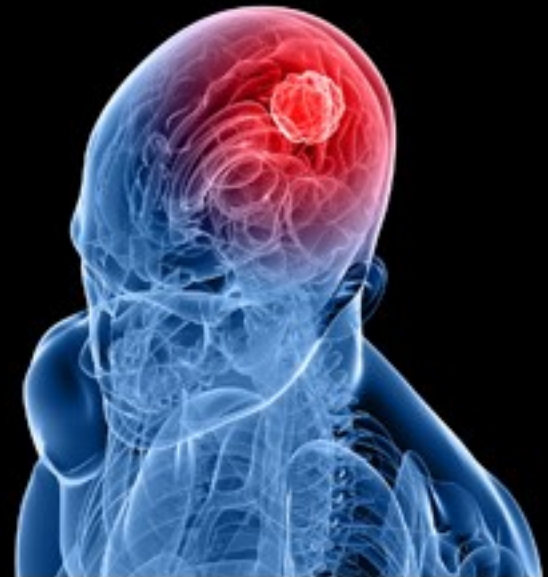
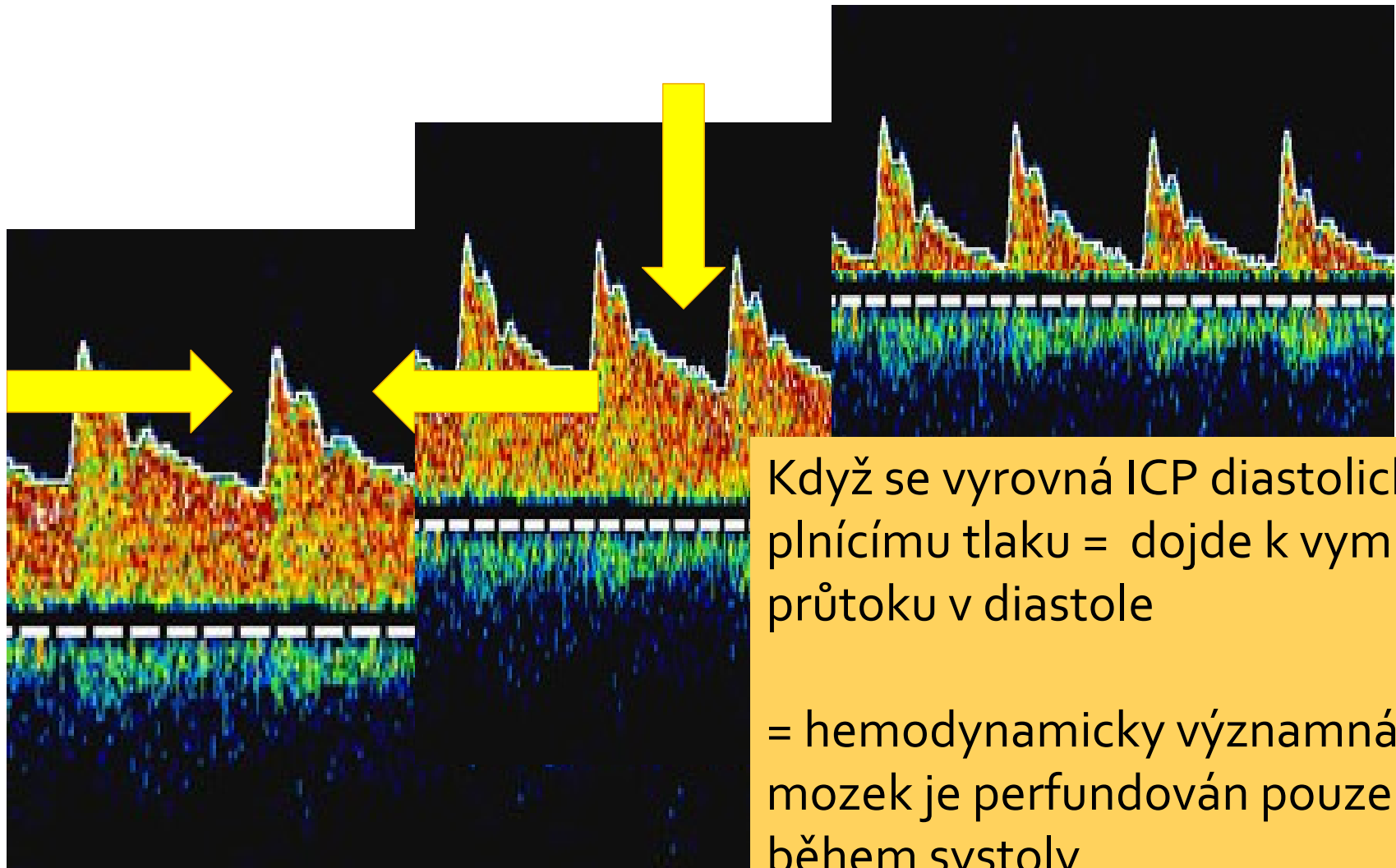


TCD stanovení zástavy mozkové cirkulace (smrti mozku)



Aleš Tomek
Neurologická klinika UK 2. LF a FN Motol, Praha

Vývoj TCD křivky při narůstání ICP



Když se vyrovná ICP diastolickému plnicímu tlaku = dojde k vymizení průtoku v diastole

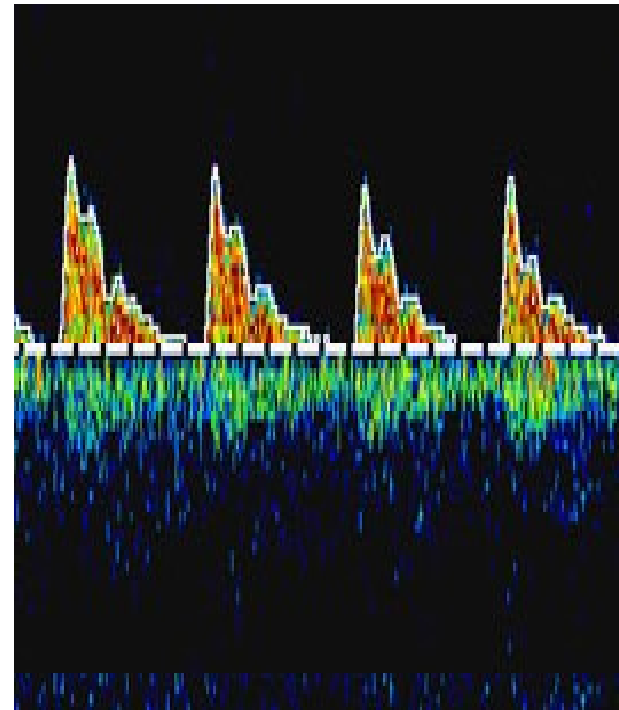
= hemodynamicky významná ICH, mozek je perfundován pouze během systoly

1) Iniciální fáze – projevy nitrolební hypertenze

- ICP > 15 mm Hg (nitrolební hypertenze)
- ICP 15-30 mm Hg (mírná nitrolební hypertenze)
 - postupné zvyšování rezistence toku
 - zvyšování indexů PI a RI, nespecifické jen pro nitrolební hypertenzi.
- ICP > 30 mm Hg
 - výrazné zvyšování hodnoty PI a RI
 - hodnota PI je lépe korelující marker nitrolební hypertenze než RI

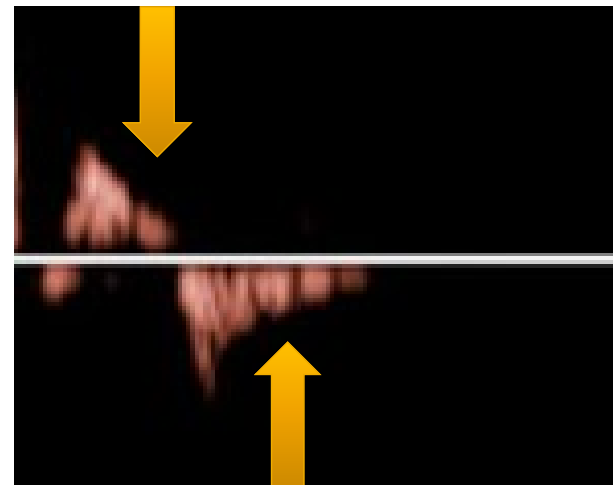
1) Iniciální fáze – projevy nitrolební hypertenze

- $PI > 3,0$
 - $CBF < 20\%$
- $PI > 4,0$
 - $CBF < 10\%$



2. Reverberační bifázický vzorec

- Vyrovnění CPP a ICP = reverberační bifázický vzorec
 - odpovídá zástavě mozkové cirkulace
- Během jednoho srdečního cyklu, tak dochází k reverberaci (oscilaci) krevního sloupce.
 - Systola
 - anterográdní tok
 - Diastola
 - retrográdní tok

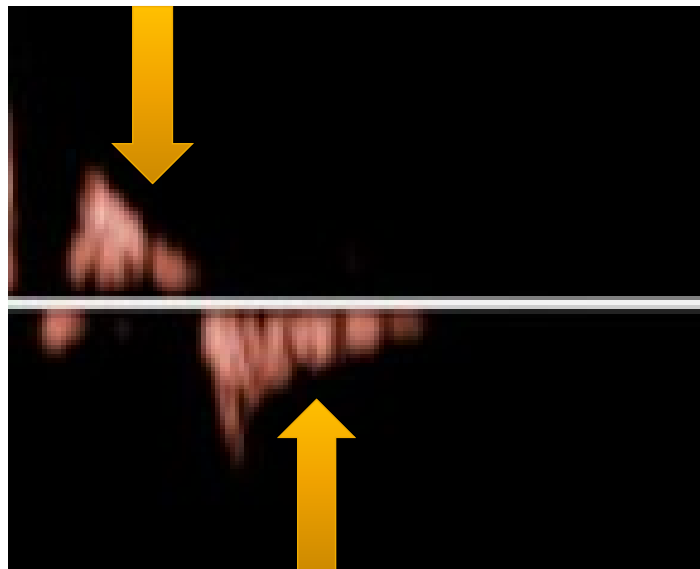


2. Reverberační bifázický vzorec

- Plocha pod průtokovou křivkou

Anterográdní = retrográdní

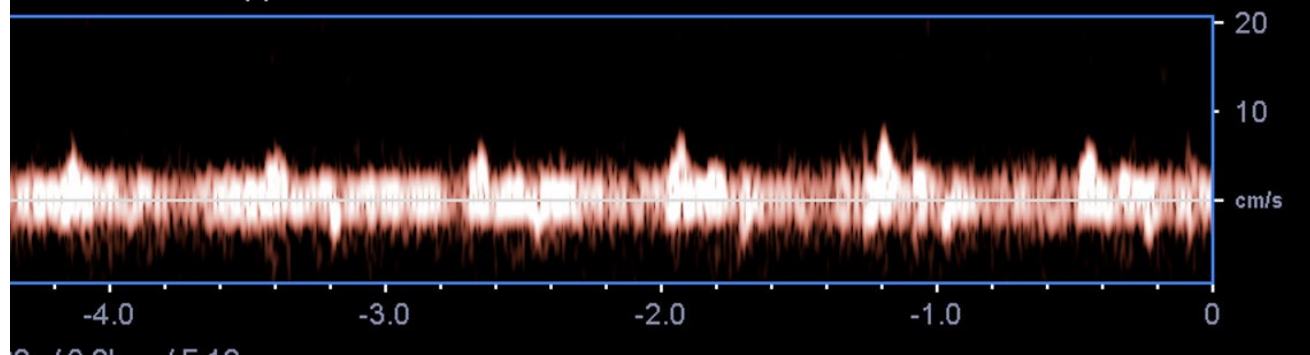
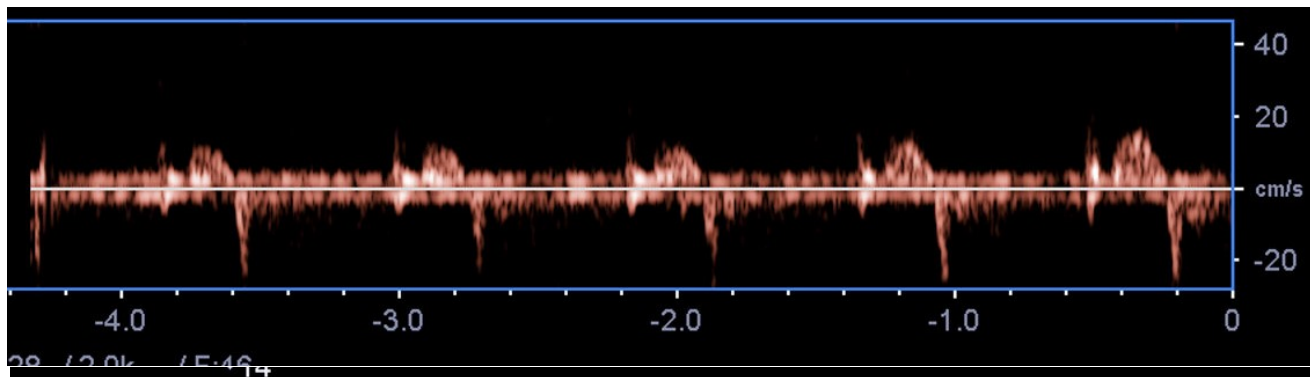
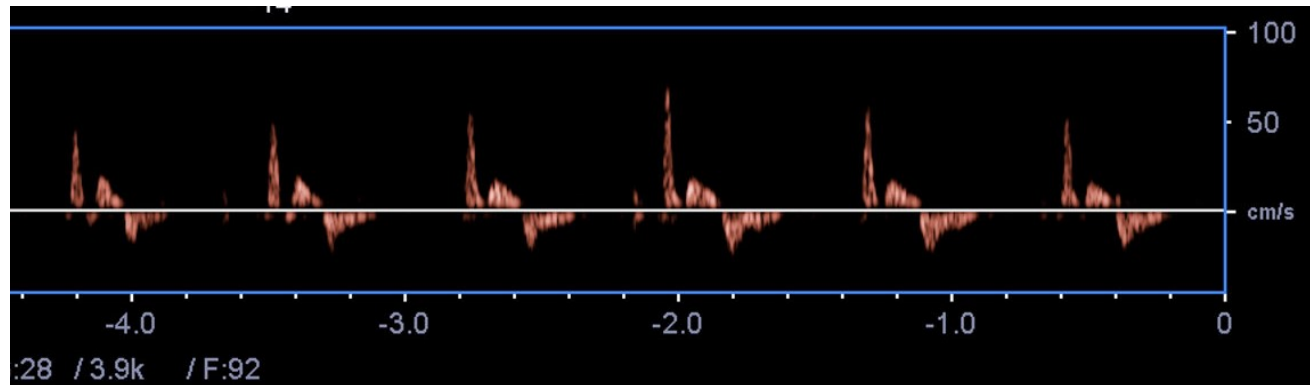
=> skutečný výsledný průtok (net flow) je nulový



