

Ostrava 2014

Transkraniální dopplerovská sonografie v intenzivní péči

MUDr. Renata Černá Pařízková, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny
Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Hradci Králové
Fakultní nemocnice Hradec Králové

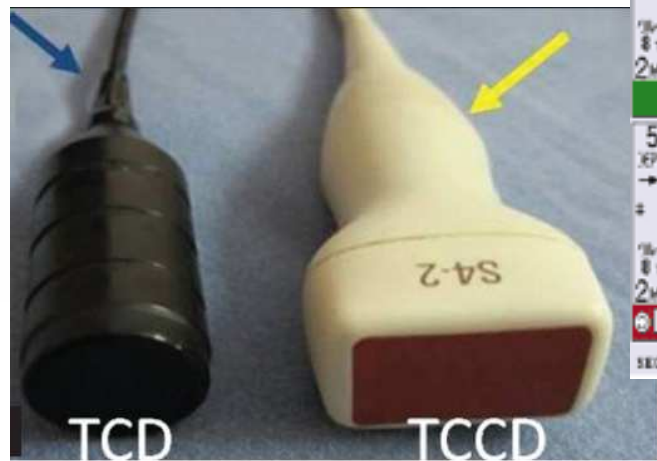
TCD

- **Aaslid R**, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982; 57(6):769–774



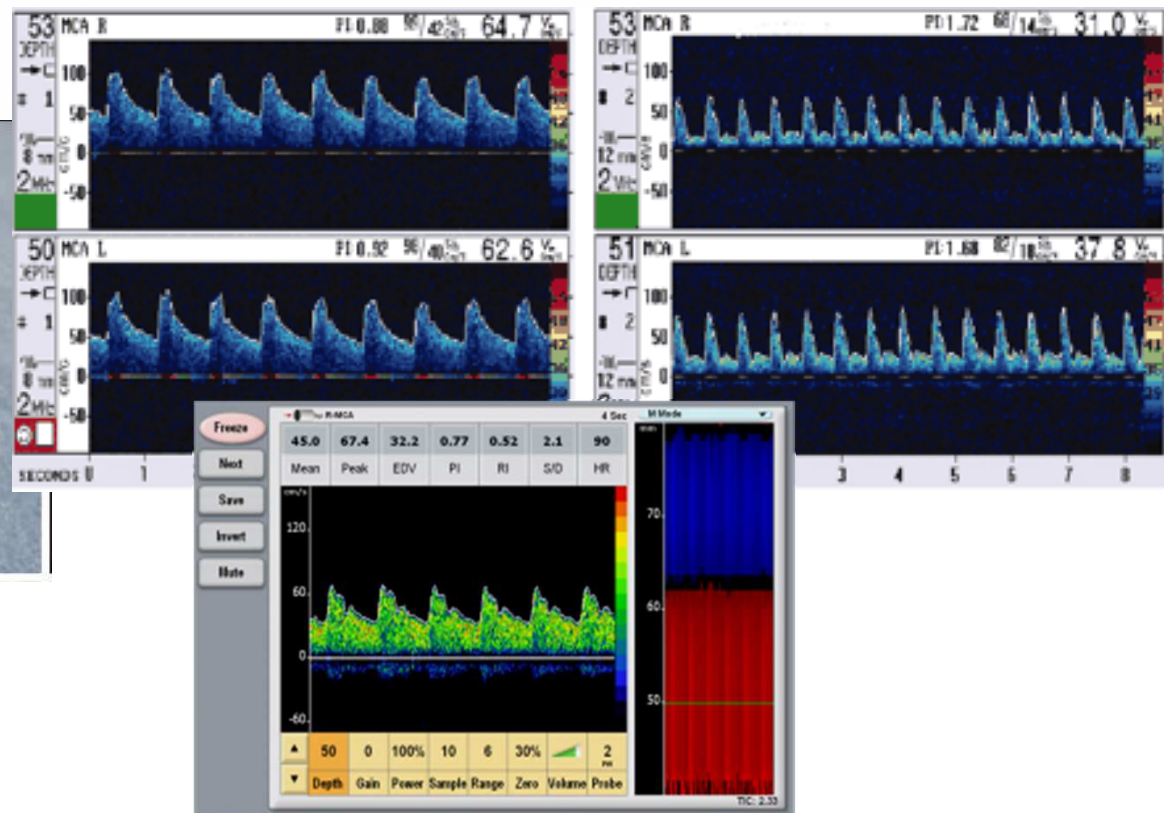
TCD

- Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 1982; 57(6):769–774



f=1-2,5 MHz

f=2-4 MHz



Úvod

- **Ultrazvuk – součást vybavení ICU, emergency**

- **Využití**
 - **Hrudník (FATE, FAST...)**
 - **Břicho**
 - **Cévy**
 - **CNS**



Úvod

- **Ultrazvuk – součást vybavení ICU, emergency**

- **Využití**
 - **Hrudník (FATE, FAST...)**
 - **Břicho**
 - **Cévy**
 - **CNS**



Neurosonologie

- **Duplexní vyšetření krčních tepen**
- **Duplexní vyšetření orbity**
- **Transkraniální dopplerovská sonografie (TCD)**
- **Transkraniální duplexní sonografie**

TCD

- **TRANSKRANIÁLNÍ DOPPLEROVSKÁ SONOGRAFIE – NÁRODNÍ STANDARD VYŠETŘENÍ V RÁMCI FUNKČNÍ SPECIALIZACE V NEUROSONOLOGII – ODBORNÁ PŘÍLOHA**

Škoda O., Mikulík R.. Neurosonologická komise cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti J.E.P.

Tepna	Vmean (cm/s)	Směr průtoku	Hloubka insonace (mm)	Základní přístup
ACM	65 +- 17	K sondě (M1)	M1: 40 – 60, M2: 30 - 45	Transtemporální
ACA	51 +- 12	Od sondy	A1: 60 – 75	Transtemporální
ACI	Variabilní (< ACM)	K sondě	C1, C2: 55 - 70	Transtemporální
ACP	44 +- 11	P1 k sondě, P2 od sondy	P1, P2: 55 - 75	Transtemporální
AV	36 +- 10	Od sondy (V4)	V3: 55 – 60, V4: 65 - 85	Subokcipitální
AB	39 +- 9	Od sondy	85 – 115	Subokcipitální
PICA	Variabilní	K sondě	55 – 75	Subokcipitální

Neurosonologie

- **Duplexní vyšetření krčních tepen**
- **Duplexní vyšetření orbity**
- **Transkraniální dopplerovská sonografie (TCD)**
- **Transkraniální duplexní sonografie**

Neurosonologie

- **Duplexní vyšetření krčních tepen**
- **Duplexní vyšetření orbity**
- **Transkraniální dopplerovská sonografie (TCD)**
- **Transkraniální duplexní sonografie**

Neurosonologie

- Duplexní vyšetření krčních tepen
- Duplexní vyšetření orbity
- Transkraniální dopplerovská sonografie (TCD)

- **Transkraniální duplexní sonografie (TCCS)**
 - Transkraniální duplexní barevně kódovaná sonografie
 - Zobrazení intrakraniálních struktur pomocí B-obrazu a zobrazení cév pomocí barevného či energetického modu

(Transcranial color-coded duplex sonography)

Duplexní

- **Kombinovaná ultrazvuková metoda**
 - Morfologické a hemodynamické vyšetření cév
 - Morfologické změny tkáně – otok, krvácení, expanze

- **Výhoda oproti TCD**
 - Přímé zobrazení vyšetřovaných struktur
 - Měření reálného průtoku cévami (korekce insonačního úhlu)

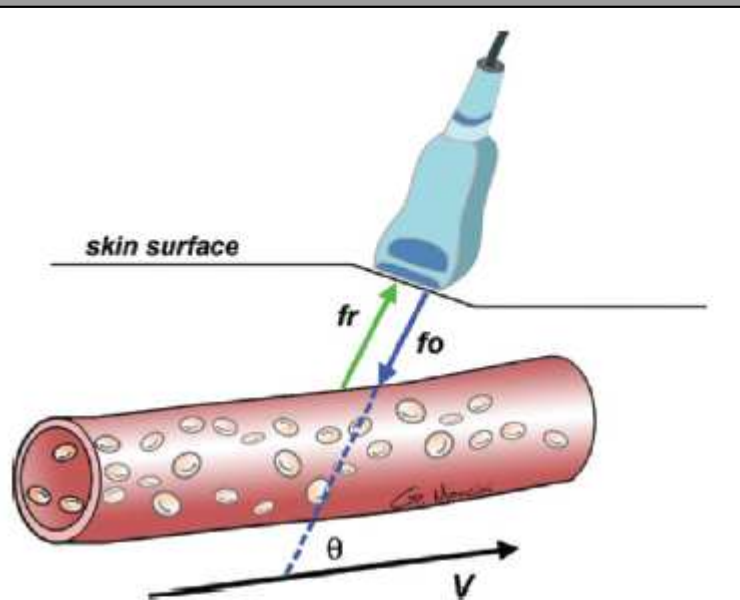


Figure 1. Diagram shows the Doppler effect. Sound waves emitted at a specific frequency (f_o) are reflected off moving red blood cells and back to the transducer at a higher or lower frequency (f_r). The difference in frequencies, known as the Doppler shift, can be used to calculate the blood flow velocity (V) and direction. θ = angle between the incident ultrasound beam and the direction of blood flow.

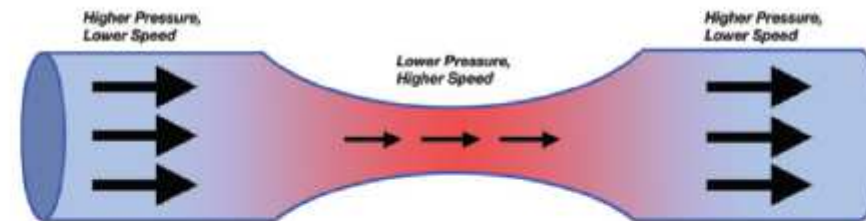


Figure 2. Diagram of the Bernoulli principle shows that as fluid flows from a conduit or vessel of greater diameter to one of lesser diameter, the velocity of flow increases and the pressure decreases to allow the same volume of fluid to pass through the narrower area. Thus, the velocity of blood flowing through areas of stenosis secondary to vasospasm in the setting of subarachnoid hemorrhage is expected to be higher than that of blood flowing through adjacent vessels.

Advances in Transcranial Doppler US: Imaging Ahead

Jonathan D. Kirsch, MD • Mahan Mathur, MD • Michele H. Johnson, MD • Gowthaman Gunabushanam, MD • Leslie M. Scutt, MD

RadioGraphics 2013; 33:E1–E14 • Published online 10.1148/rg.331125071 • Content Codes: HM NR US VA

Insonační úhel
< 60°

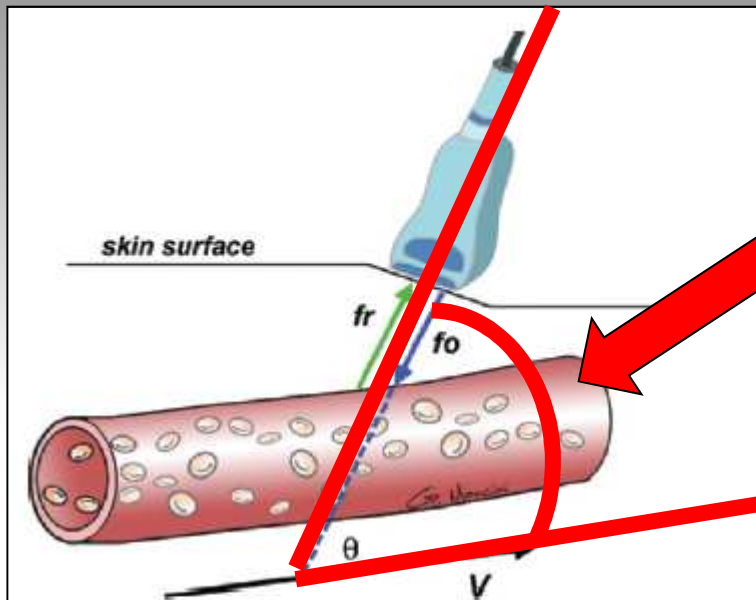


Figure 1. Diagram shows the Doppler effect. Sound waves emitted at a specific frequency (f_0) are reflected off moving red blood cells and back to the transducer at a higher or lower frequency (f_r). The difference in frequencies, known as the Doppler shift, can be used to calculate the blood flow velocity (V) and direction. θ = angle between the incident ultrasound beam and the direction of blood flow.

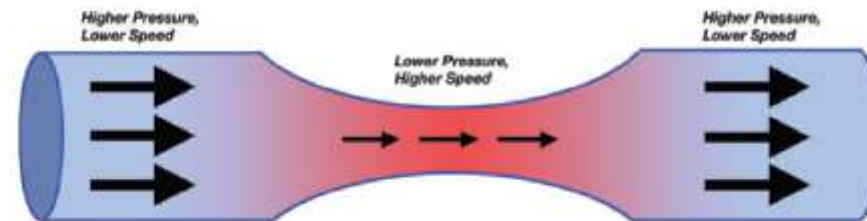


Figure 2. Diagram of the Bernoulli principle shows that as fluid flows from a conduit or vessel of greater diameter to one of lesser diameter, the velocity of flow increases and the pressure decreases to allow the same volume of fluid to pass through the narrower area. Thus, the velocity of blood flowing through areas of stenosis secondary to vasospasm in the setting of subarachnoid hemorrhage is expected to be higher than that of blood flowing through adjacent vessels.

