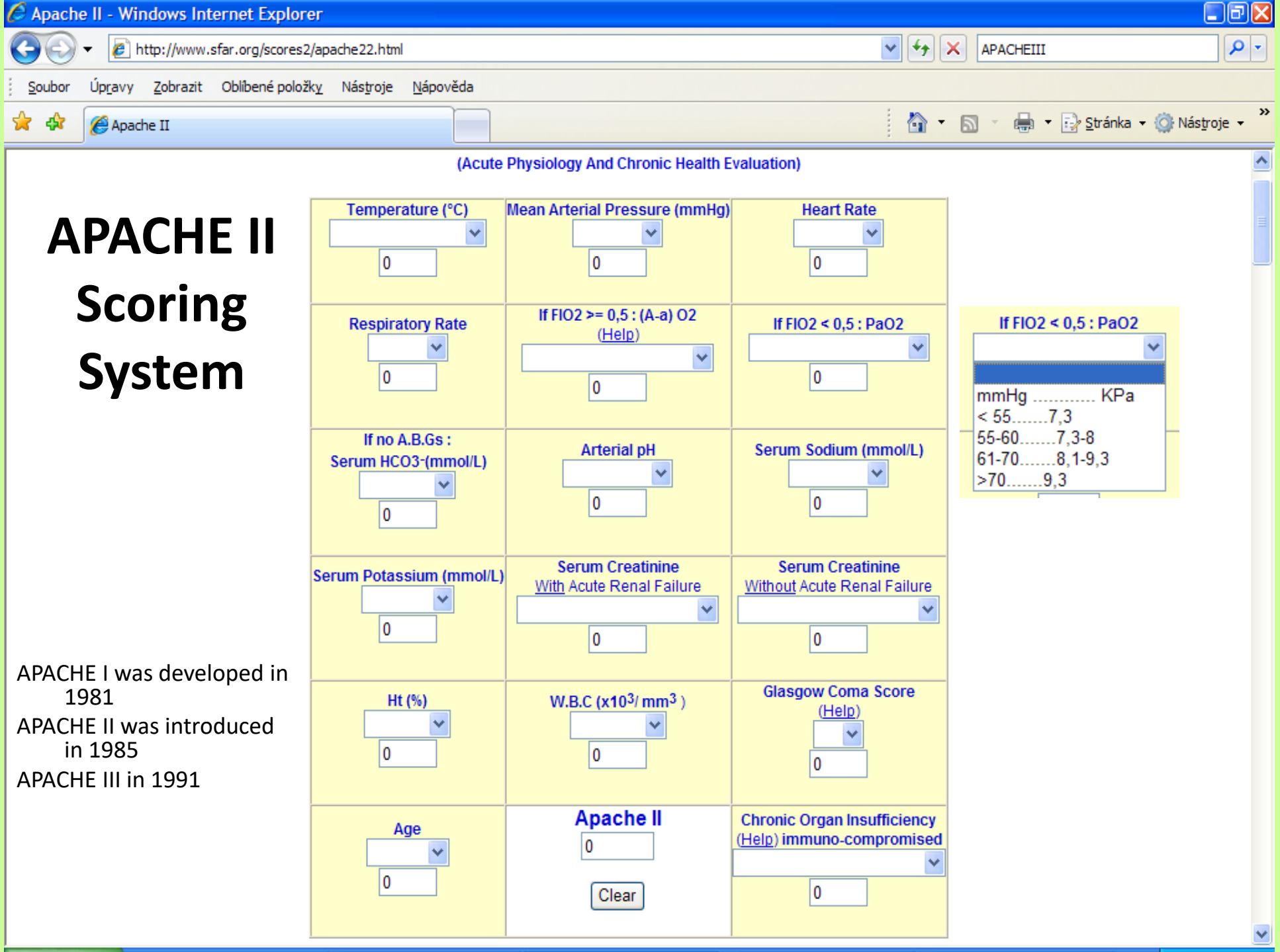
CVVHD

Hypotéza: Črevo ako ŠTARTÉR multiorgánového zlyhania



Kirton, Civetta, Critical Care 1997

APACHE II Scoring System



APACHE I was developed in 1981

APACHE II was introduced in 1985

APACHE III in 1991

SYNDRÓM MULTIORGÁNOVEJ DYSFUNKCIE (ZLYHANIA) MODS – MSOF (Kerr, PGA55)

Orgán – systém	Klin. syndróm
1. Pľúca	1. ARDS
2. Obličky	2. Akút. tubul. nekróza
3. Kardiovask. systém	3. Hyperdyn. hypotenzia
4. CNS	4. Metab. encefalopátia
5. Perif. NS	5. Polyneuropátia
6. Koagulačný systém	6. DIK
7. Gastrointest. trakt	7. Gastroparéza, ileus
8. Pečeň	8. Neinfekčná hepatitis
9. Nadobličky	9. Akútna insuf. nadobl.
10. Kostrové svalstvo	10. Rabdomyolýza