2. Reverberační bifázický vzorec

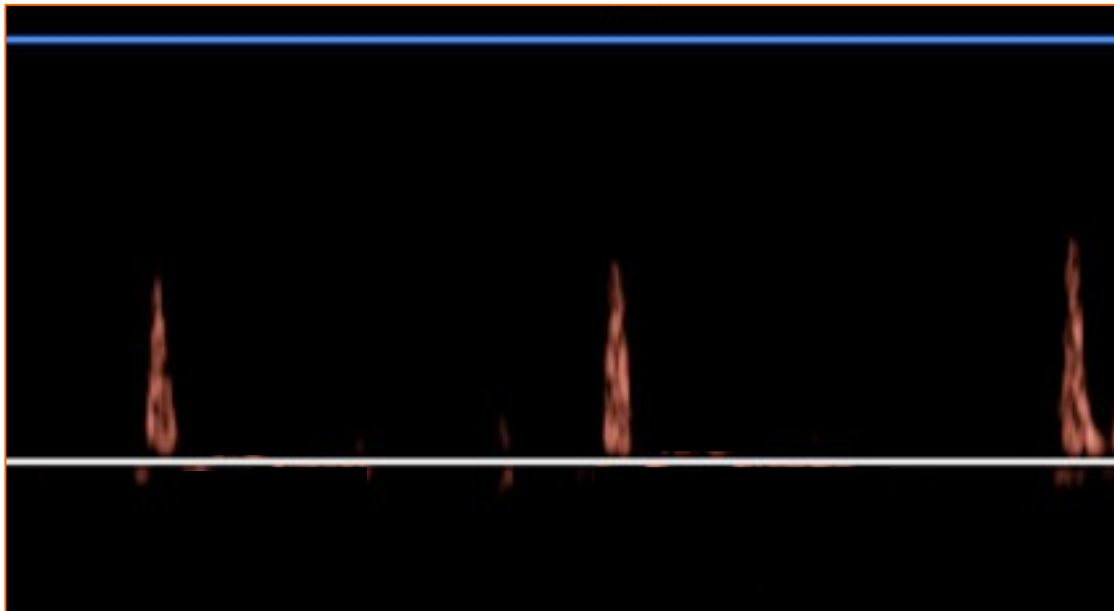
- Pro klinickou praxi dvě kritéria:
 - Anterográdní fáze PSV nižší než 50 cm/s a zároveň nepřesahuje 4x rychlosti retrográdního toku
 - Výsledná rychlost toku při odečtení hodnot retrográdní rychlosti v diastole od hodnot anterográdní rychlosti v systole < 10 cm/s.

Fáze 2: ukázky – kombinace se spiky = fáze 3,5



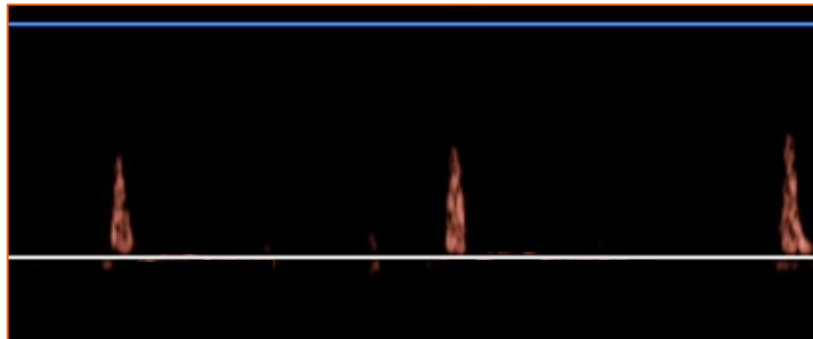
3. Krátké systolické hroty

- Systolické hroty (systolic spikes)
 - pouhé přenesení vibrace toku z extrakraniálního řečiště

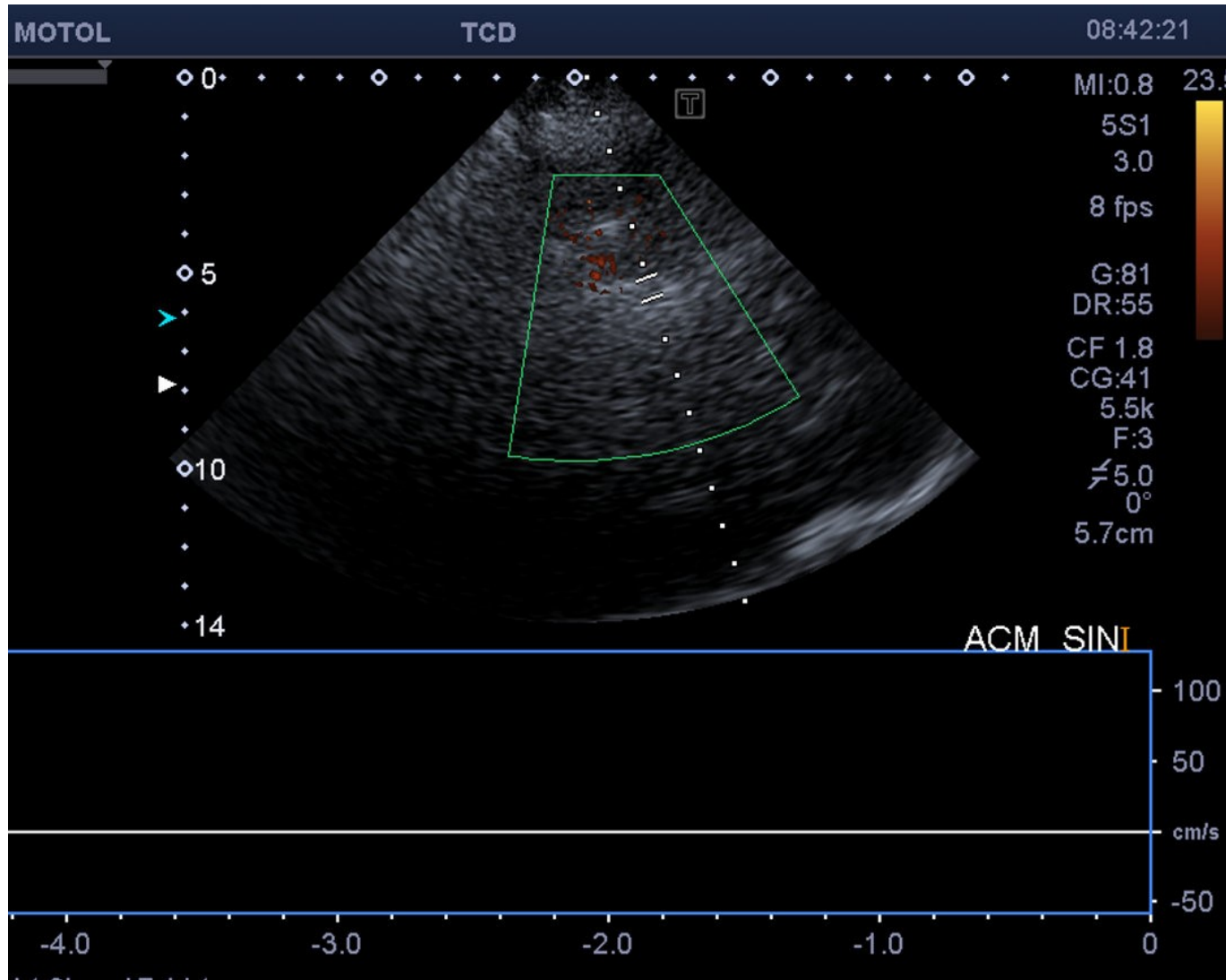


3. Krátké systolické hroty

- Systolické hroty (systolic spikes)
 - maximálně 50 cm/s
 - velmi krátké trvání (< 200 ms)
 - CAVE - pro detekci systolických hrotů je třeba nastavitv TCCS filtry k eliminaci pohybových artefaktů cévní stěny na jejich minimální hodnotu



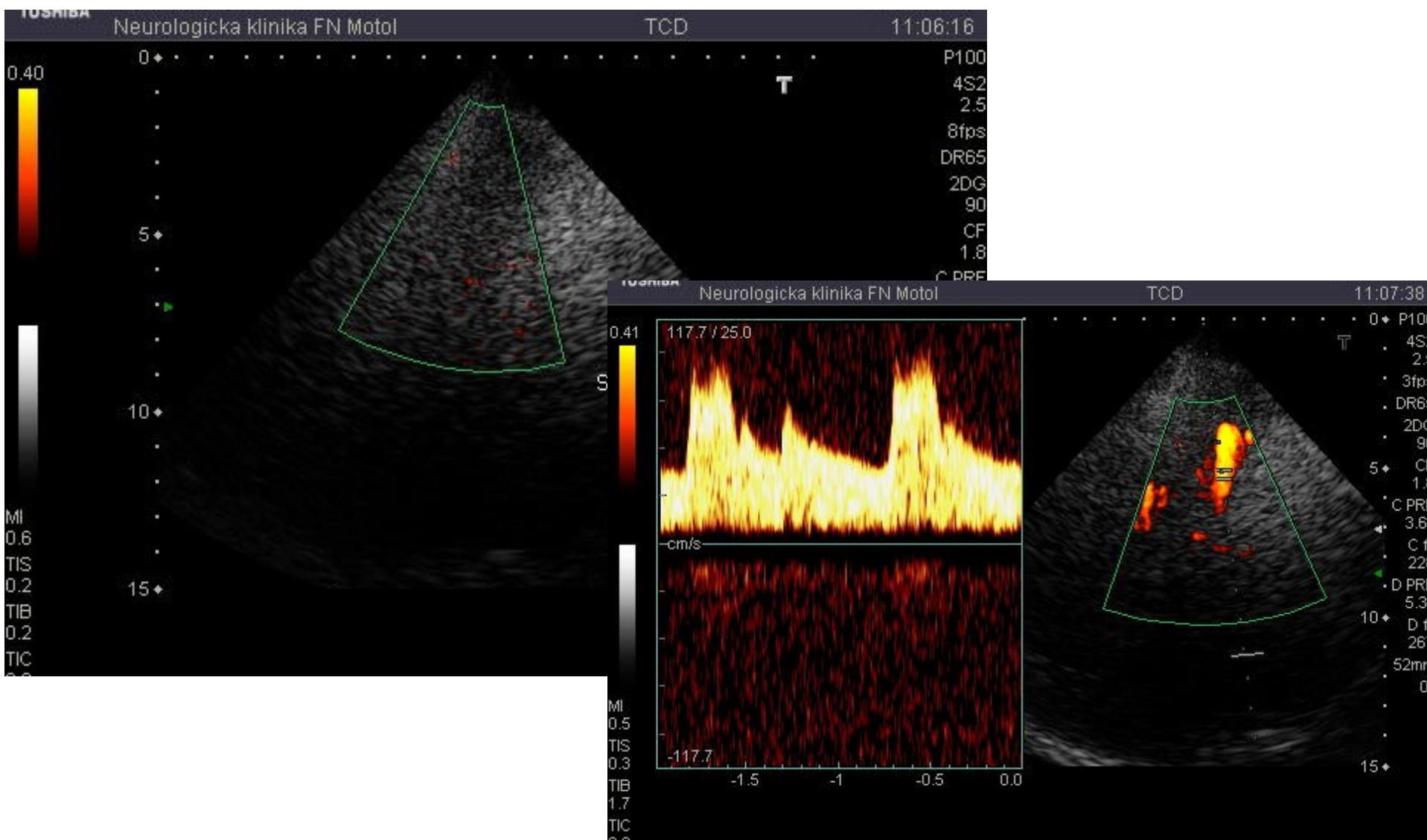
4. Úplné vymizení detekovatelného průtoku



4. Úplné vymizení detekovatelného průtoku

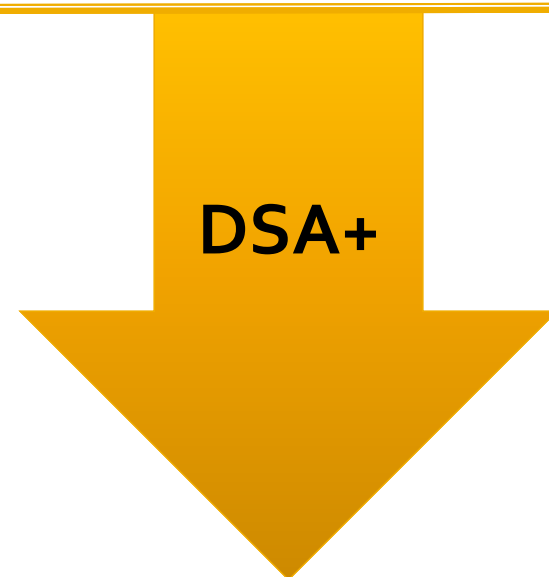
- Finální obrazem zástavy mozkové cirkulace
- špatné kostní okno – 5-10% populace
 - první TCD vyšetření s nulovým nálezem toku nelze uznat
 - pouze, když předcházelo v nedávné době (max. půl roku) jiné TCD nebo TCCS vyšetření, které prokázalo vyšetřitelnost pacienta a detekovalo spolehlivě toky z intrakraniálních tepen

Pulmostabilní KL - SonoVue



Korelace TCD a DSA

1. zvyšování rezistence toku (PI, RI), mizení diastoly
2. Reverberační alternující toky = obrat diastolické fáze křivky
3. systolické hroty
4. ztráta průtokového signálu



Kazuistika

Žena, 51 let

- Bez významné anamnézy, neléčena
- 10.6. v 16:30 sražena na přechodu, let min. 4m, dopad na hlavu
- Polytrauma – KCT – epidurální hematom nad ZJ, kontuzní změny dif., fra. kalvy obličejového skeletu – maxilly, orbity, a.zygomat. s exoftalmem dx. Bulbu
- Ruptura sleziny, nestabilní kolenní kl.