Advances in Transcranial Doppler US: Imaging Ahead

Jonathan D. Kirsch, MD • Mahan Mathur, MD • Michele H. Johnson, MD • Gowthaman Gunabushanam, MD • Leslie M. Scutt, MD

RadioGraphics 2013; 33:E1-E14 • Published online 10.1148/rg.331125071 • Content Codes: HM NR US VA

TCD – patologické nálezy

- **Nízkofrekvenční šelesty, turbulence**
- **Změny průtokových rychlostí**
- **Změny směru průtoku tepnou**
- **Patologické změny indexů RI, PI**
- **Tranzitorní jednosměrné signály s vysokou intenzitou (HITS)**
- **Funkční rezervní kapacita nebo paradoxní vazoreakce při změnách paCO₂**

TCD

závězy

- Nízkofrekvenční š
 - Změny průtokov
 - Změny směru p
 - Patologické zm
 - Tranzitorní j
 - Funkční rez
- paCO₂



ou (HITS)

lkce při změnách

TCD/TCCS

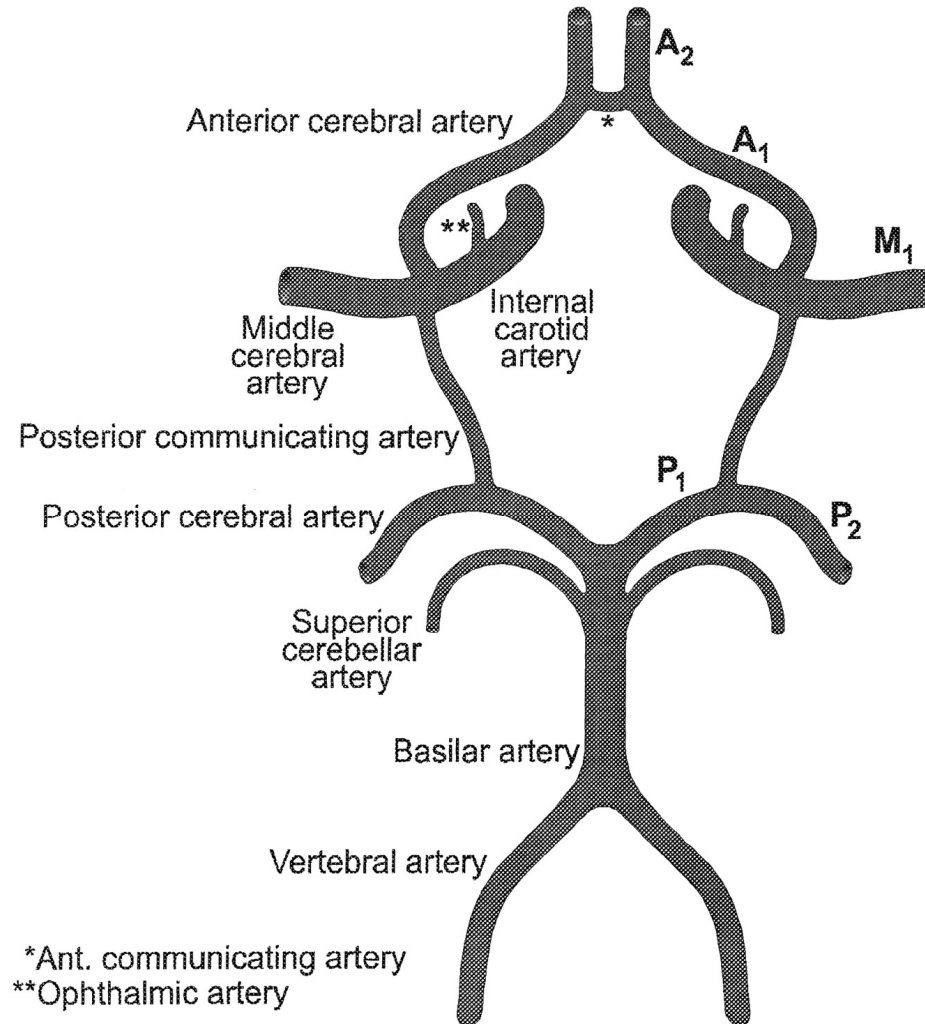
- **Obstrukce/stenozy extrakraniálních a intrakraniálních tepen**
- **Chronická cerebrovaskulární onemocnění**
- **Cévní malformace**
- **Migréna**
- **Peroperační monitorace**
 - Peroperační monitorace (kardiochirurgie, magistralní tepny)
 - Mikroembolizace

TCD/TCCS v intenzivní péči

- **Vasospasmy**
- **Detekce pravolevého zkratu**
- **Nitrolební hypertenze**
- **Mozková smrt**



Typical normal polygon configuration of the circle of Willis.

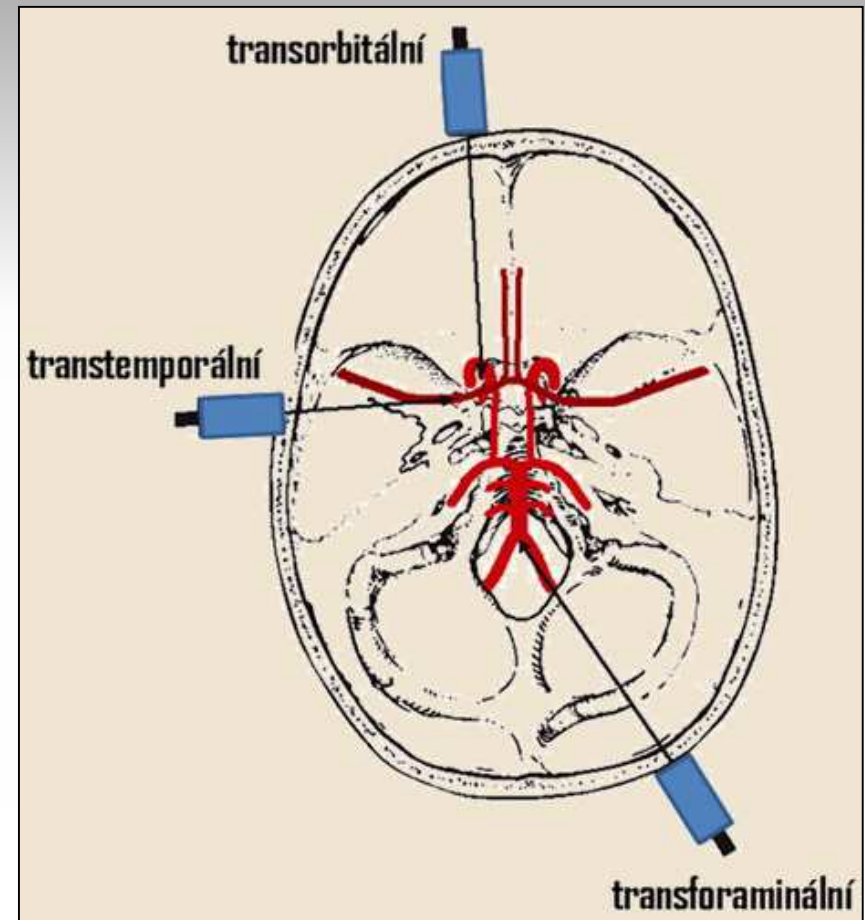


*Ant. communicating artery
**Ophthalmic artery

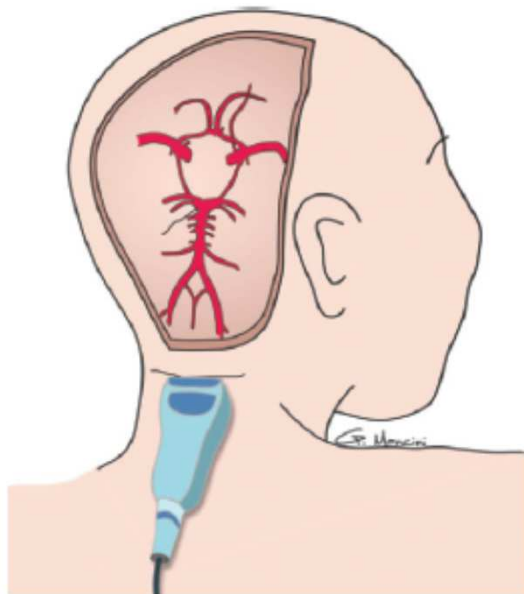
Hoksbergen A W J et al. *Stroke*. 1999;30:1450-1455

- **Limitace vyšetření**
 - Penetrace přes kost, nedostatečná transmise
 - Kontrastní vyšetření (suspenze mikrobublin)

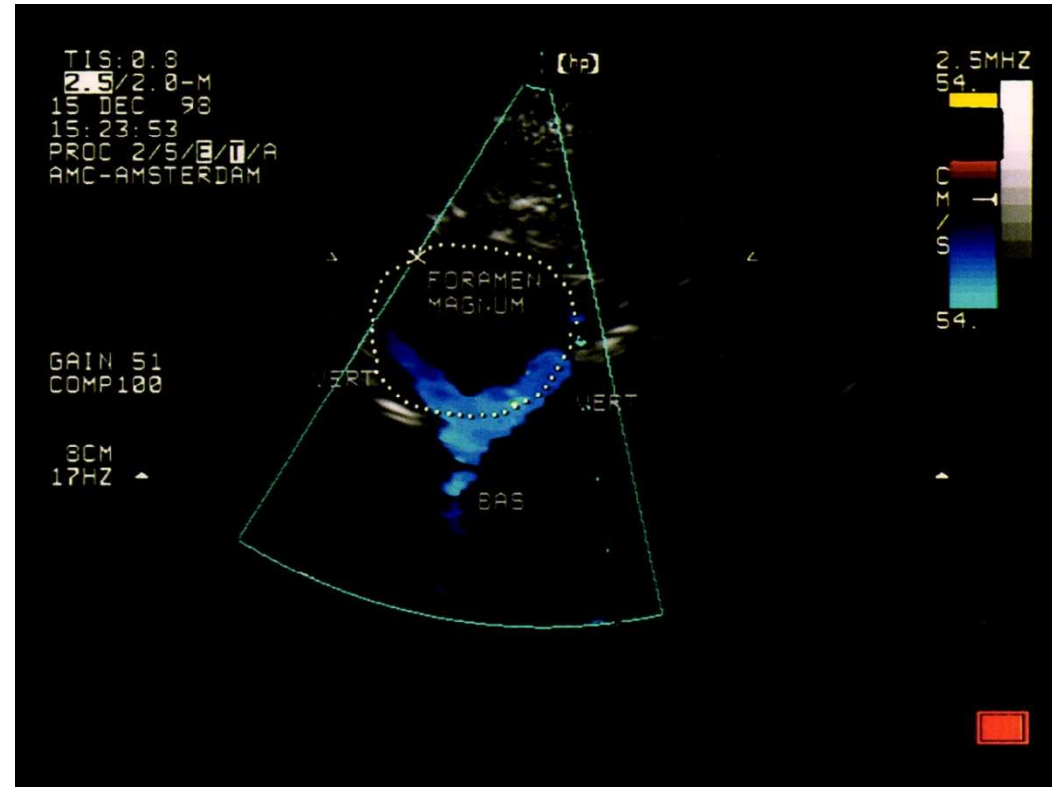
- **ACI, ACM, ACP, ACA, VA, BA**



Transcranial color-coded ultrasonogram of the vertebrobasilar arteries using the suboccipital window.



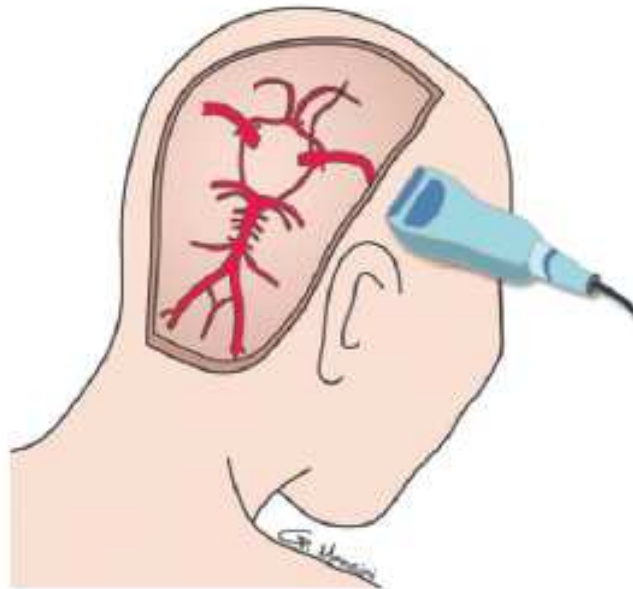
©RSNA, 2013 • radiographics.rsna.org



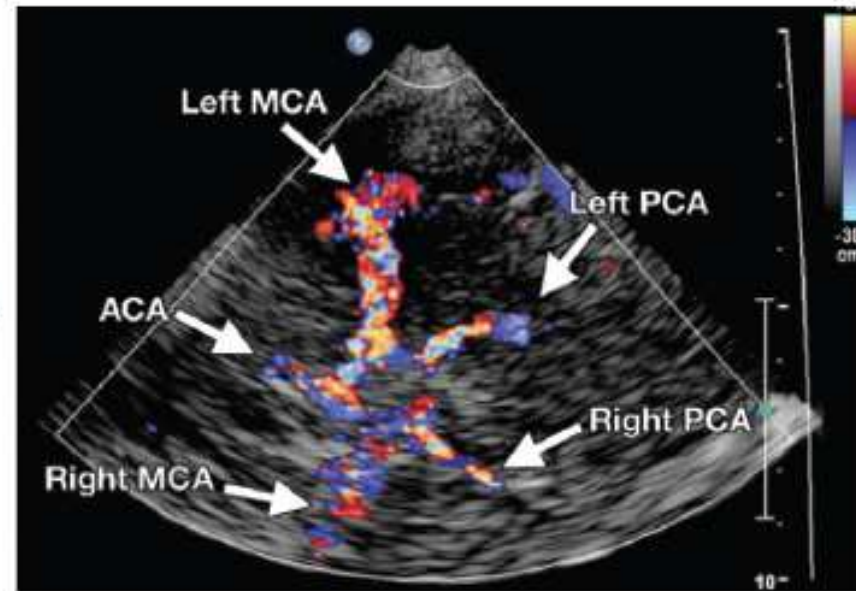
Hoksbergen A W J et al. *Stroke*. 1999;30:1450-1455

Transokcipitální přístup





4.

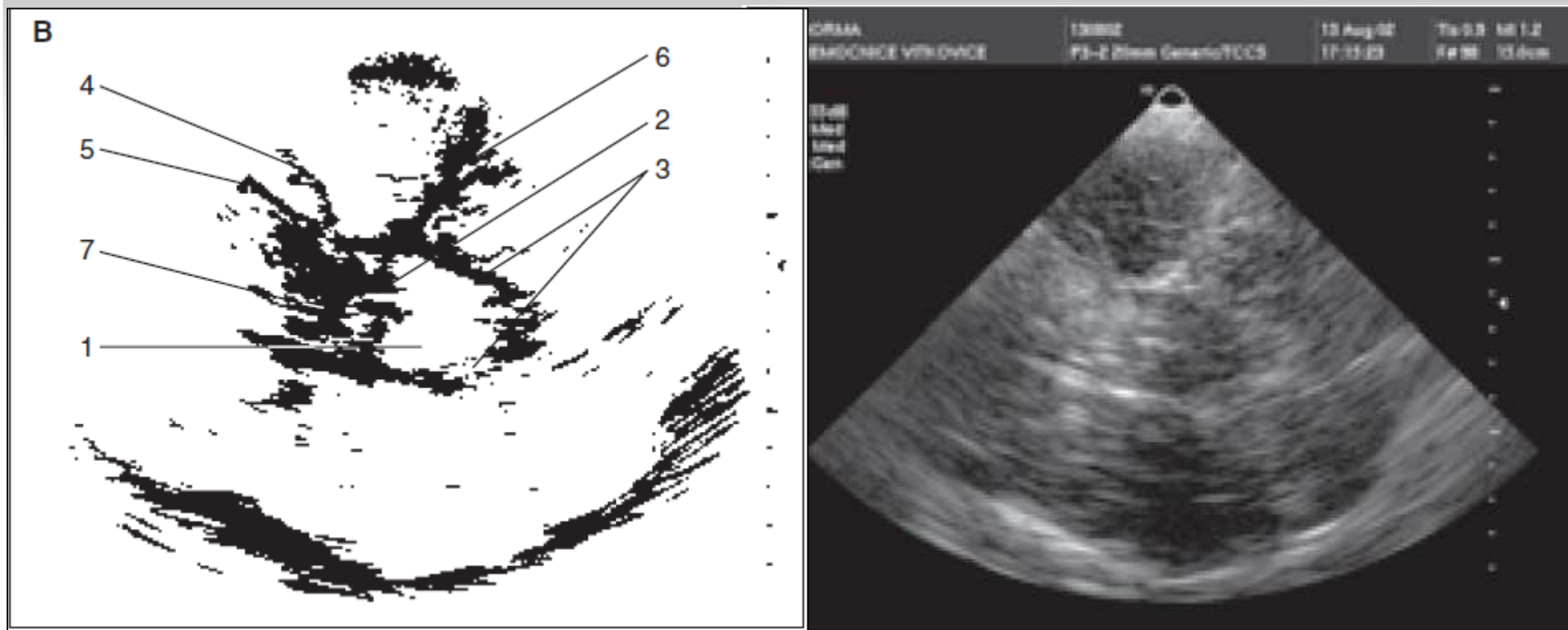


5.

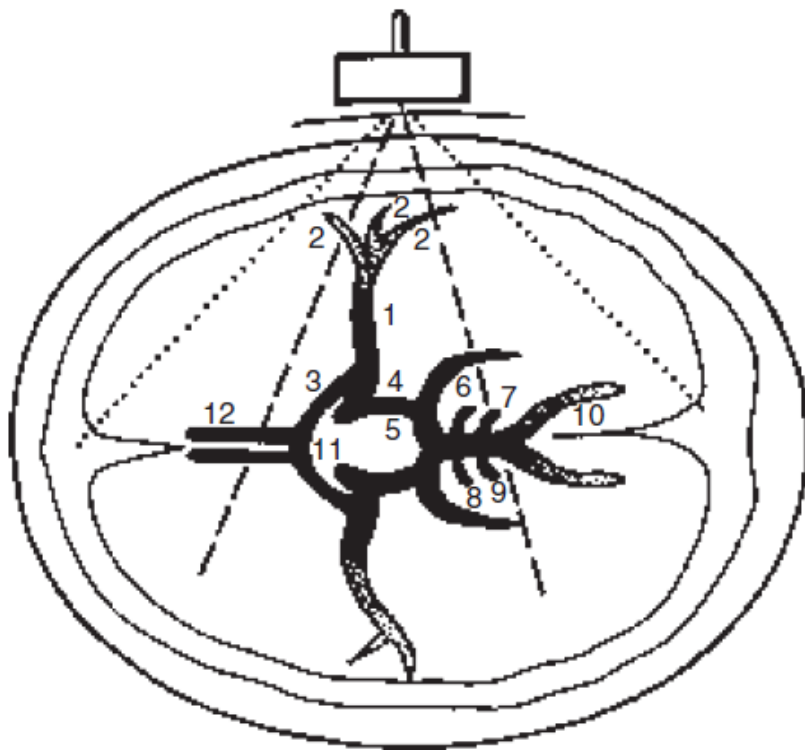
Figures 4, 5. (4) Drawing shows the transtemporal approach for Doppler US of intracranial vessels. The transducer is placed on the temporal bone either above the zygomatic arch and anterior to the external auditory canal or slightly more posterior, above the earlobe. (5) Color Doppler flow image obtained with a transtemporal window shows blood flow through the circle of Willis.

Transtemporální přístup

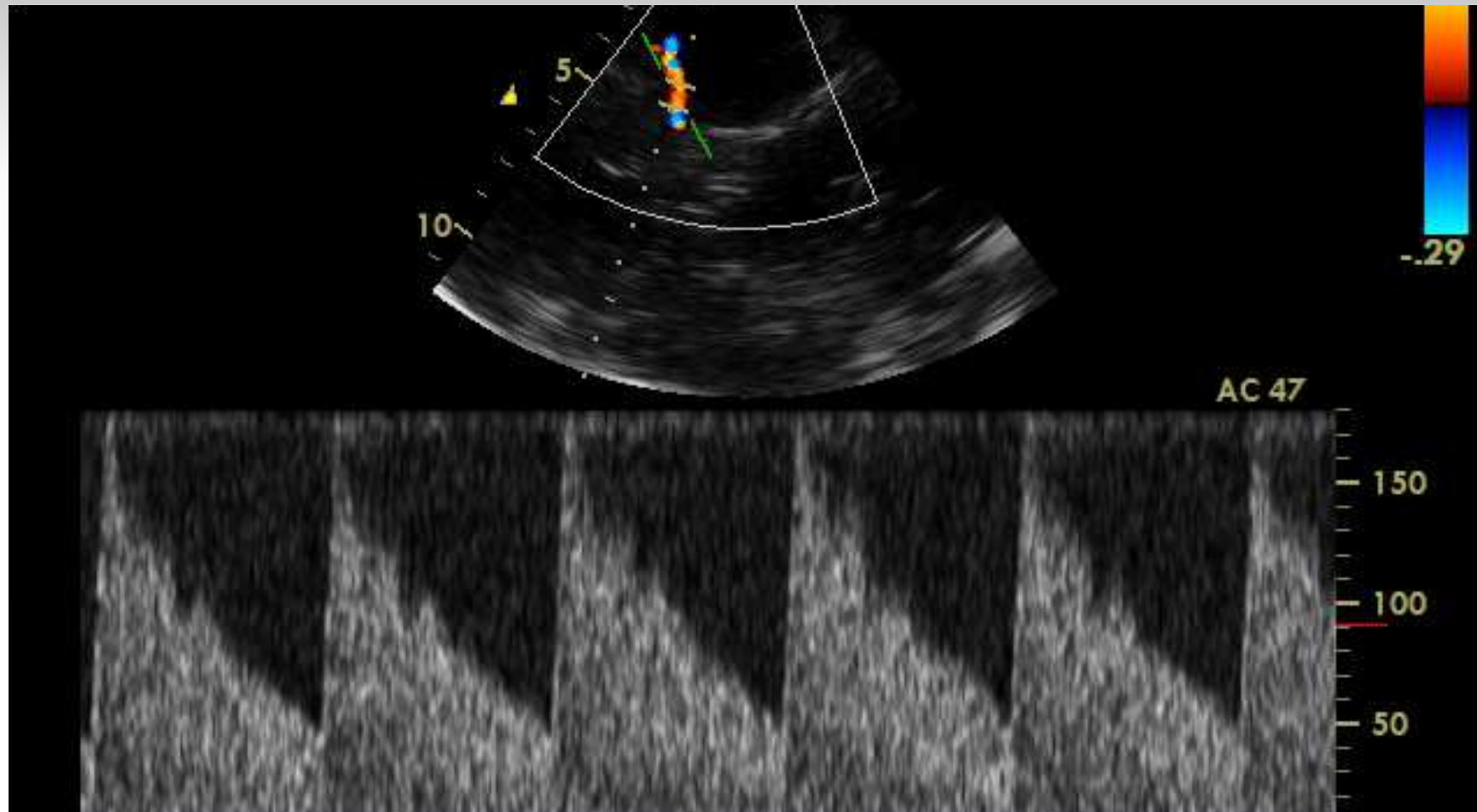
TCCS (B-mode)



TCCS (B-mode + barevný mode)



TCCS (B-mode + barevný mode + TCD)



TCD

■ Sledované parametry

- Změny rychlosti krevního průtoku
 - ✓ Blood flow velocity BFV
- Zástava krevního průtoku
- Změny pulsatilního indexu (PI)
- Změny indexu rezistence (RI)

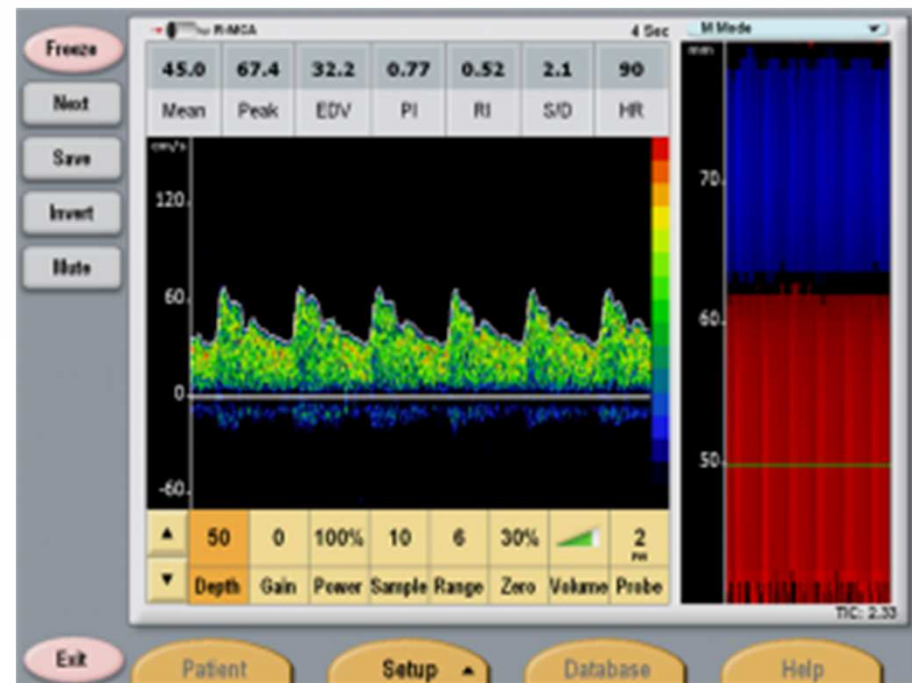
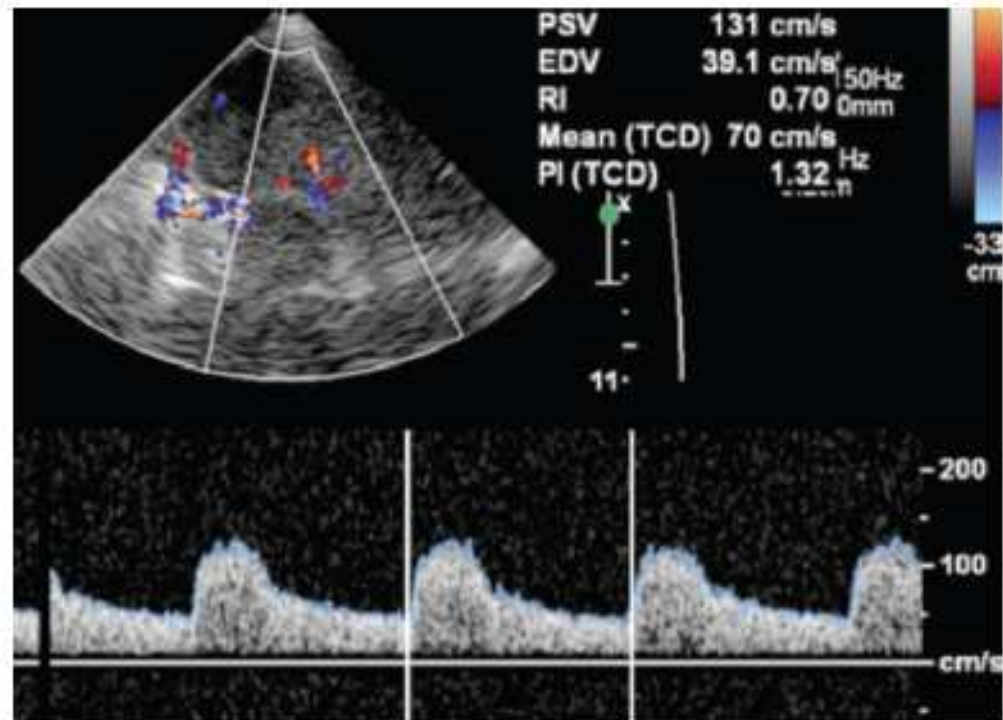


Figure 3. Duplex Doppler image and spectral waveform show the velocity of blood flowing within the PCA. The PSV, EDV, MFV, and resistive index (RI) are automatically calculated from the waveform. *PI* = pulsatility index, *TCD* = transcranial Doppler.