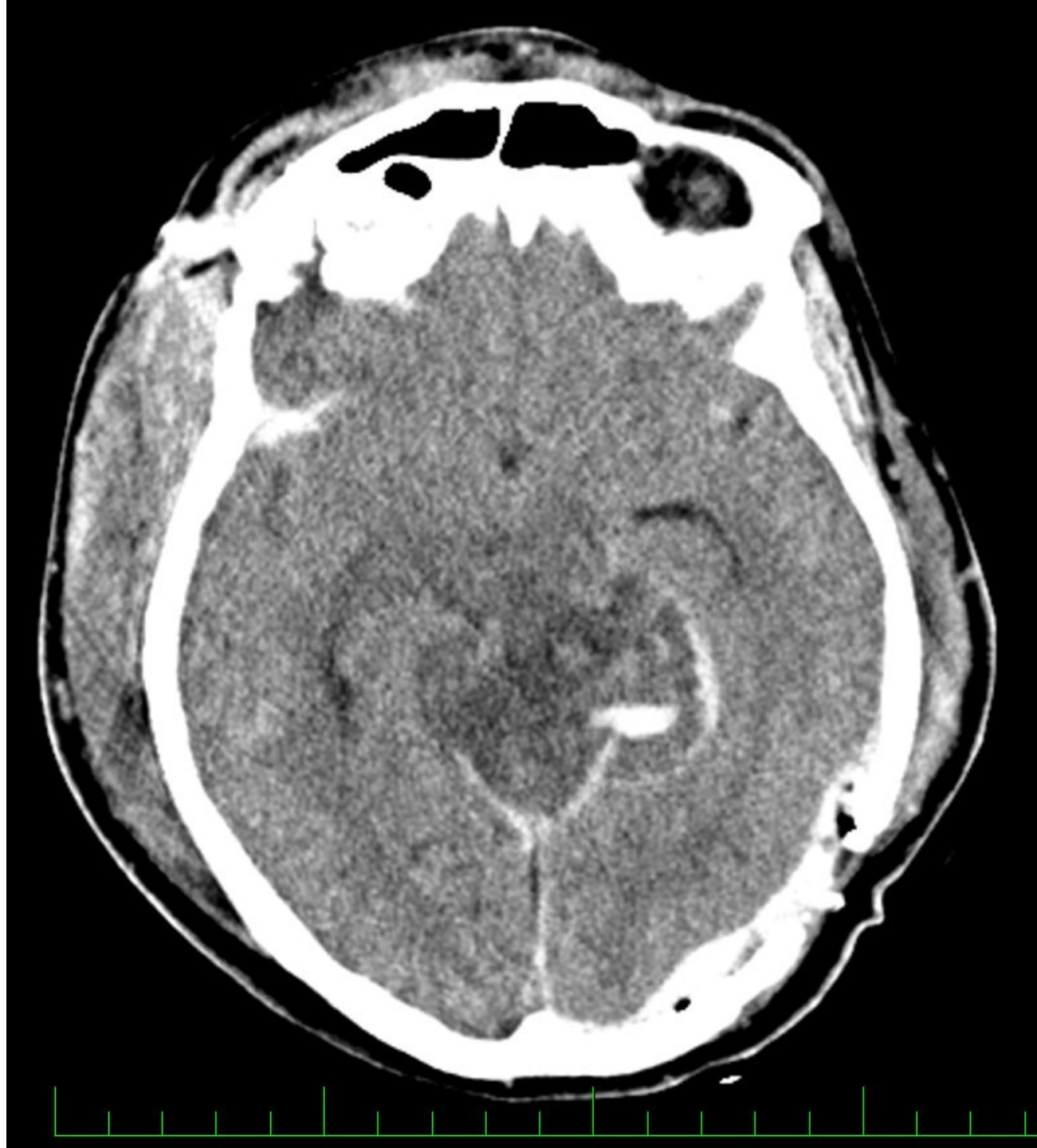
P



1. – 2. den

- Iniciální operace 10. – 11.6., 2:00
 - Splenektomie s masivní volumoterapií a nutnou podporou oběhu
 - Evakuace EDH a zavedení čidla ICP
 - Masivní antied. th. + stabilizace KP
- 11.6., 18:00 nárůst ICP 25-35 Torr - nezvladatelný konz., ko. CT 18:30
 - Rozhodnuto o bezvýchodnosti další operační léčby pro lézi CNS, ICP dále 50-70 dle MAP



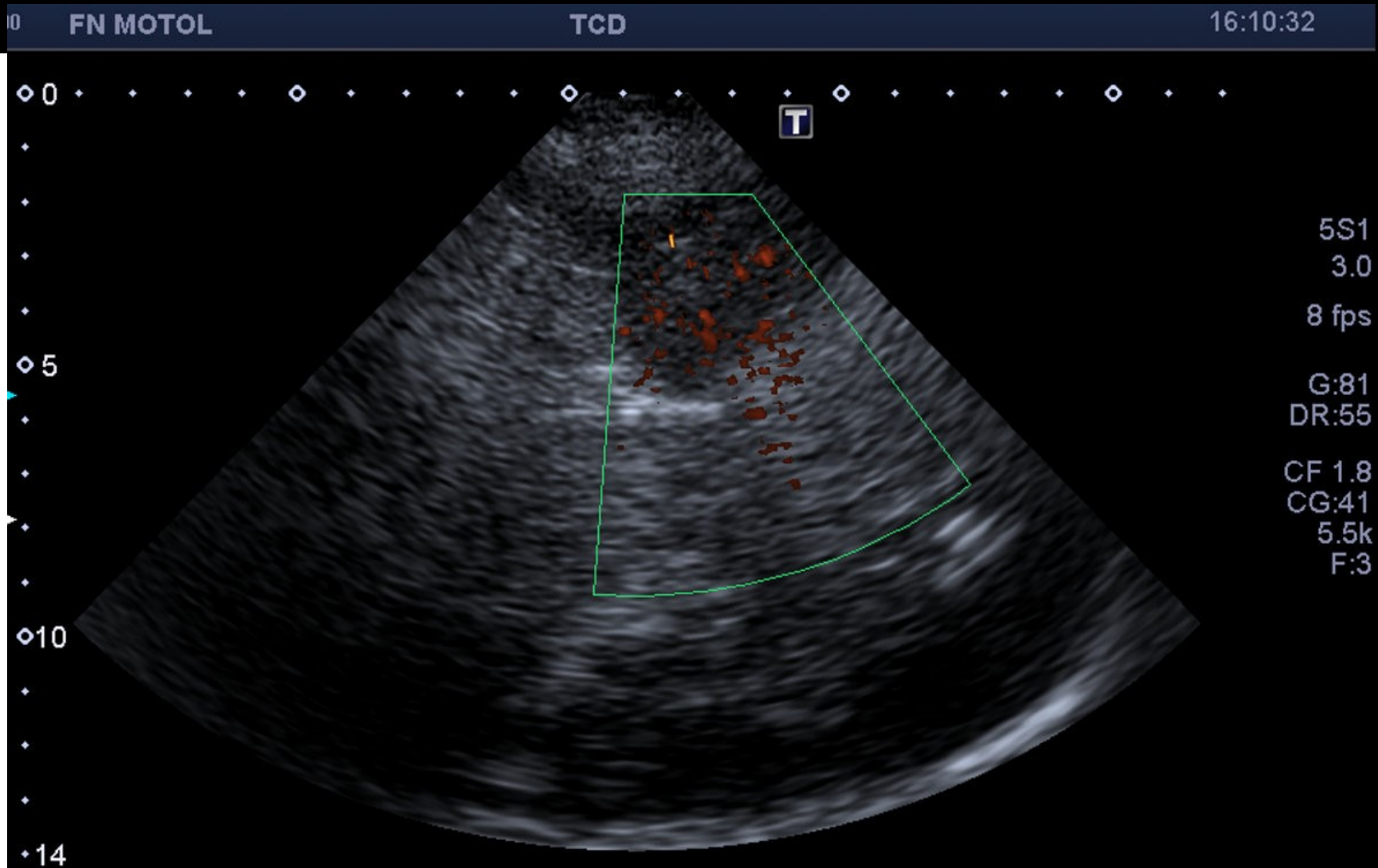




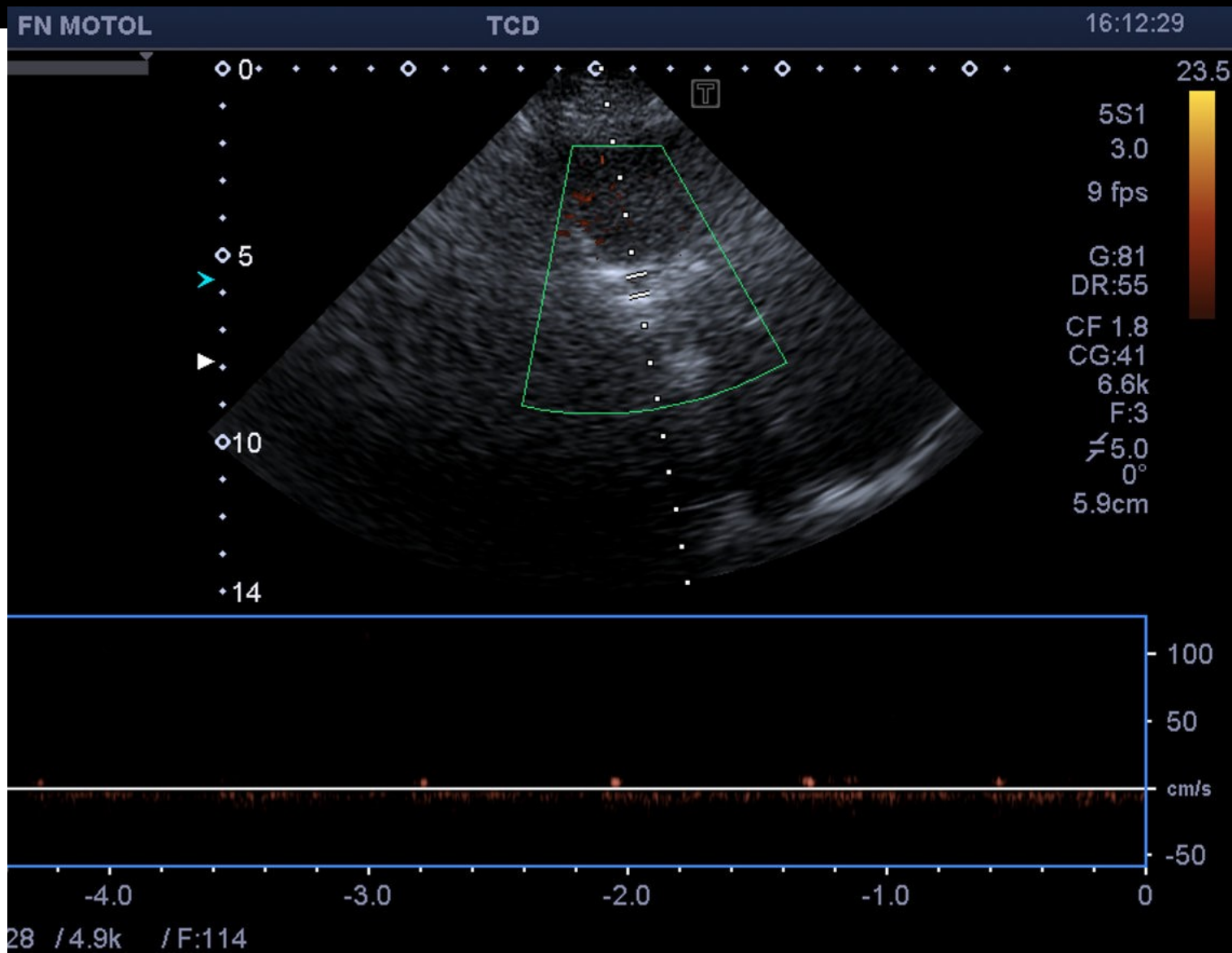
MCA vlevo

(Více poničená a oteklá hemisféra)

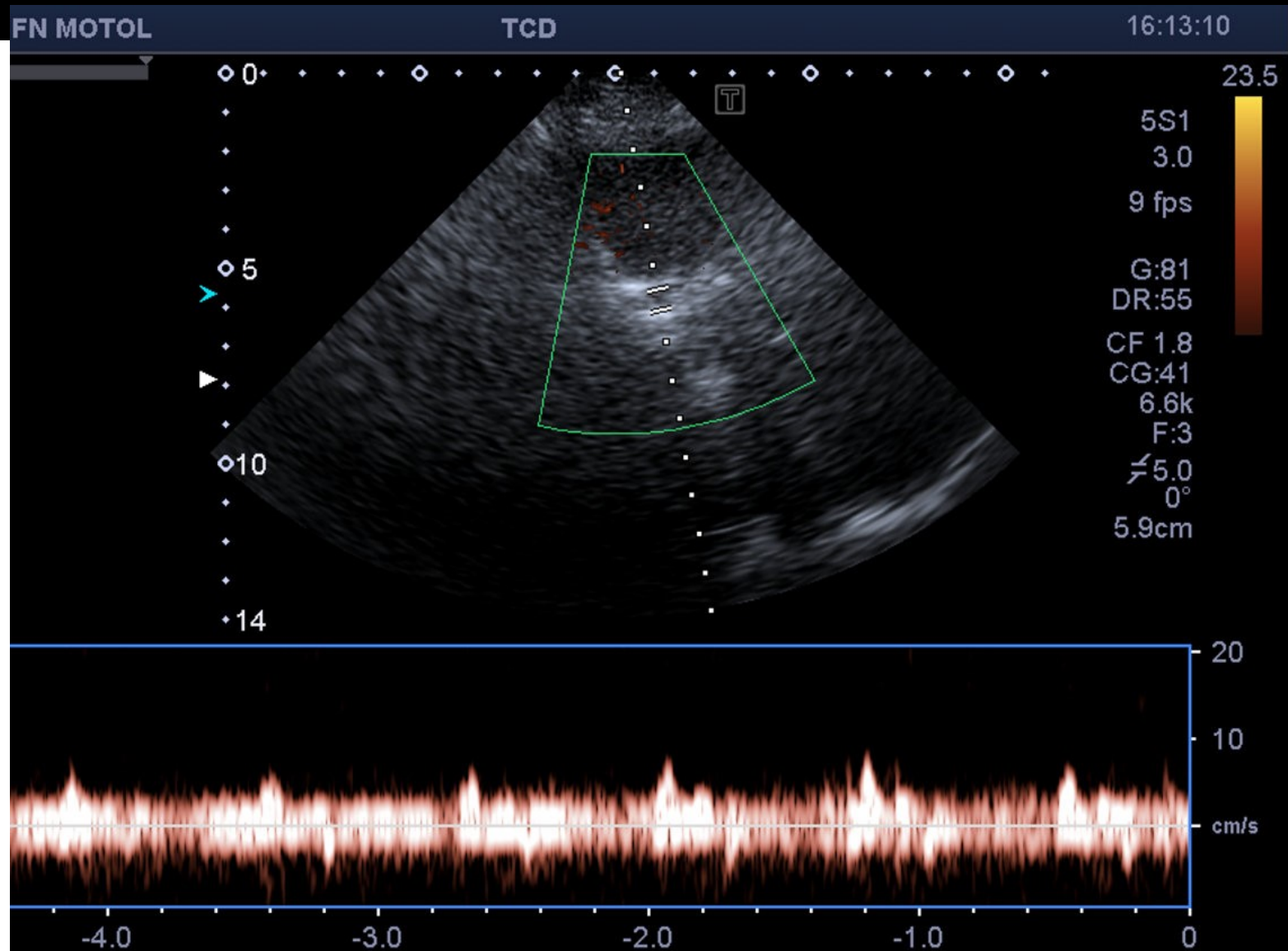
1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h



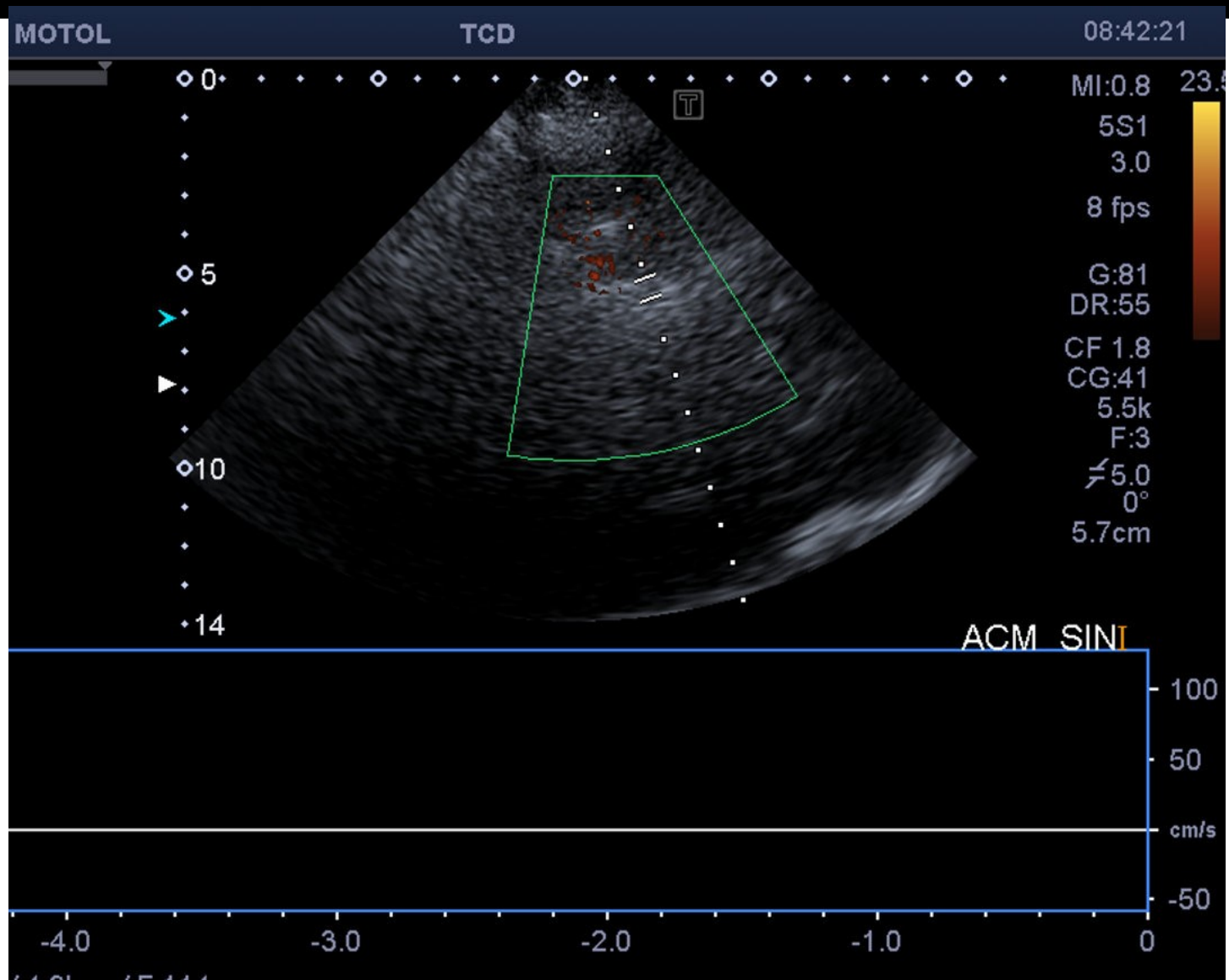
1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h



1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h



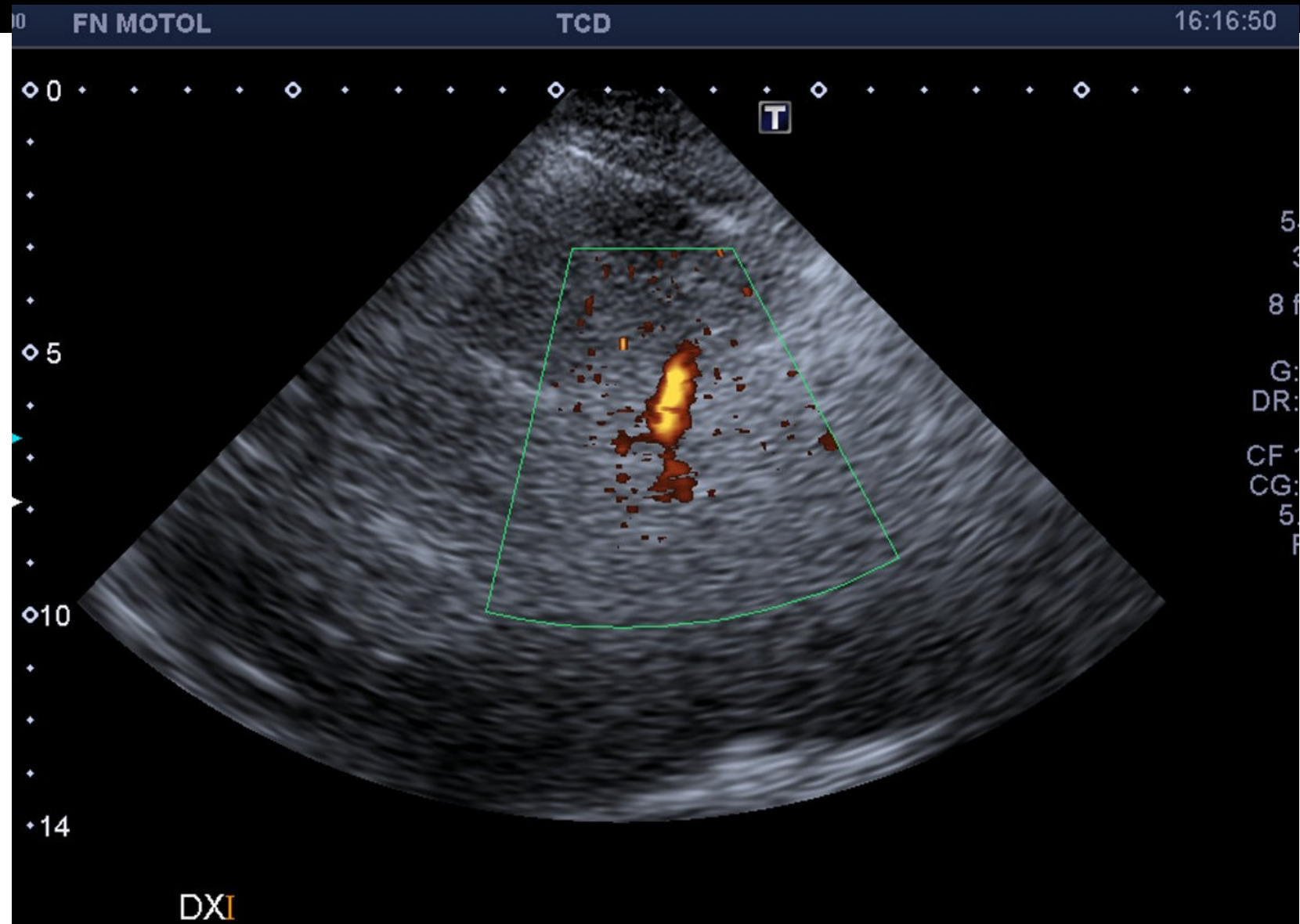
2. TCCS vyšetření – 13.6., 8:30



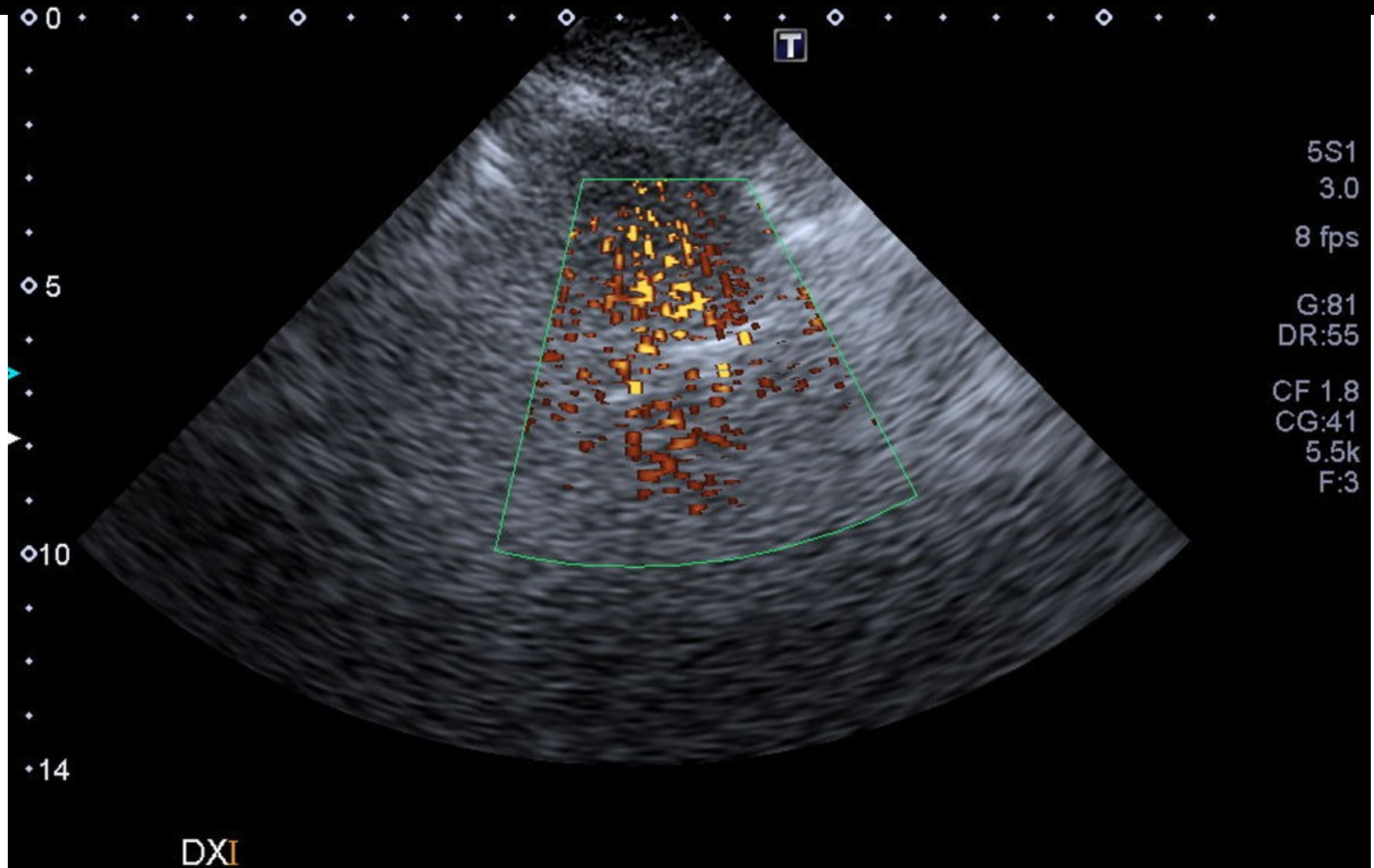
MCA vpravo

(méně poničená a oteklá hemisféra)