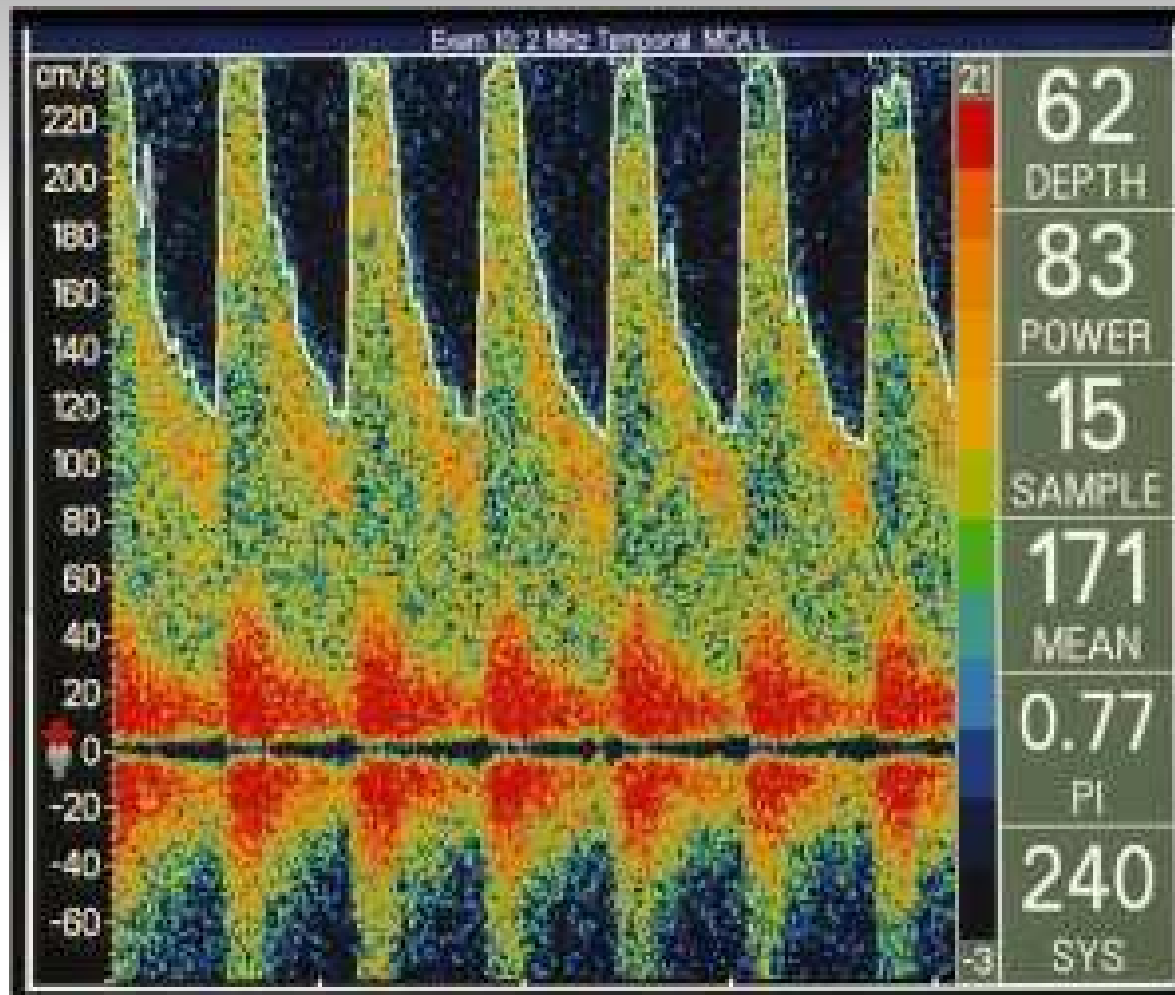


$$MFV = PSV + (EDV \times 2)/3$$

$$RI = (PSV - EDV)/PSV$$

$$PI = (PSV - EDV)/MeanV$$

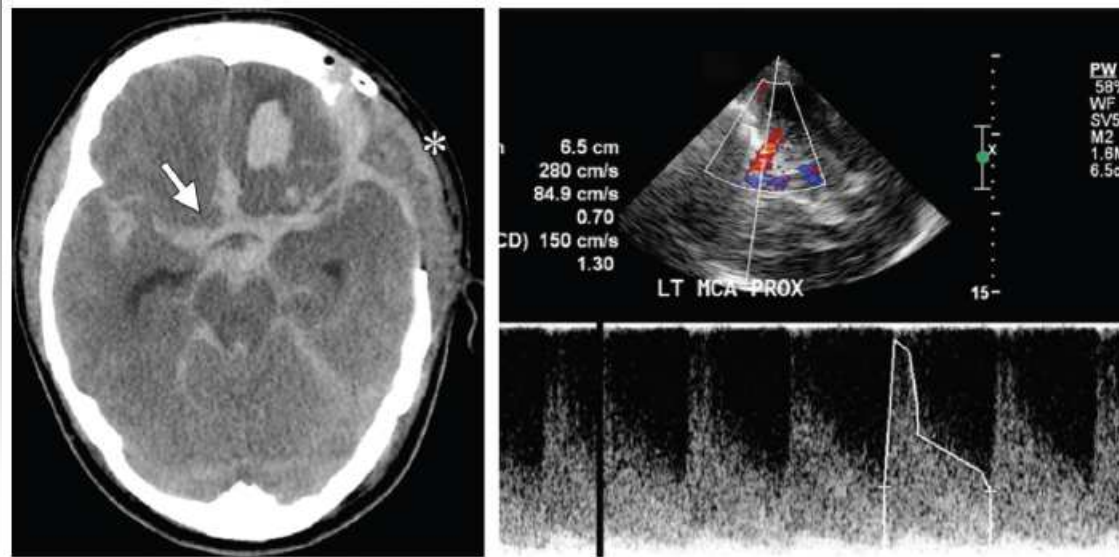
TCD



Vasospasmy

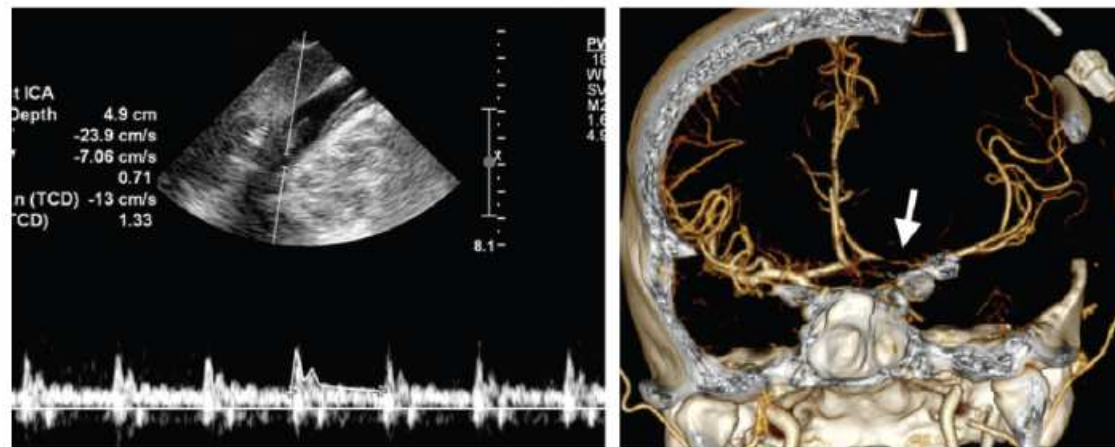
Lindegaard index

$$\text{MFV}_{\text{MCA}} / \text{MFV}_{\text{EICA}}$$



a.

b.



c.

d.

Figure 10. (a) Unenhanced axial CT scan of the brain depicts a subarachnoid hemorrhage (arrow) secondary to a ruptured aneurysm. Note the left frontal craniectomy (*). (b, c) Doppler US images and spectral waveforms obtained in the left MCA (b) and ipsilateral distal ICA (c) show only mildly increased PSV and MFV in the left MCA (280 cm/sec and 150 cm/sec, respectively) but a markedly elevated Lindegaard ratio of 11.5, a finding indicative of severe vasospasm. (d) Three-dimensional reconstruction from CT angiography depicts a severe stenosis of the left MCA (arrow).

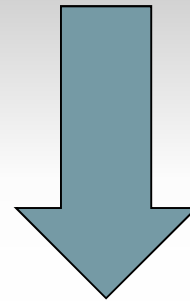
Table 2

Quantitative Parameters for Assessing Vasospasm of the MCA

Severity of Vasospasm	PSV (cm/sec)	MFV (cm/sec)	Lindegaard Ratio
Mild	200–250	120–150	3–4.5
Moderate	250–300	150–200	4.5–6.0
Severe	>300	>200	>6



PSV (MFV)