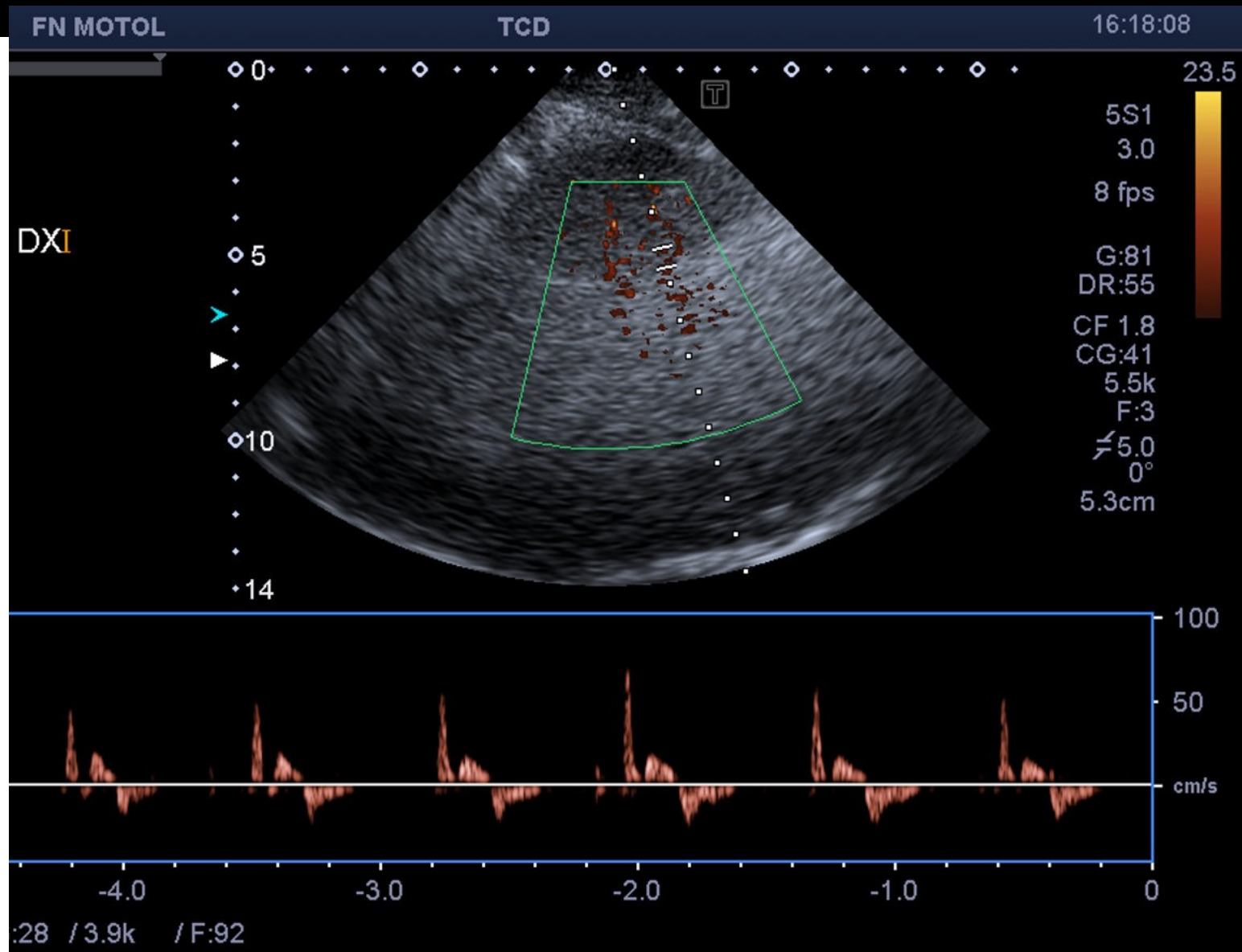
1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h



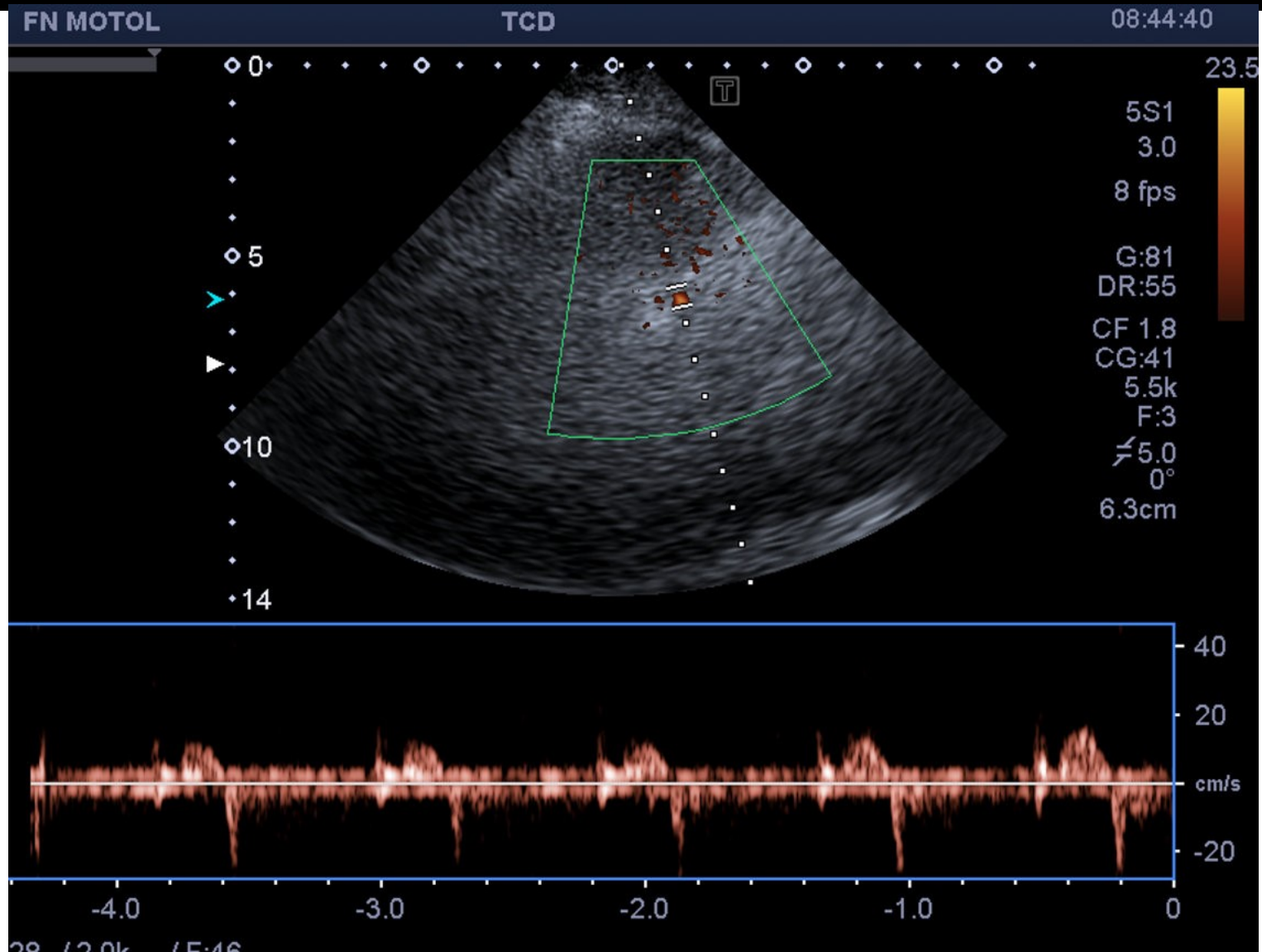
1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h



1. TCCS vyšetření – 12. 6., 16h

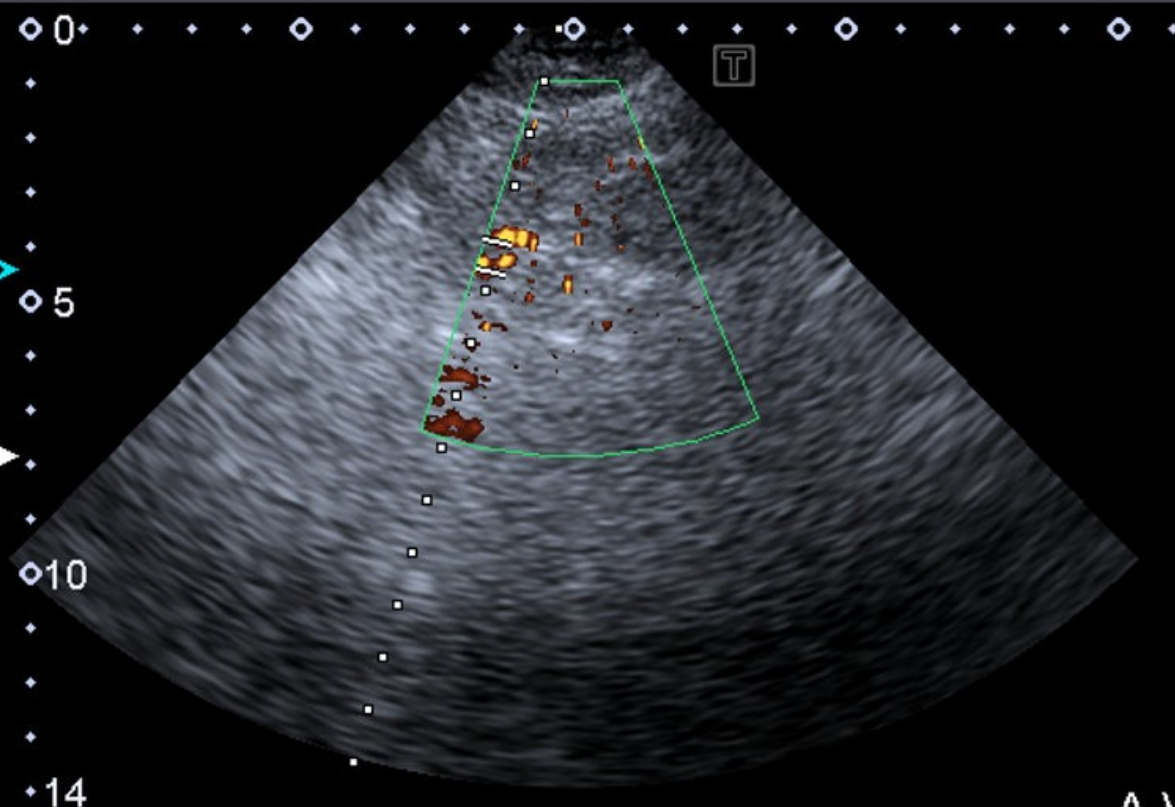


2. TCCS vyšetření – 13.6., 8:30



VB povodí intrakraniálně

20



23.5

5S1

3.0

9 fps

G:82

DR:55

CF 1.8

CG:41

6.6k

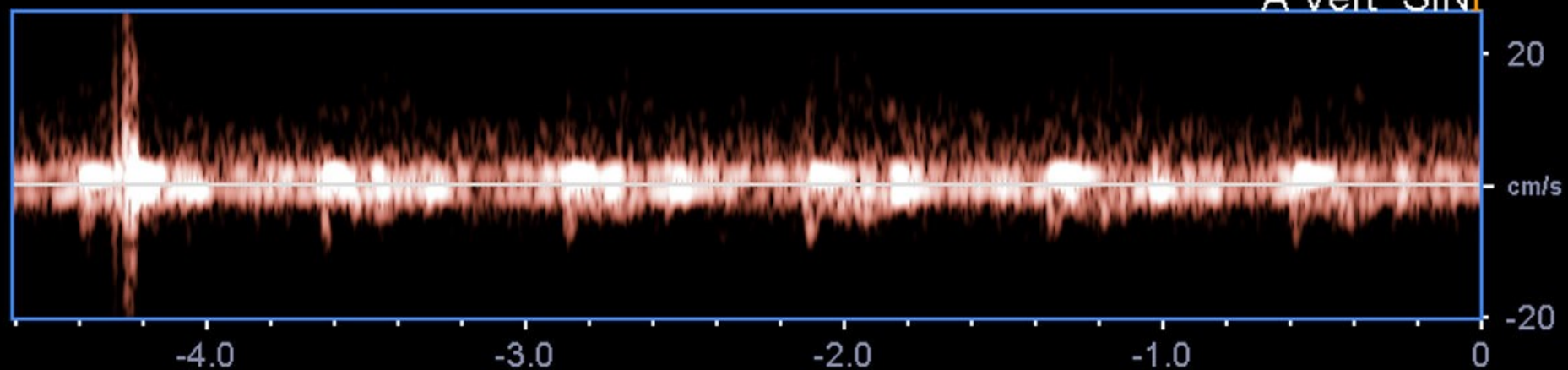
F:3

5.0

0°

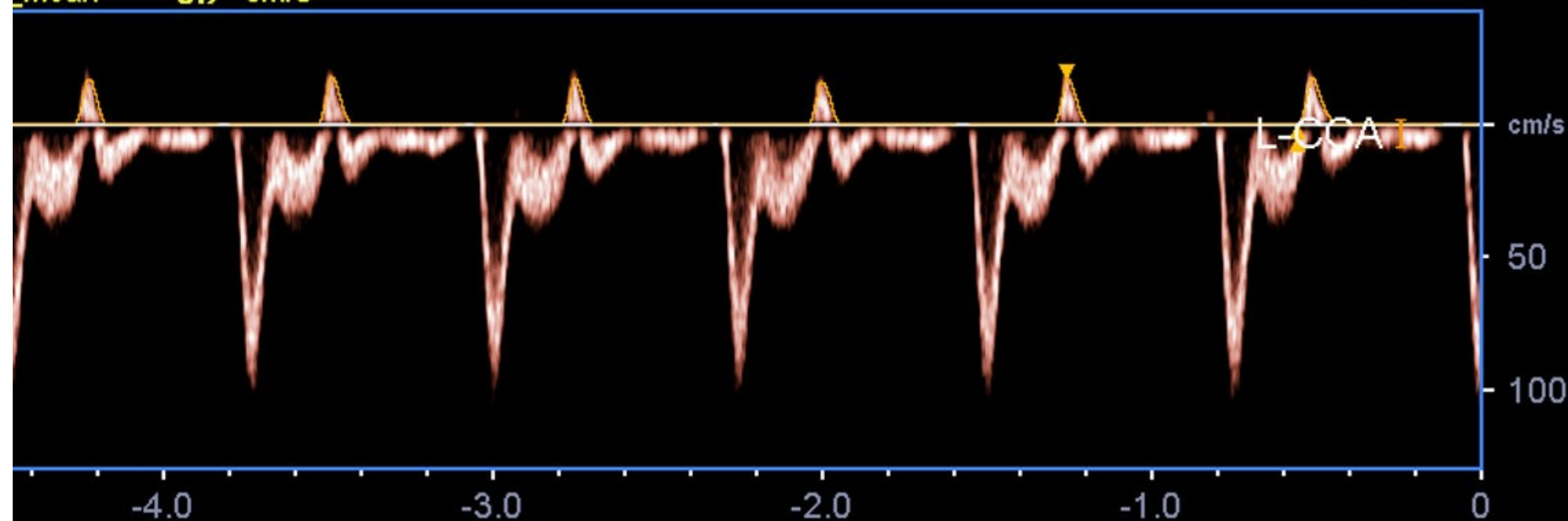
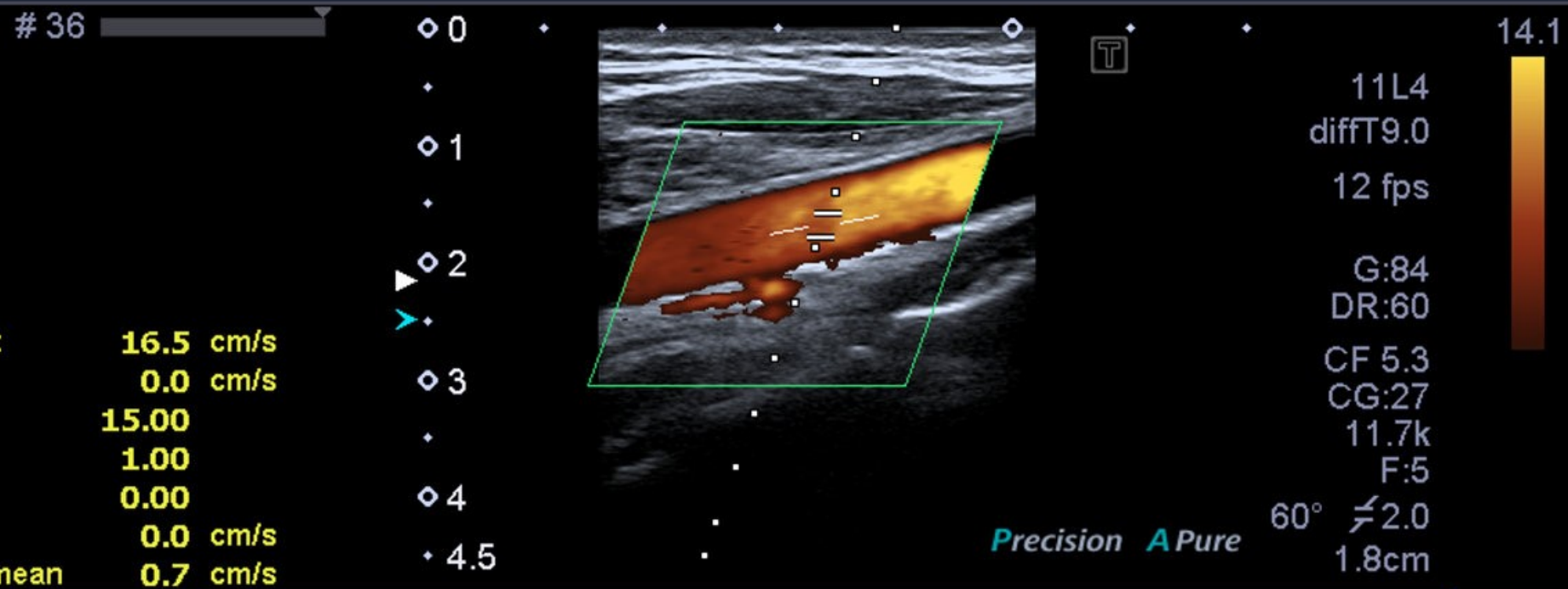
4.4cm