Vasospasmy

Hyperémie

Hypervolémie

> 3

Lindegaard index

MFV_{MCA} / MFV_{EICA}

< 3

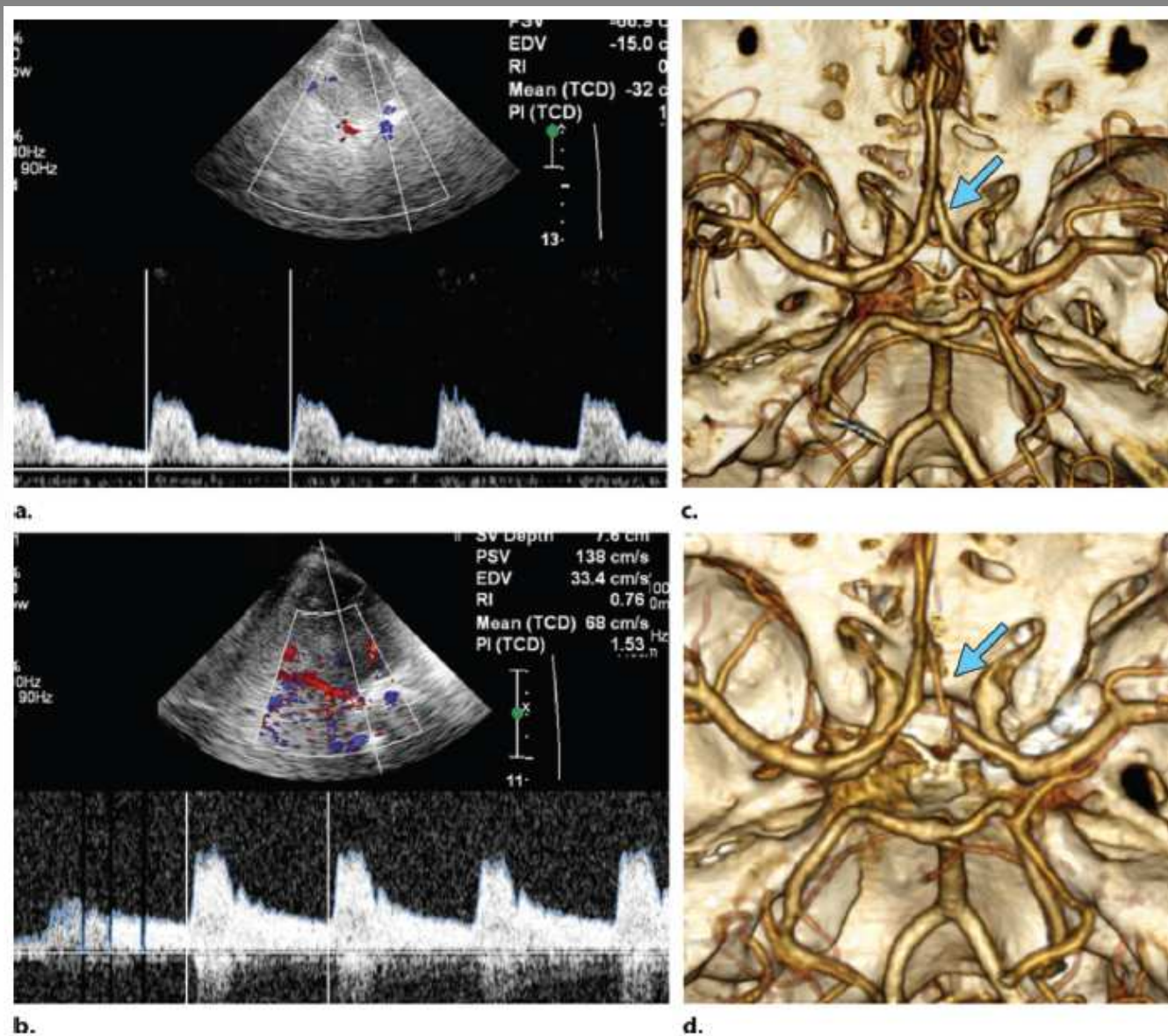
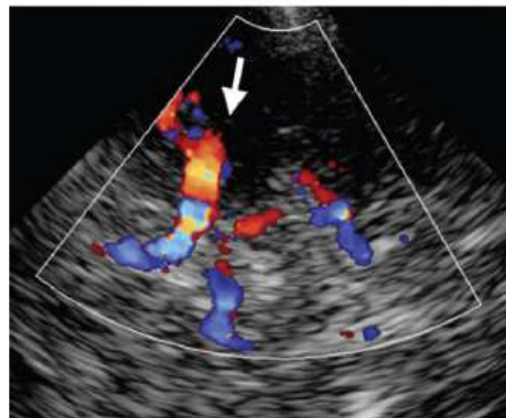
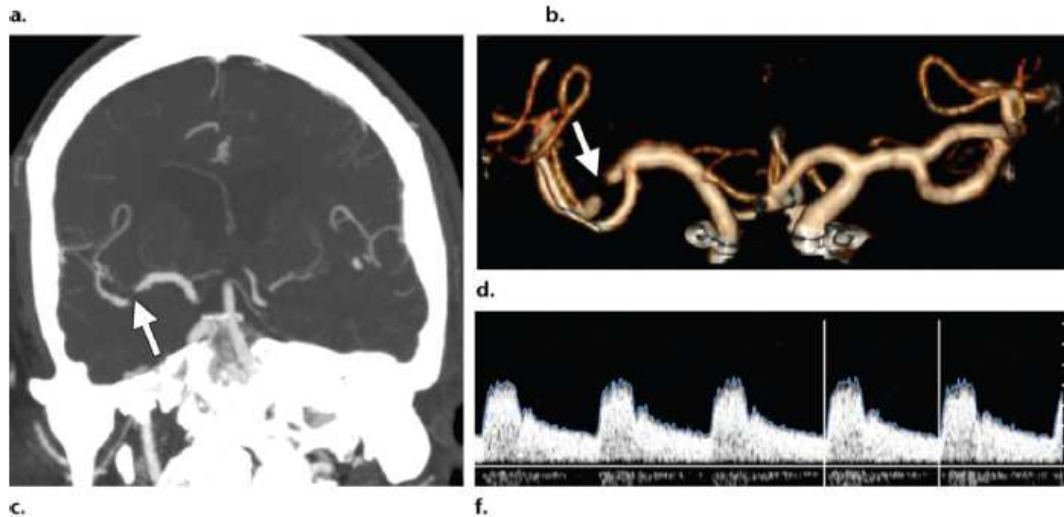
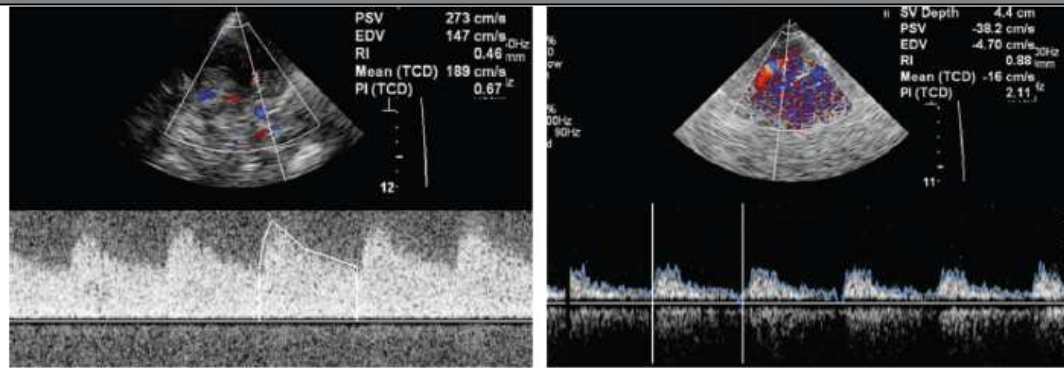


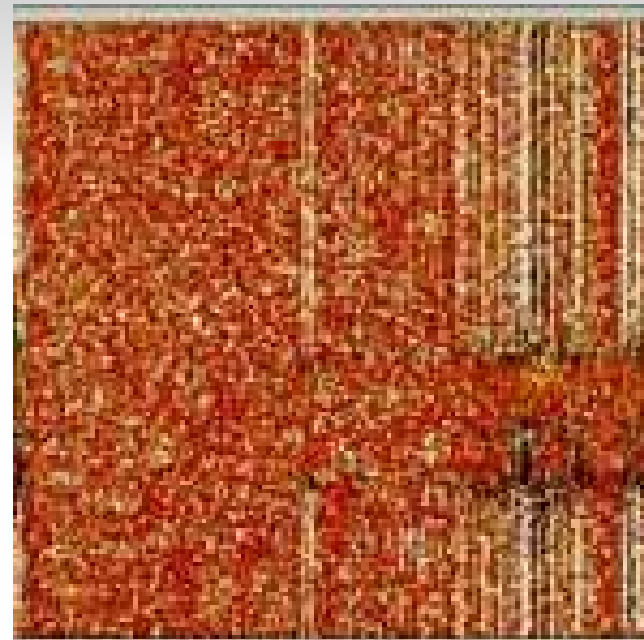
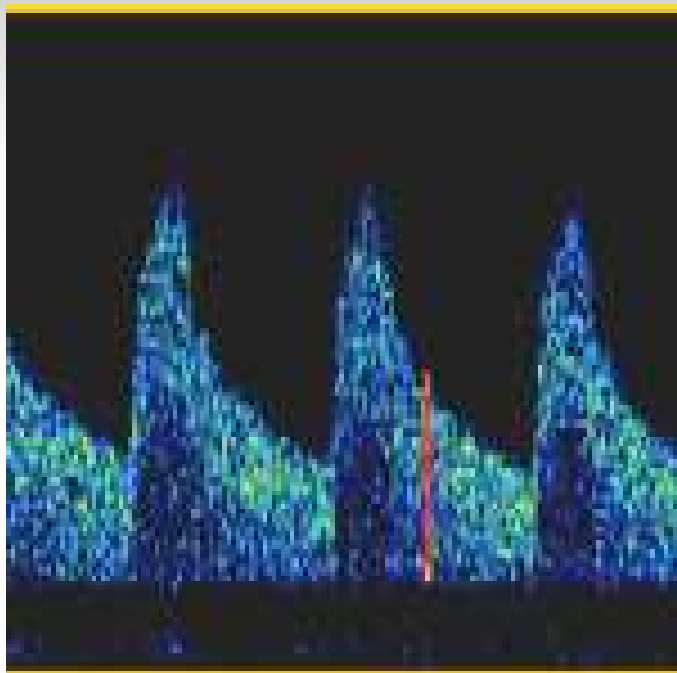
Figure 11. (a) Transcranial Doppler US image obtained immediately after aneurysm rupture shows normal PSV of 67 cm/sec in the right ACA. (b) Follow-up transcranial duplex Doppler US image obtained approximately 10 days later depicts increased PSV of 138 cm/sec, a finding suggestive of mild vasospasm, in the right ACA. The MFV is normal (68 cm/sec) but also has increased since baseline (32 cm/sec). (c, d) Three-dimensional images from baseline (c) and follow-up (d) CT angiography demonstrate interval development of right ACA vasospasm (arrow).



Stenoza/okluze

- Diagnostika
- Monitorace po reperfuzi
 - Reokluze
 - ICP
 - Hyperémie
 - Vasospasmy
- Sonotrombolýza

TCD



Mikroembolizace
pravolevý zkrat

DIAGNOSTIKA PRAVO-LEVÉHO SRDEČNÍHO ZKRATU POMOCÍ TRANSKRANIÁLNÍ DOPPLEROVSKÉ SONOGRAFIE

MUDr. Aleš Tomek, MUDr. Martin Šrámek

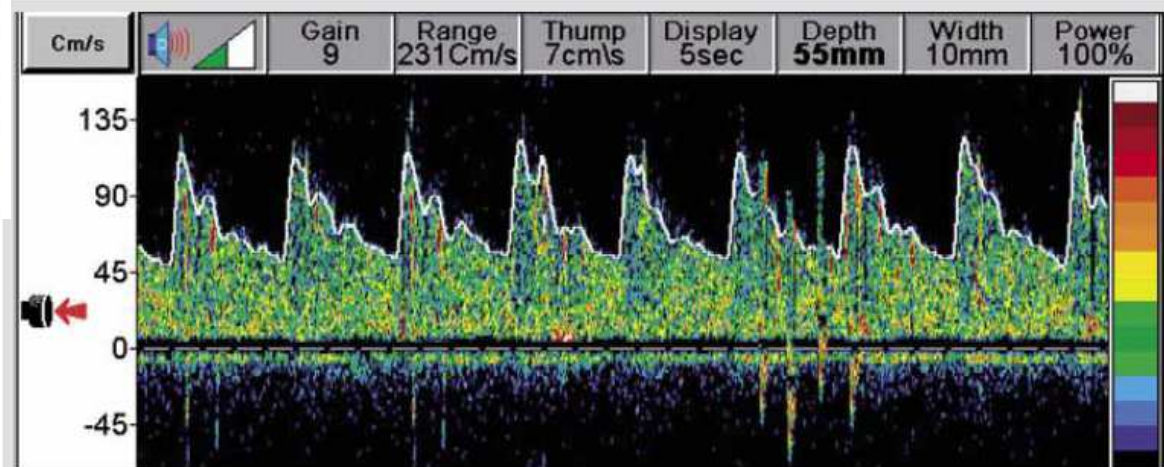
Neurol. pro praxi, 2007; 8(4): 215–218

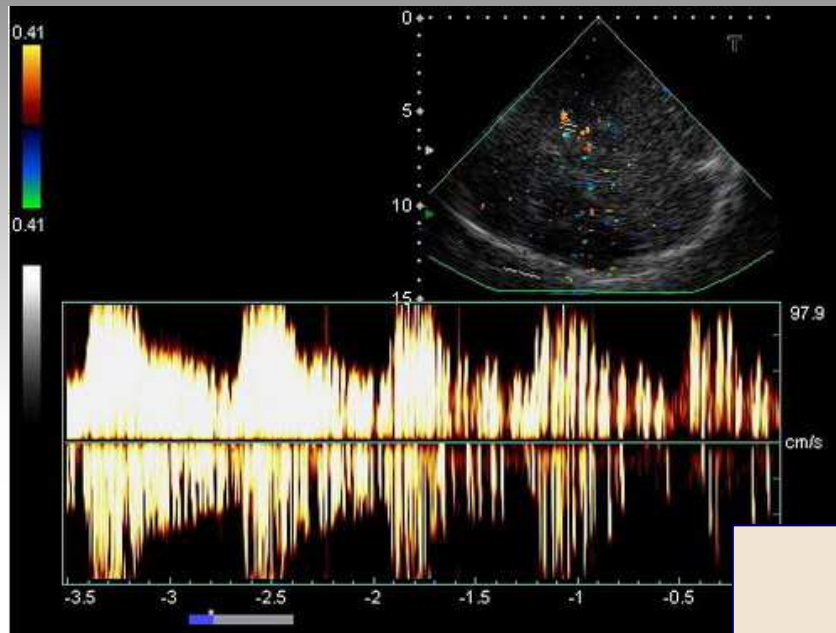
Obrázek 2. Příprava pulmolabilní echokonstrastní látky. Agitace směsi HAES 6% a vzduchu v poměru 9:1 pomocí trojcestného kohoutu



HITS
(high intensity transient signal)

Obrázek 1. Obraz dopplerovské křivky MCA s patrnými signály mikrobublin pulmolabilní kontrastní látky u pacienta s potvrzeným PFO





Záchyt HITS < 12 s (kardiální)

Záchyt HITS > 15-20 s (extrakardiální)

**Závažnost pravolevého zkratu
Počet HITS (Razumovski)**

- I 0
- II 1-10
- III > 10
- IV „shower“

Diagnostika foramen ovale patens (PFO) pomocí jícnové echokardiografie (TEE) a transkraniální dopplerovské sonografie (TCD)

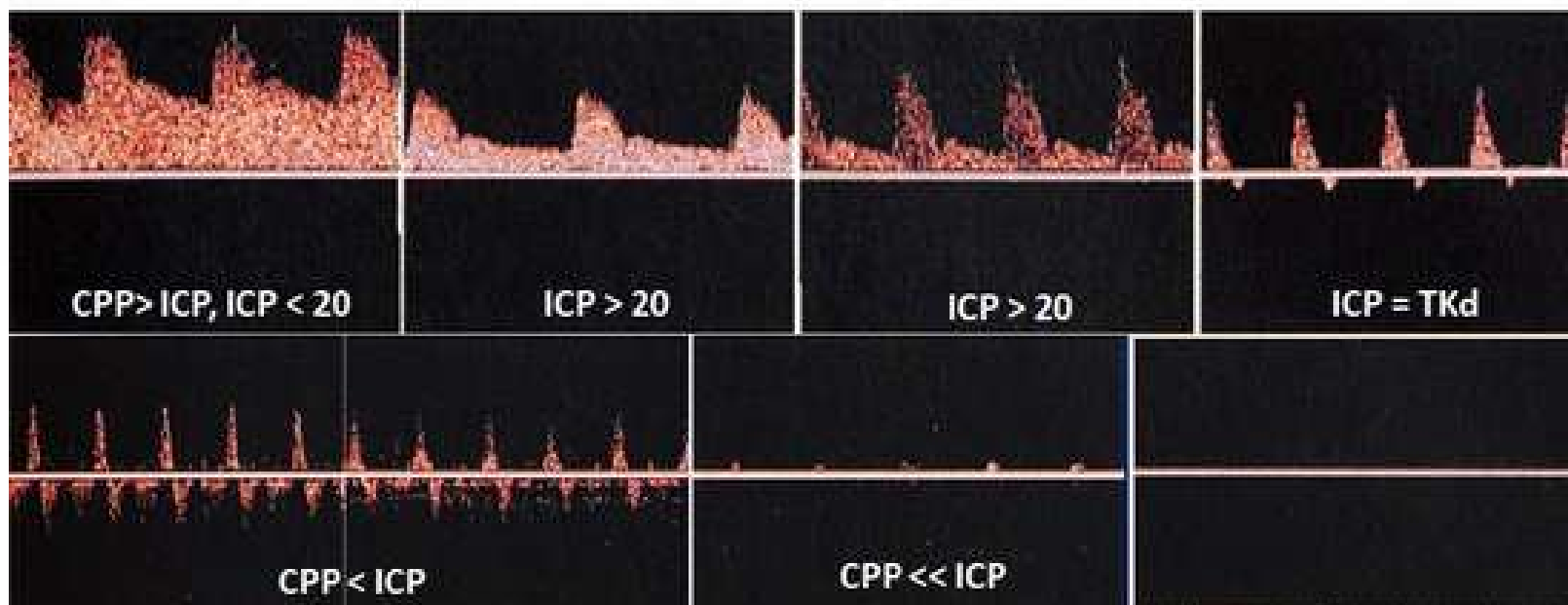
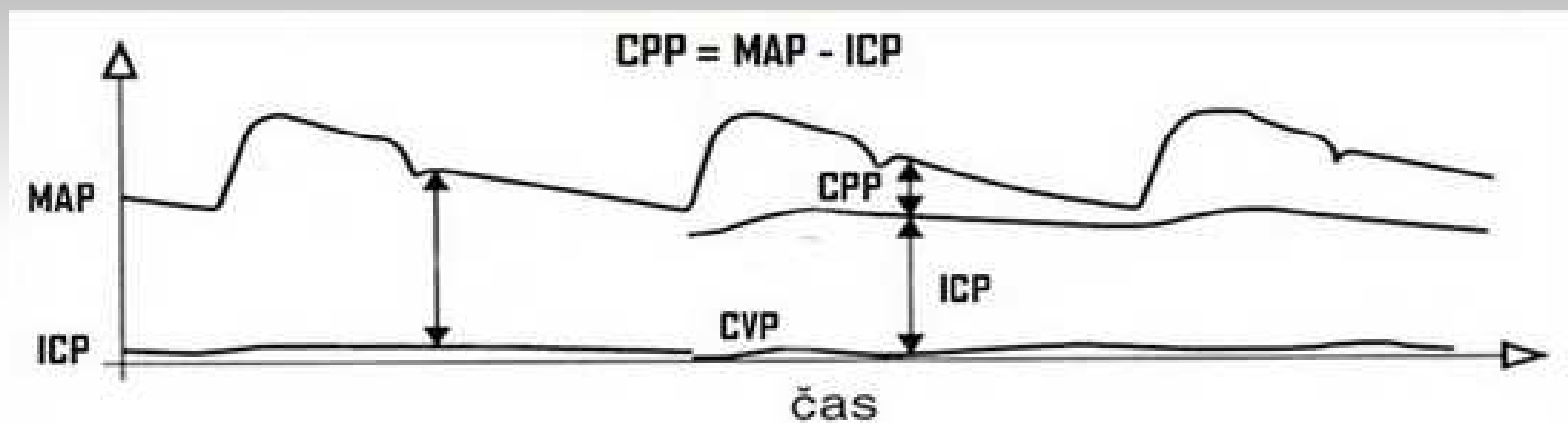
Jícnová echokardiografie (TEE)

Průnik bublin přes PFO při TEE bubble testu

TCD bubble test – normální nález

TCD bubble test – průkaz pravolevého zkratu (PFO)

Nitrolební hypertenze



Beyond intracranial pressure optimization of cerebral blood flow, oxygen, and substrate delivery after traumatic brain injury

Pierre Bouzat^{1,3}, Nathalie Sala^{1,2}, Jean-François Payen^{3,4} and Mauro Oddo^{1,2*}

Annals of Intensive Care 2013, **3**:23

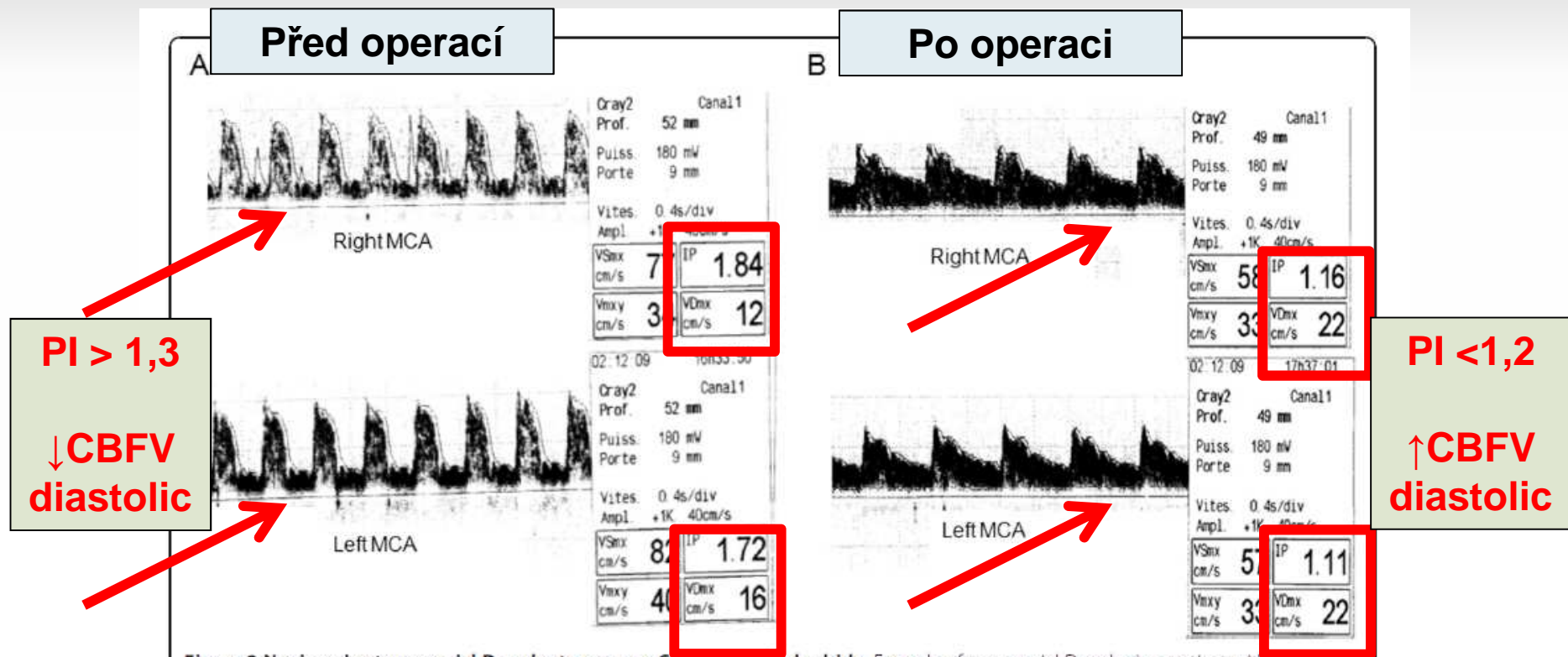


Figure 2 Noninvasive transcranial Doppler to manage CBF/ CPP at the bedside. Example of transcranial Doppler in a patient with acute hydrocephalus and increased intracranial pressure (ICP). **A.** Before extraventricular drainage, TCD in the middle cerebral artery (MCA) shows cerebral ischemia with low diastolic CBF velocities (<20 cm/sec) and elevated pulsatility index (PI > 1.4). **B.** After extraventricular drainage, normalization of ICP was associated with normalization of diastolic velocities and PI, reflecting increased CBF.

Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using
Doppler-sonography
Task Force Group on cerebral death of the Neurosonolgy Research Group
of the World Federation of Neurology

Xavier Ducrocq^a, Werner Hassler^b, Kouzo Moritake^c, David W. Newell^d,
Gerhard-Michael von Reutern^{e,*}, Toshiyuki Shiogai^f, Robert R. Smith^g

Journal of the Neurological Sciences 159 (1998) 145–150

- **Typický průběh křivky průtoku**
- **2 vyšetření v odstupu alespoň 30 min**
- **Intrakraniální i extrakraniální cévy bilaterálně**
- **Limitace vyšetření**
 - Penetrace přes kost, nedostatečná transmise
 - Kontrastní vyšetření (suspenze mikrobublin fluoridu sírového)

TIME-COURSE OF FLOW VELOCITIES IN MCA FROM NORMAL CONDITION UP TO CEREBRAL CIRCULATORY ARREST

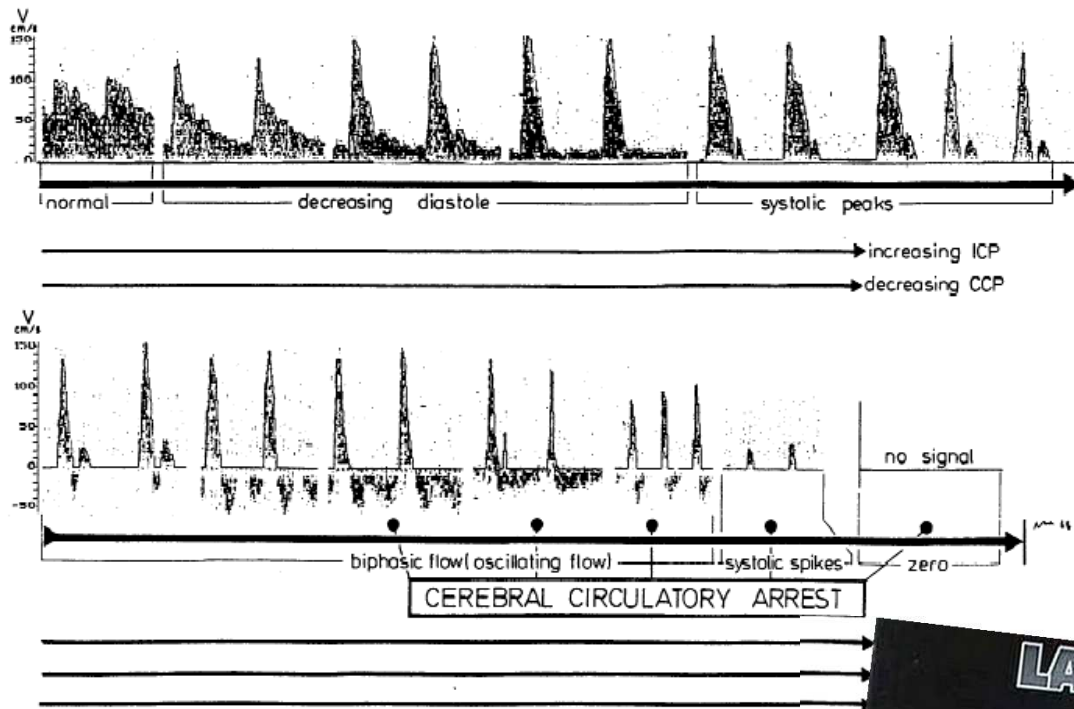


Fig. 1. Doppler spectral wave forms of the MCA monitoring the development from a normal recording to the increasing intracranial pressure. In the upper row signals can be seen which are characterized by increasing pulse amplitude. In the lower row reverse flow is shown, however, the first two curves show an asymmetric distribution with a peak. This corresponds to a complete cerebral circulatory arrest. This is only confirmed if the forward and reverse flow curves are compared.