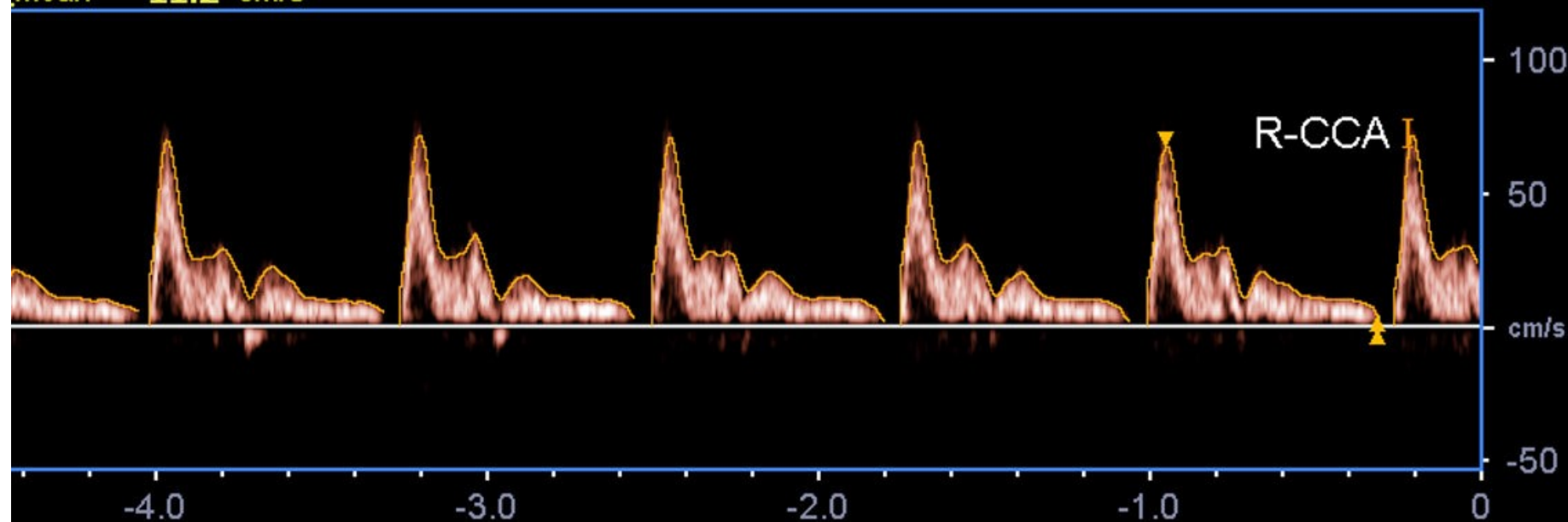
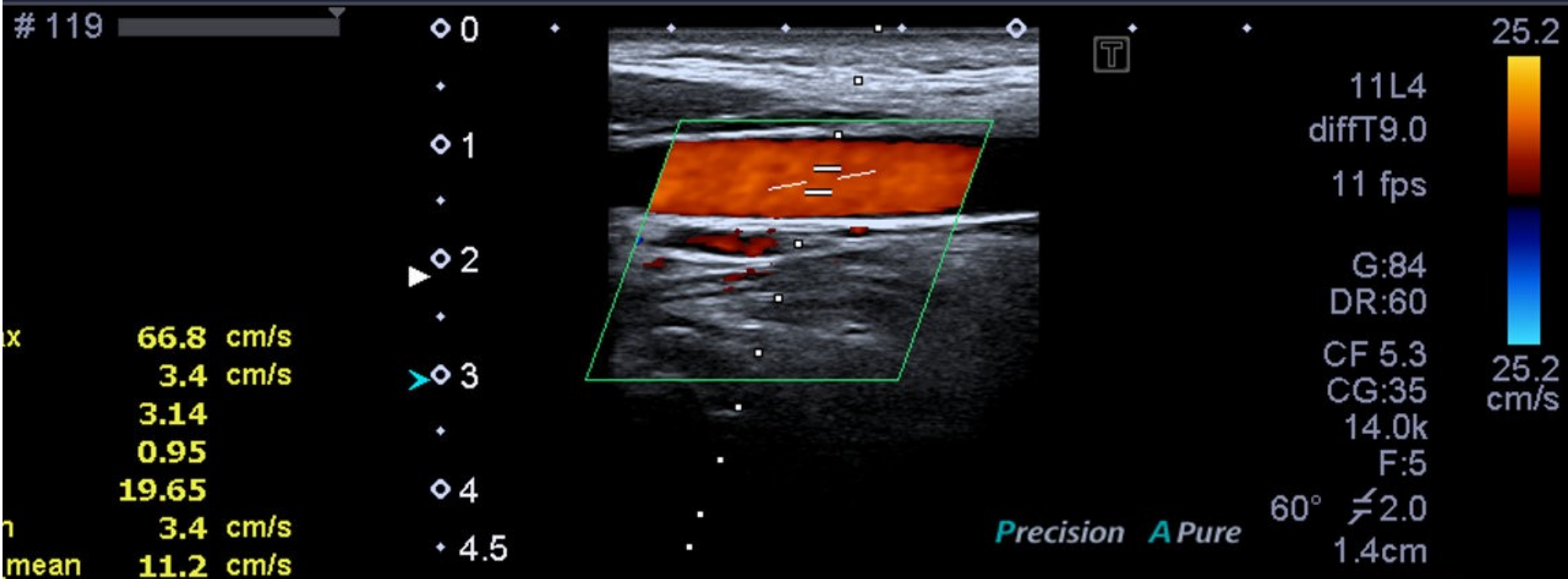
A Vert SINI



DG:28 / 1.2k / F:29

Extrakraniální tepny





64

◇ 0

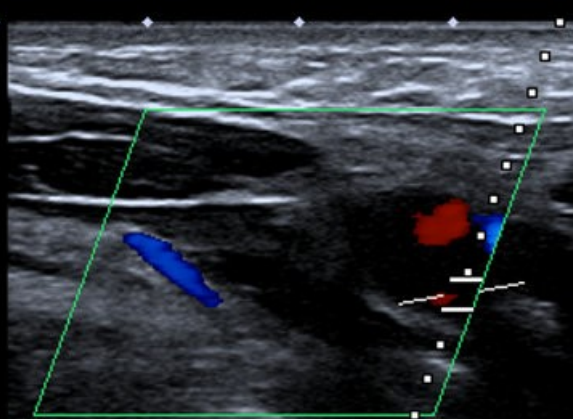
◇ 1

▶ ◇ 2

▶ ◇

◇ 3

◇ 4



25.2

11L4

diffT9.0

12 fps

G:84

DR:60

CF 5.3

CG:35

14.0k

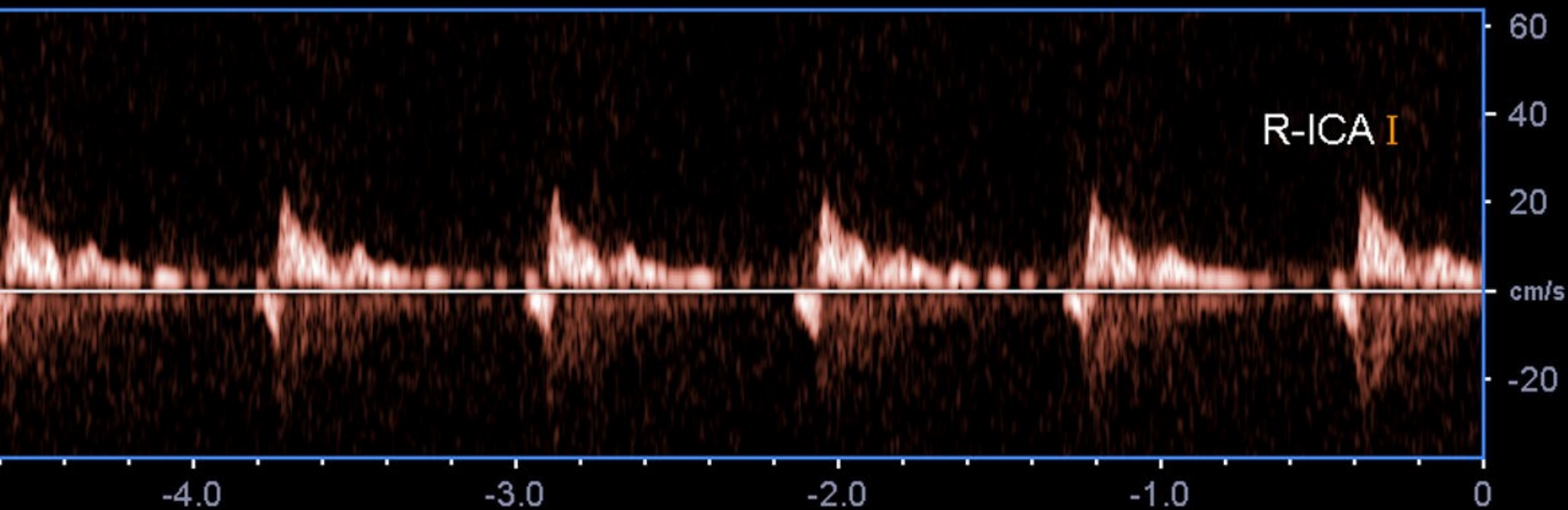
F:5

60° ≠ 2.0

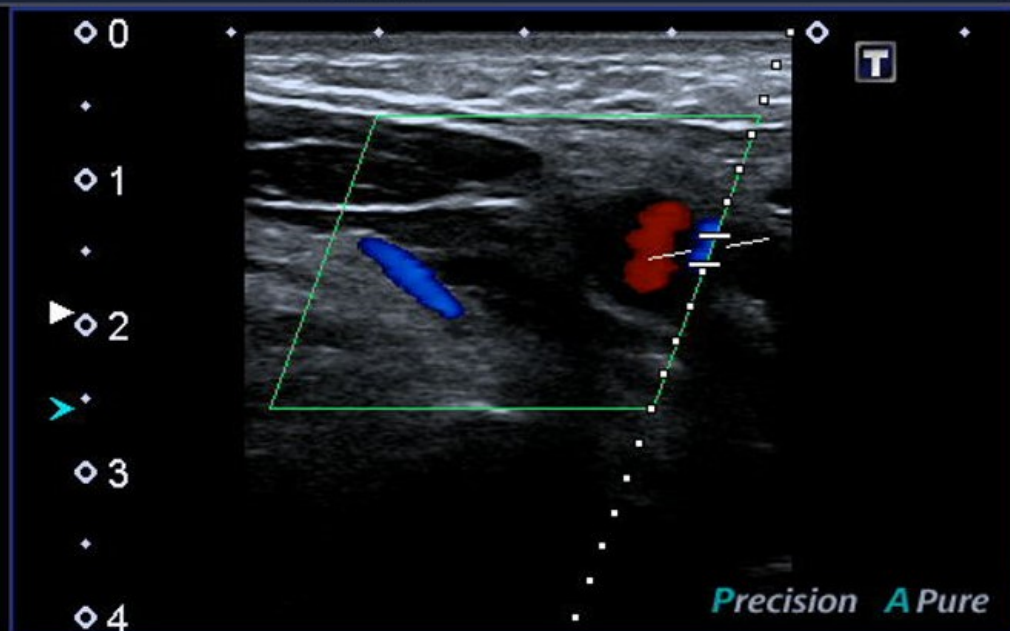
1.9cm

25.2
cm/s

Precision A Pure



DG:35 / 3.6k / F:83



MI:1.5 25.2
11L4
diffT9.0
12 fps
G:84
DR:60
CF 5.3
CG:35
14.0k
F:5
25.2
cm/s

60° 2.0
1.6cm

60

40

20

cm/s

-20

-4.0

-3.0

-2.0

-1.0

0

G:35 / 3.6k / F:83

48

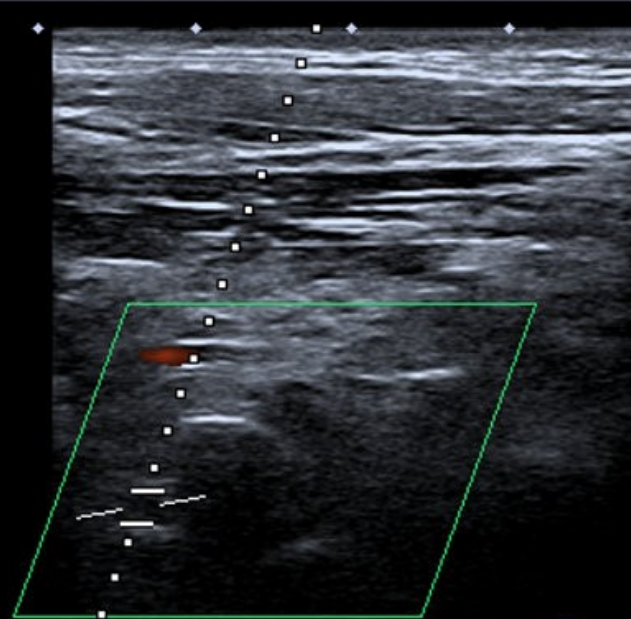
0

1

2

3

4



11L4

diffT9.0

12 fps

G:84

DR:60

CF 5.3

CG:27

11.7k

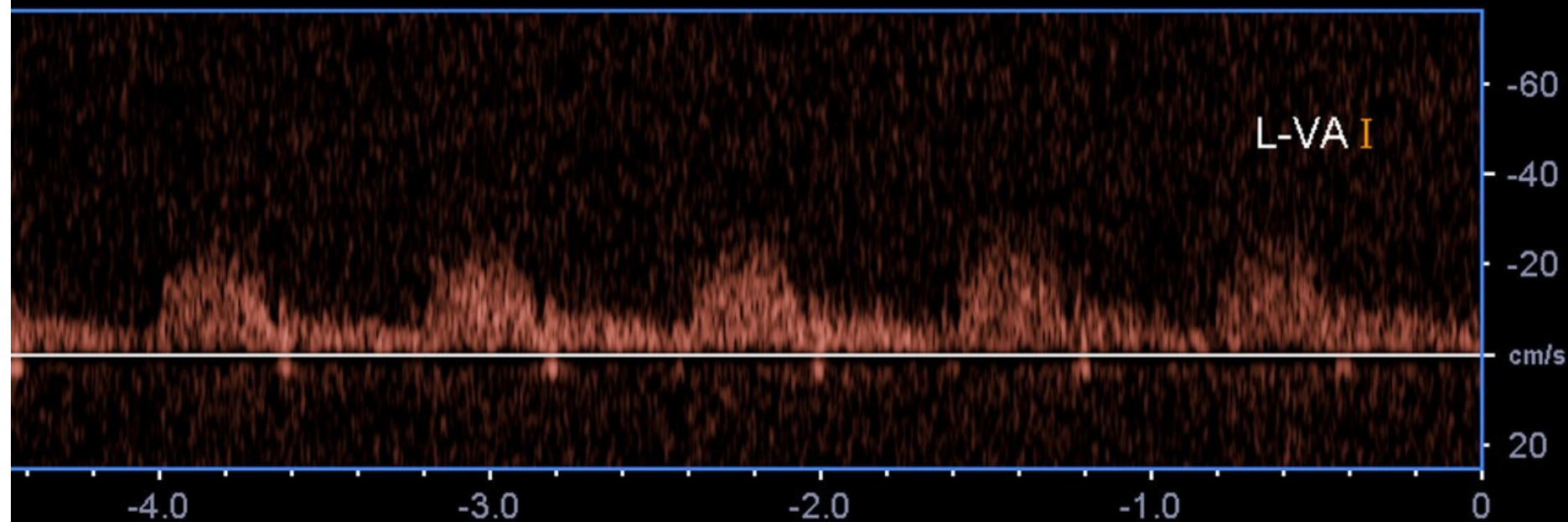
F:5

60° 2.0

3.3cm

Precision A Pure

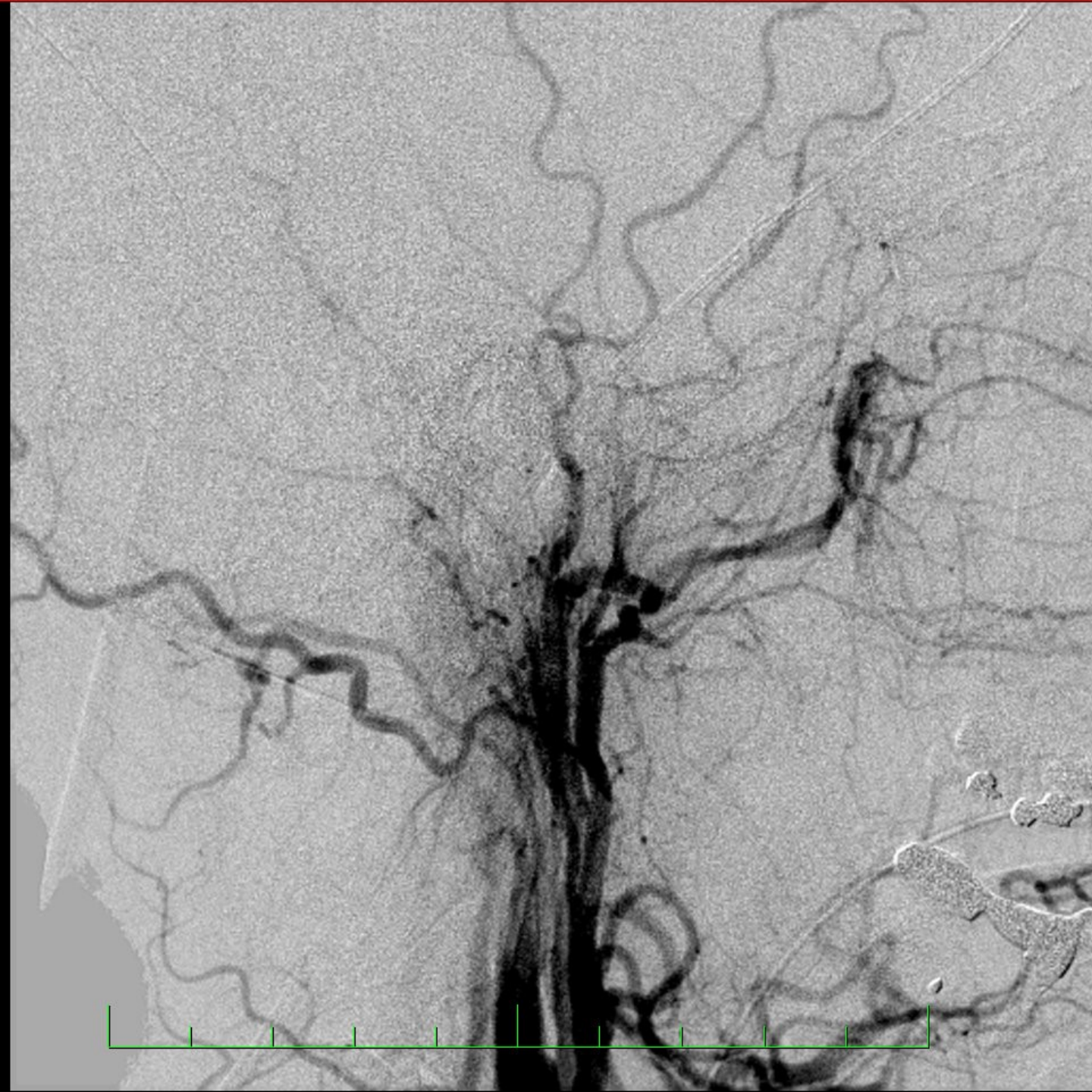
14.1

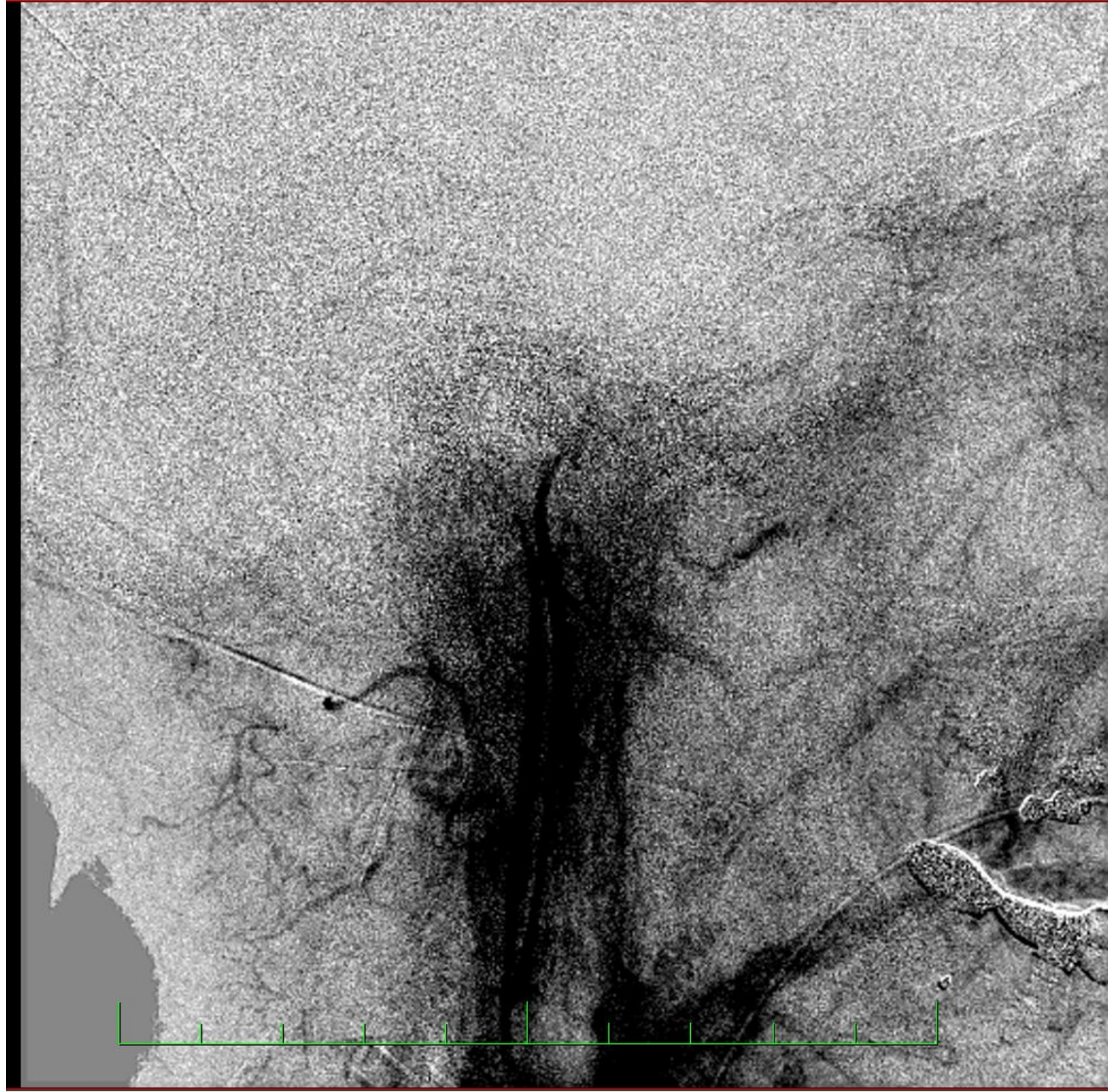


:35 / 3.6k / F:83

Verifikace DSA

13. 6. 16:00







Kazuistika chlapec XY *2009

Anamnéza - přijetí

- 9 -letý dosud zdravý chlapec, basketbalista, přichází 6.4. 2019 s matkou na urgentní příjem pro 1 den trvající opakované zvracení od včera a kolaps
 - vstoje, cca 30s bezvědomí, bez křečí s rychlým probráním
- EKG - SVT, 213/min., opakovaně adenosin vedoucí ke krátkým RR pauzám s okamžitě recidivující resp. pokračující arytmii - susp. flutter síní
- nejspíše trvání arytmie minimálně týden/více
- Echograficky těžce selhaná LK i PK s významnými regurgitacemi mitrální a trikuspidální

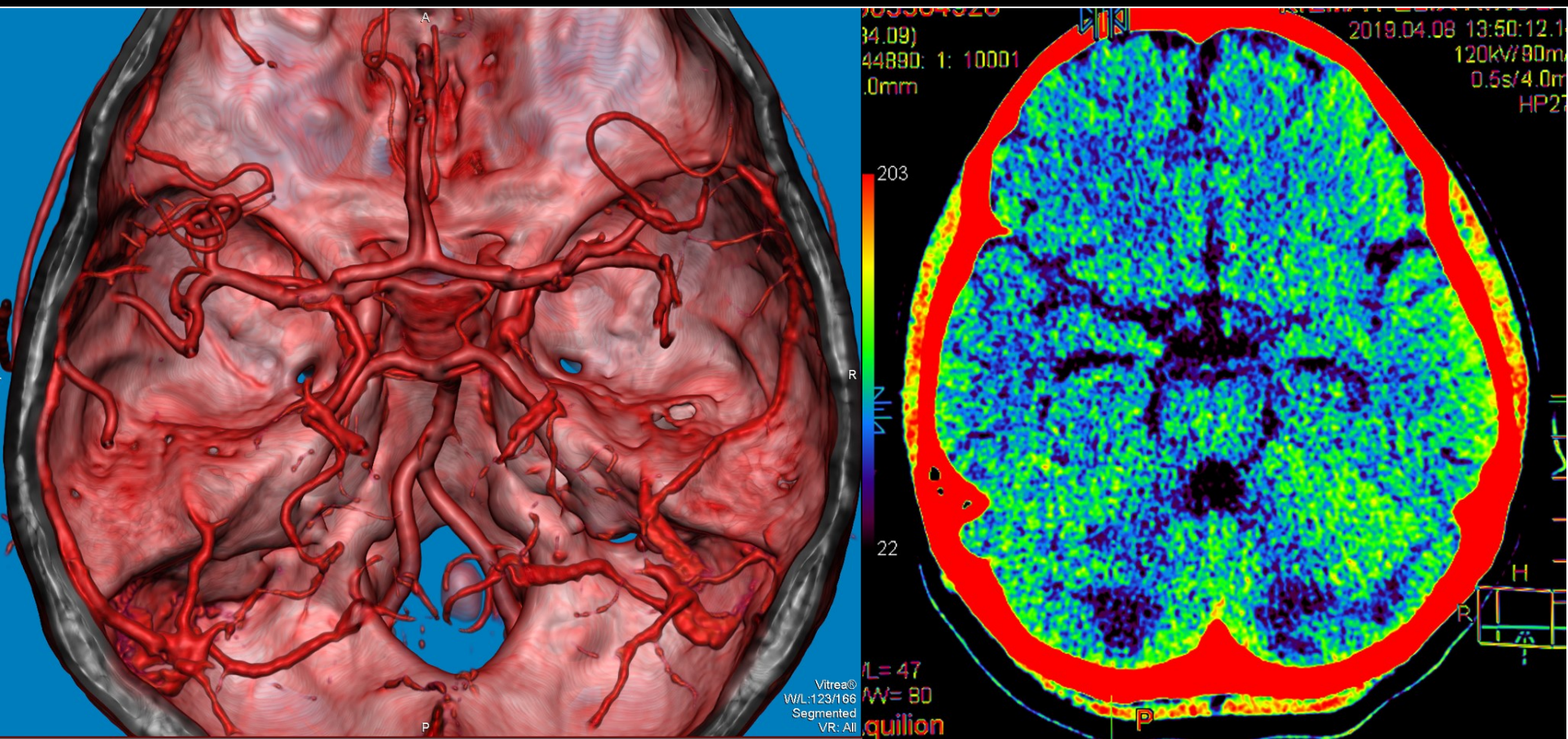
Akutní průběh 1. den

- Externí kardioverze ani adenosin nevede k terminaci arytmie
- zhroucení oběhu s nutností KPR, dále neudržitelný oběh, arytmie se nedaří dostat pod kontrolu, nízký srdeční výdej, indikováno napojení na VA-ECMO
- Na operačním sále na začátku výkonu opět KPR
- Zavedena celková léčebná hypotermie- zevní