Journal of the Neurological Sciences 159 (1998) 145–150





SBÍRKA ZÁKONŮ

ČESKÁ REPUBLIKA

Částka 51

Rozeslána dne 7. května 2013

Cena Kč 40,-

44. Zákon, kterým se mění zákon č. 285/2002 Sb., o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých zákonů (transplantační zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

Strana 1236

Sbírka zákonů č. **114** / 2013

Částka 51

114

VYHLÁŠKA

ze dne 29. dubna 2013

o stanovení bližších podmínek posuzování zdravotní způsobilosti a rozsahu vyšetření
žijícího nebo zemřelého dárce tkání nebo orgánů pro účely transplantací
(vyhláška o zdravotní způsobilosti dárce tkání a orgánů pro účely transplantací)

3. Potvrzení nevratnosti klinických známek smrti mozku

3.1. angiografie mozkových tepen

zjištěna absence náplně cerebrálních úseků mozkových tepen:

.....
datum hodina jméno a podpis vyšetřujícího lékaře

3.2. mozková perfuzní scintigrafie

zjištěna absence záchyту radiofarmaka v mozkové tkáni:

.....
datum hodina jméno a podpis vyšetřujícího lékaře

3.3. vyšetření sluchových kmenových evokovaných potenciálů
časně akusticky evokovaná potencionála mozkového kmene vlny
II - V vyhaslé oboustranně (ano/ne)

.....
datum hodina jméno a podpis vyšetřujícího lékaře

3.4. transkraniální dopplerovská sonografie

zjištěna zástava toku v mozkových tepnách:

.....
datum hodina jméno a podpis vyšetřujícího lékaře

3.5. CT angiografie

zjištěna absence náplně cerebrálních úseků mozkových cév

115

VYHLÁŠKA

ze dne 29. dubna 2013

o stanovení specializované způsobilosti lékařů zjišťujících smrt a lékařů provádějících vyšetření potvrzující nevratnost smrti pro účely odběru tkání nebo orgánů určených pro transplantaci (vyhláška o specializované způsobilosti lékařů zjišťujících a potvrzujících smrt pro účely transplantací)

(3) Lékař provádějící vyšetření potvrzující nevratnost smrti mozku možného dárce pomocí transkraniální dopplerovské sonografie musí mít

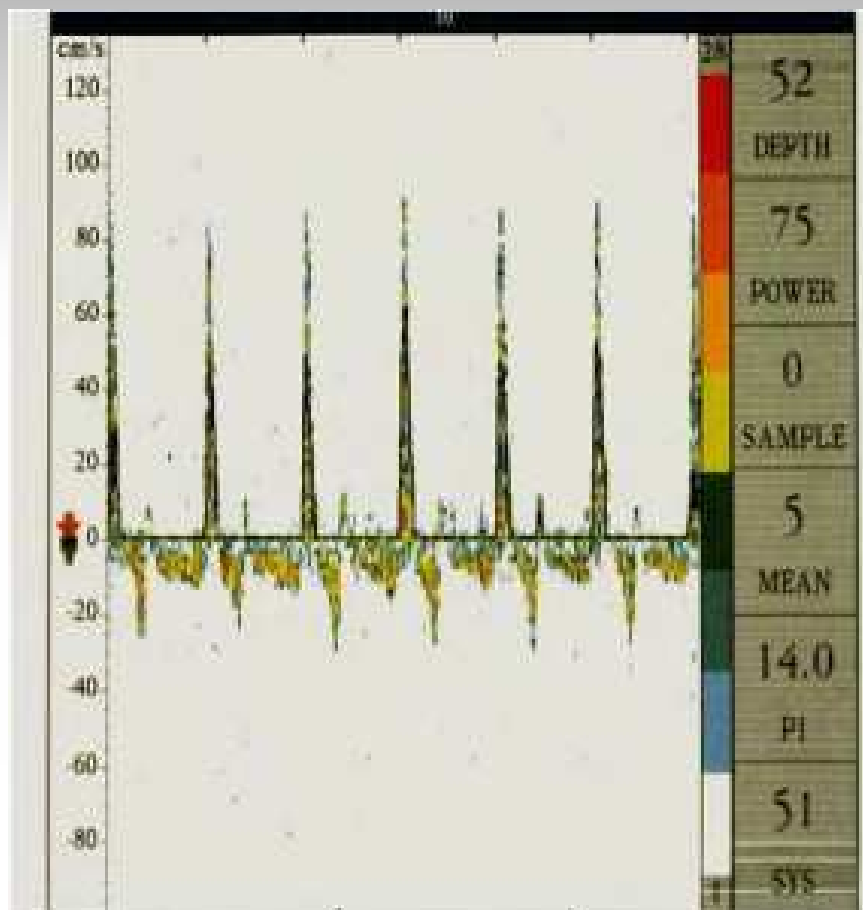
- a) specializovanou způsobilost v oboru radiologie a zobrazovací metody, neurologie nebo neurochirurgie, nebo
- b) zvláštní odbornou způsobilost v oboru dětská neurologie

a prokazatelnou nejméně tříletou praxi v soustavném provádění a interpretaci výsledků dopplerovských vyšetření.

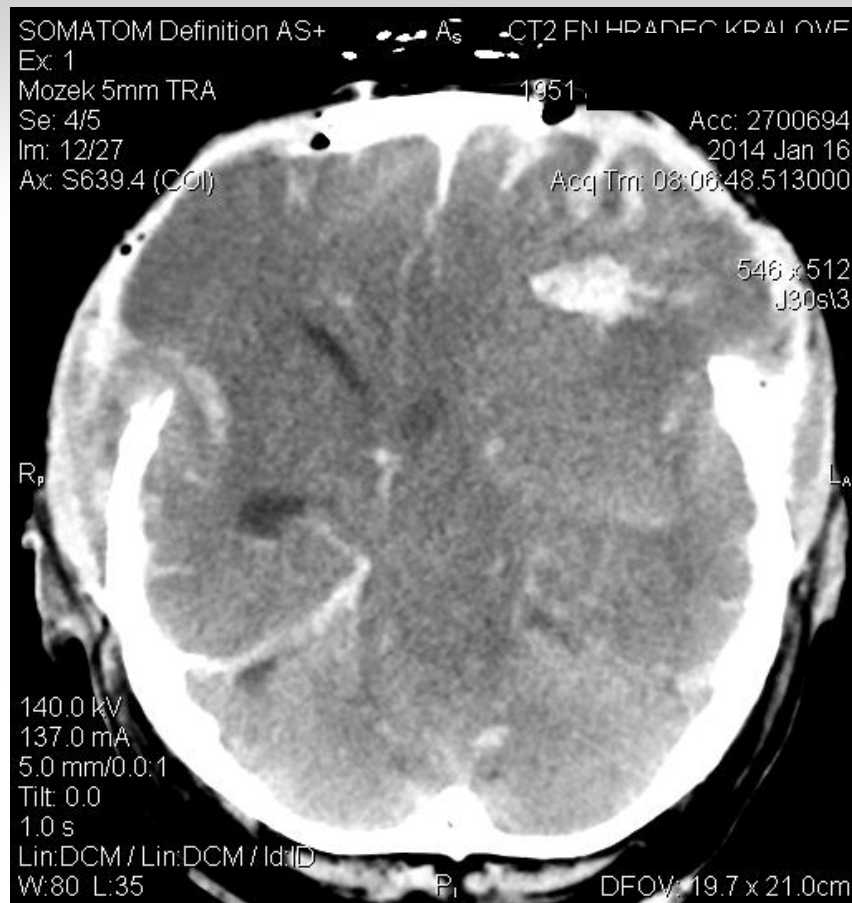
TCD průkaz smrti mozku

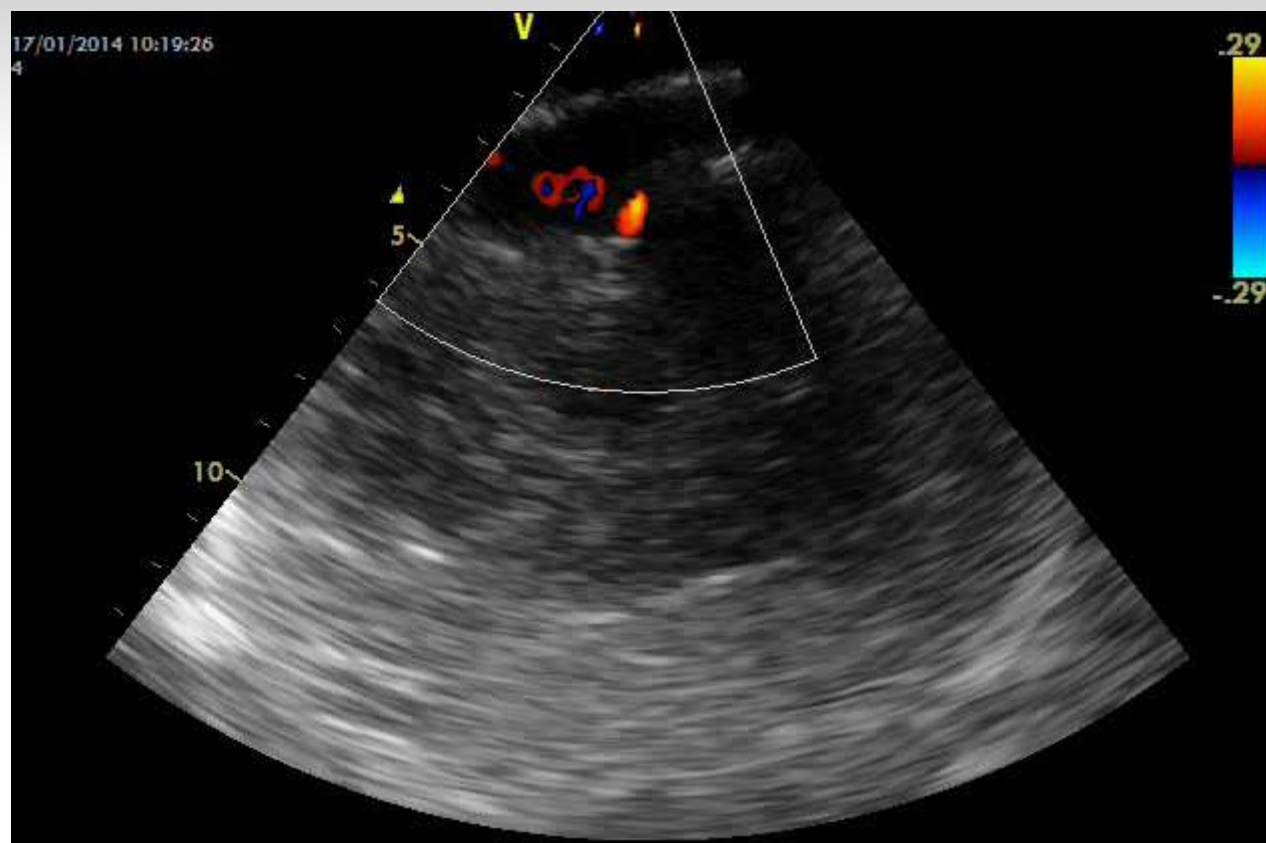
- **Registrace typického průtokového vzorce ve více tepnách a z více akustických oken**
- **1 vyšetření prokazující tento obraz po dobu 30 minut nebo opakované vyšetření s odstupem minimálně 30 minut**
- **Současně reverberační průtokový vzorec (zástava perfúze) i v extrakraniálních tepnách (ACC, ACI, AV)**
 - MAP > 60 mmHg
- **Nepřítomnost intrakraniálního průtokového signálu může být známkou mozkové smrti**
 - CAVE - neprůchodné kostní okno!!!

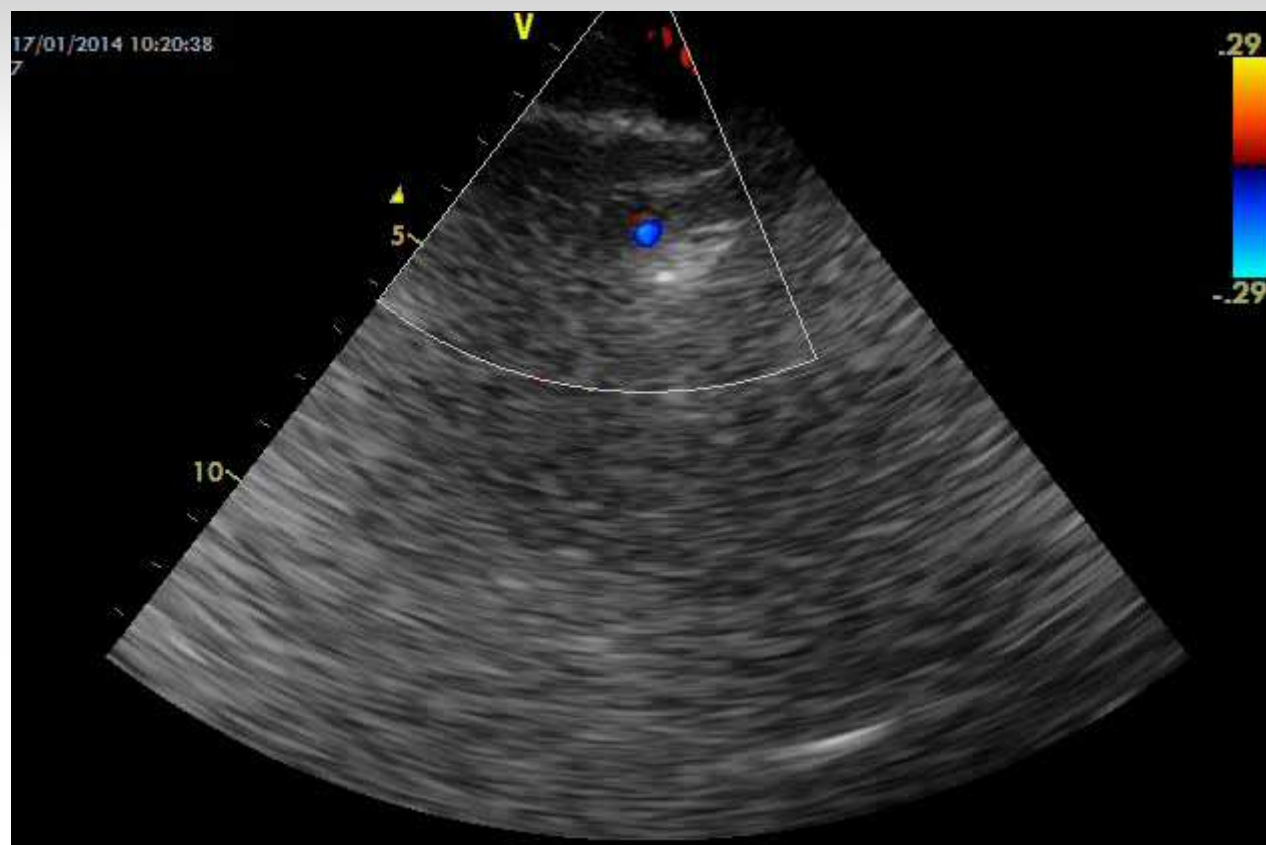
TCD

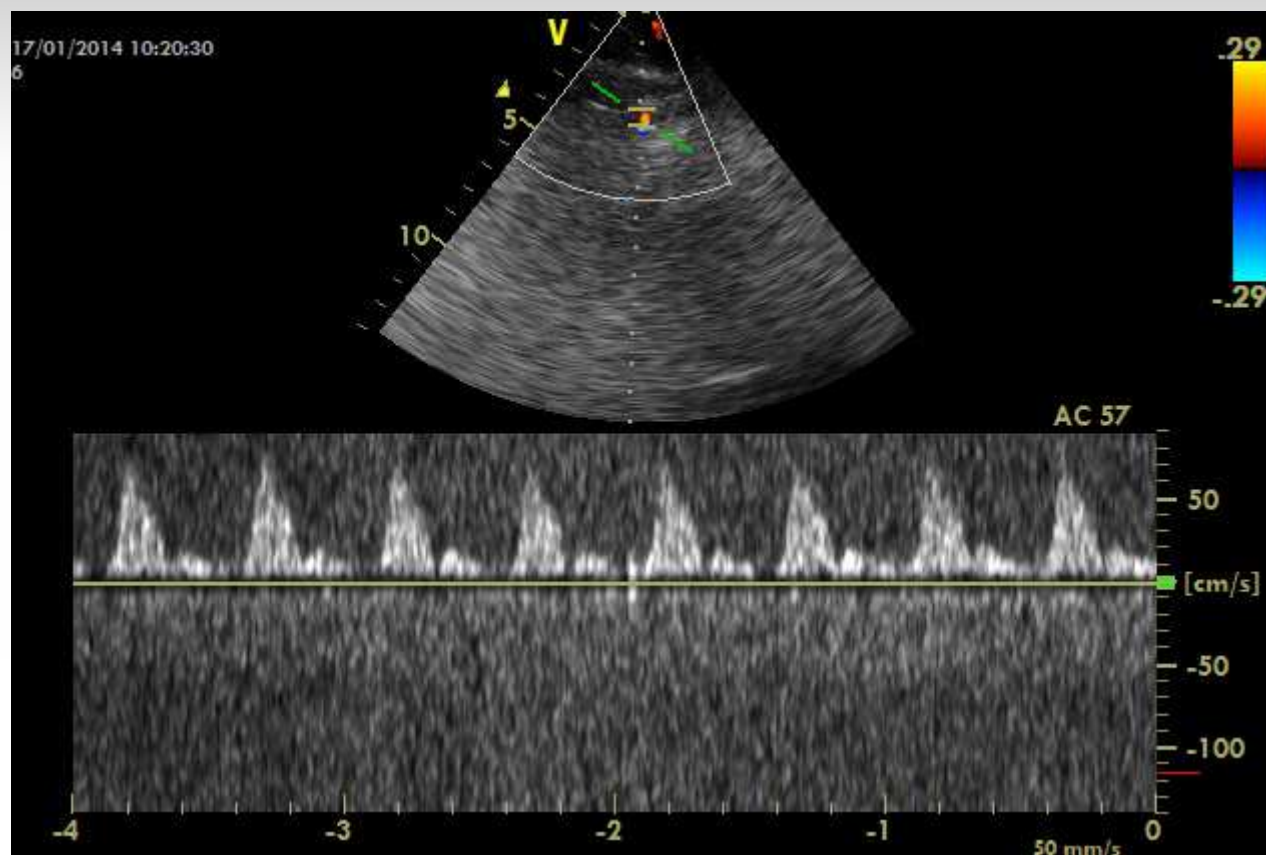


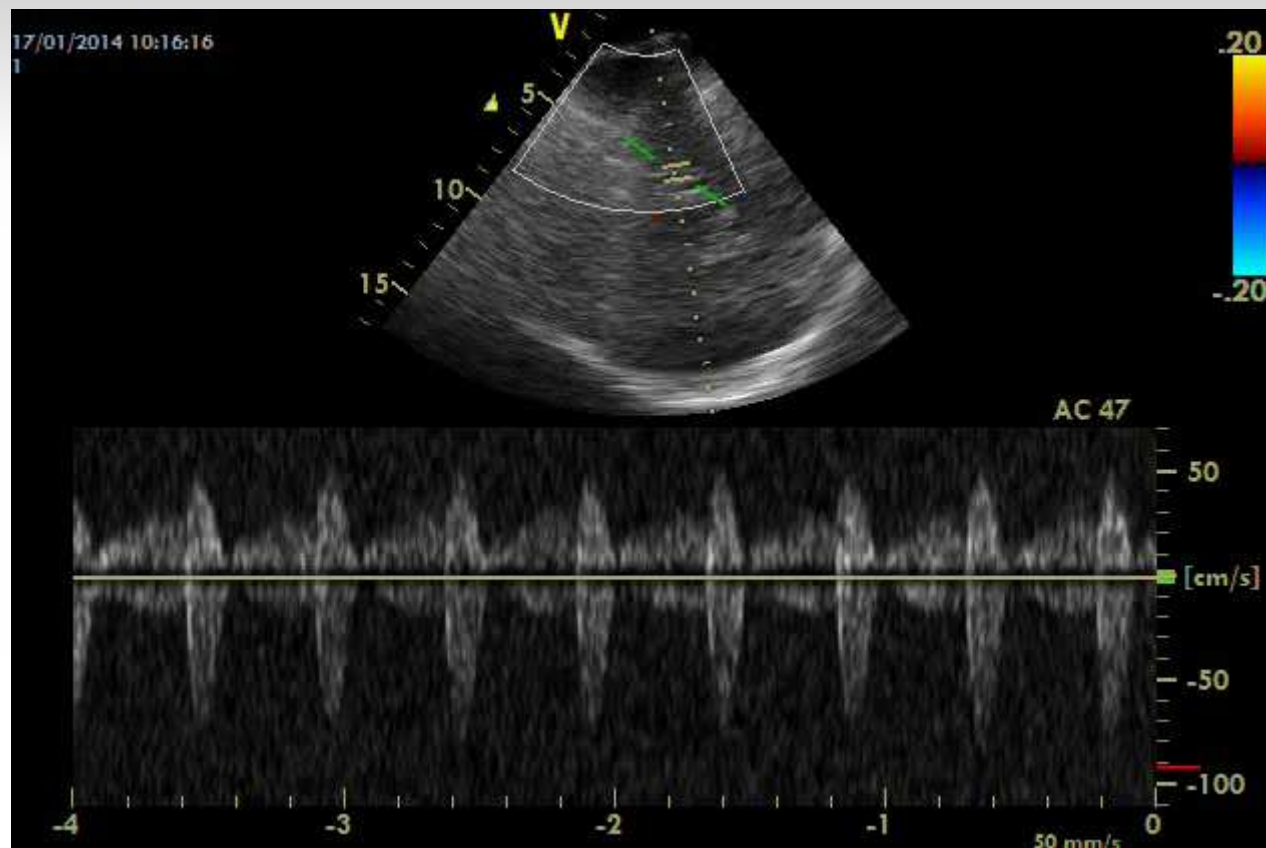
Smrt mozku
"to-and-fro" pattern,
oscillatory flow reverberation

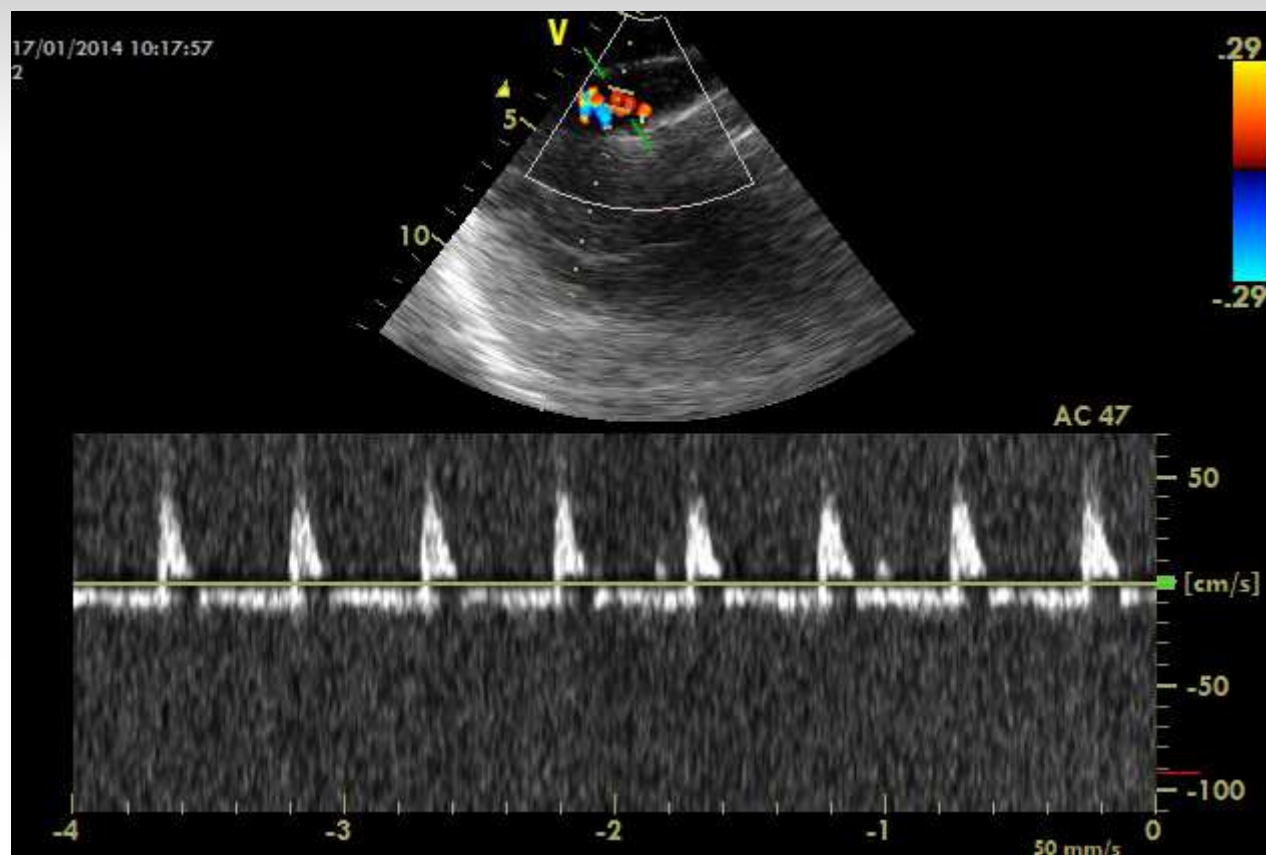


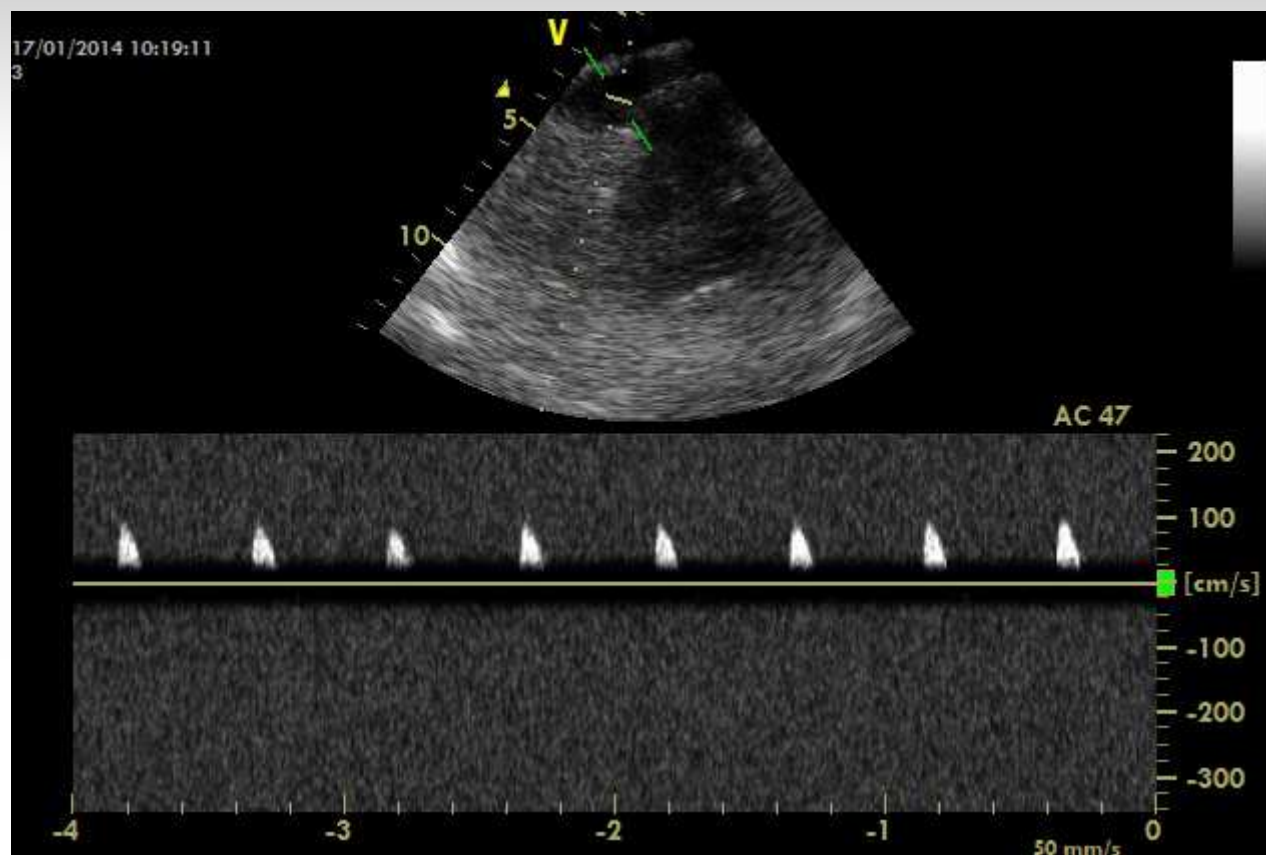












Děkuji za pozornost