Vstupní CT (30h po KPCR + VA-ECMO)



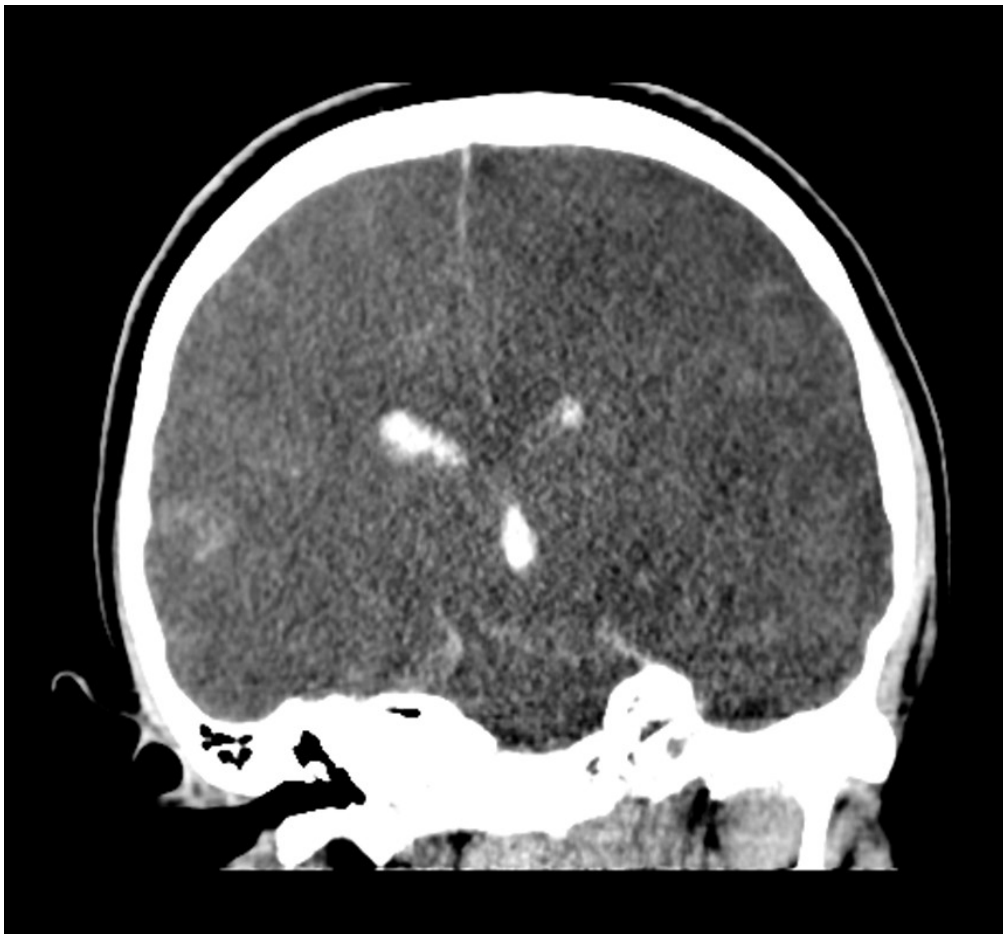
Vstupní CTA, CTP (po 30h od KPCR)



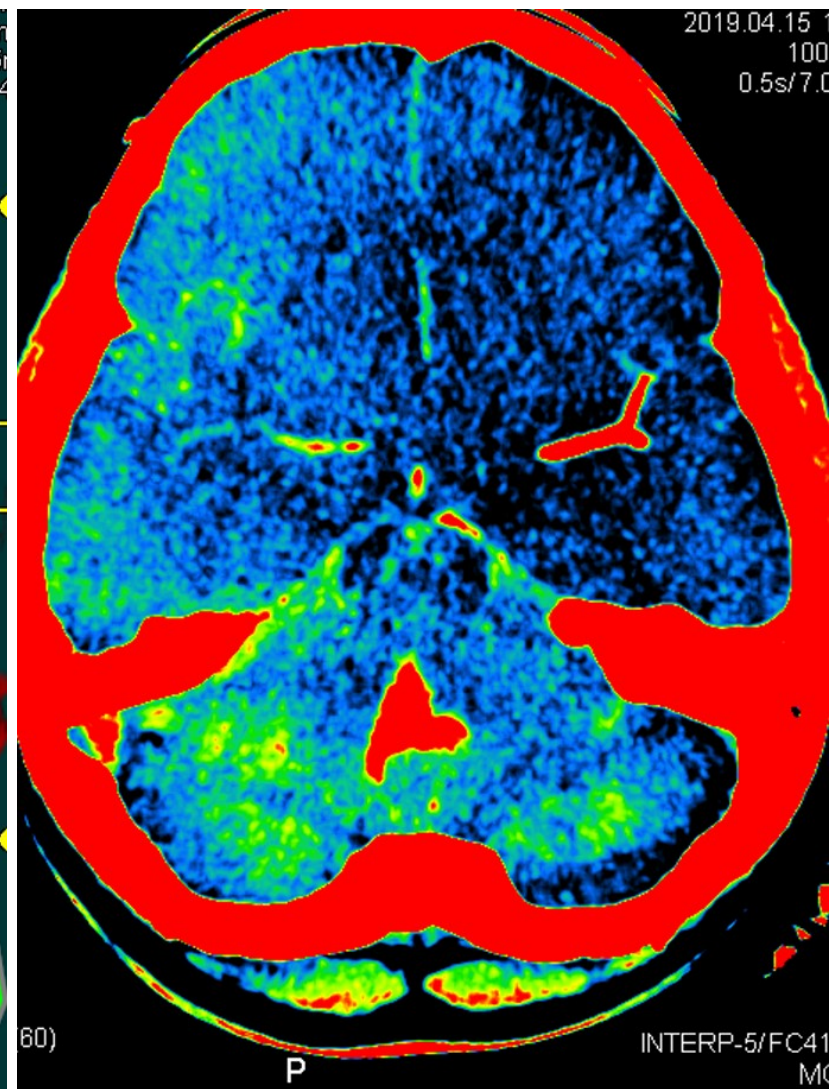
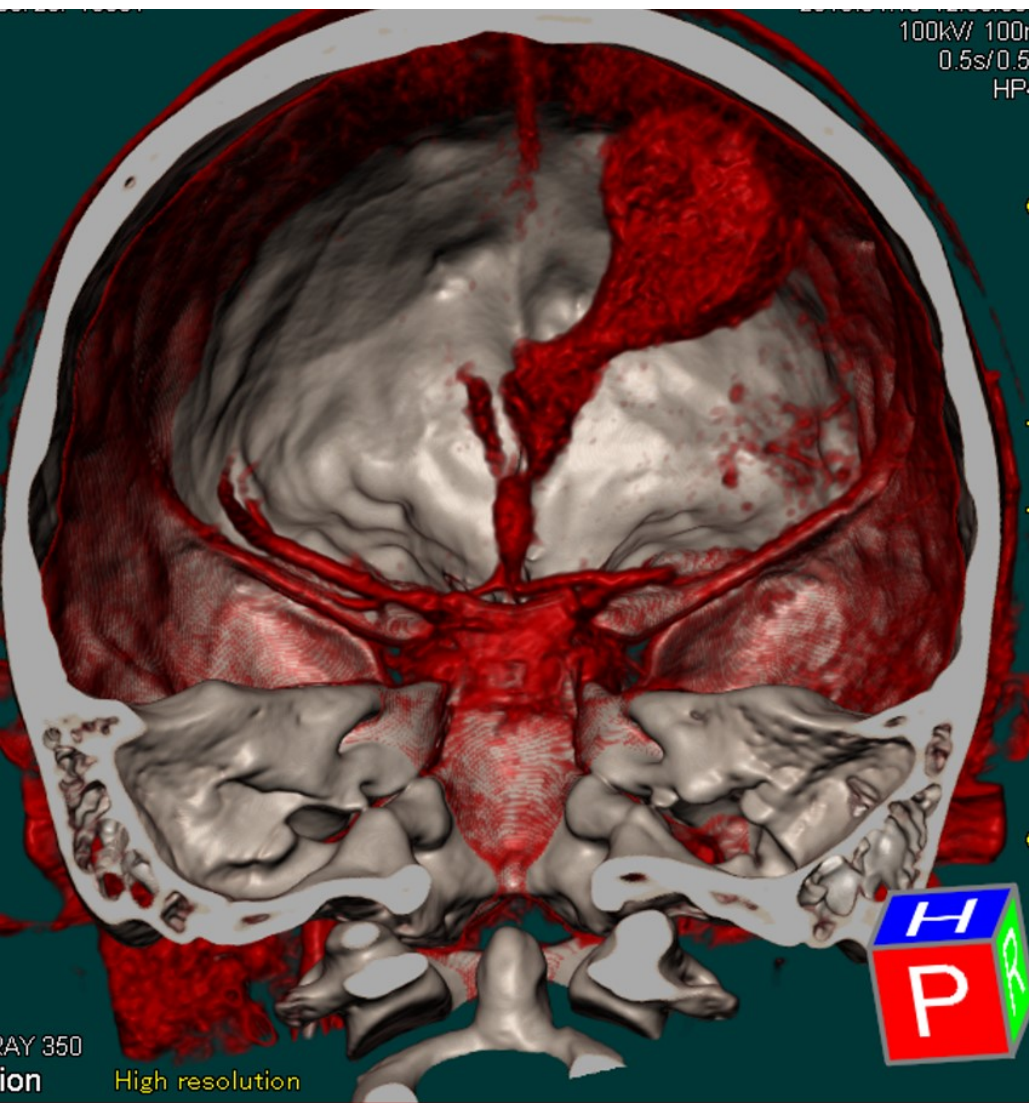
Klinický vývoj 2.-5. den

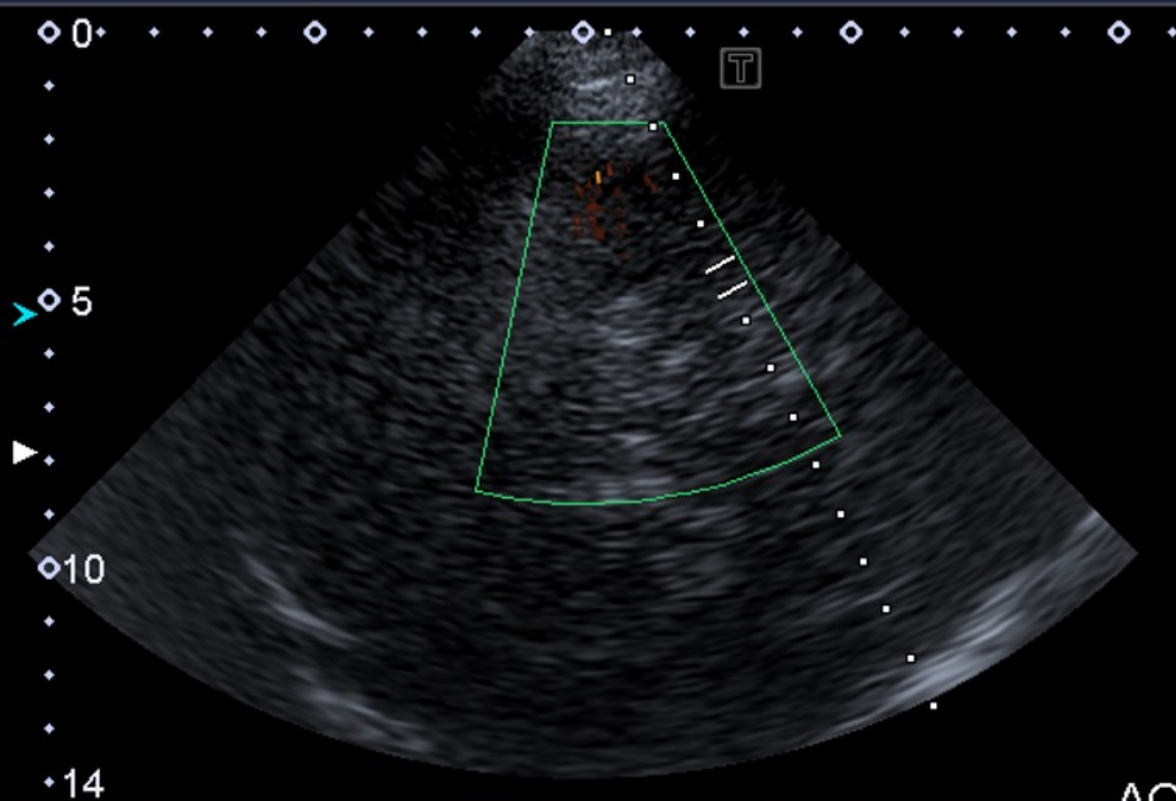
- Stav komplikován DIC, doplňování krevních derivátů, MOF - nutnost CVVHD
- vzhledem k významné myoglobinémii provedena plazmaferenze
- Postupně zlepšená kontraktilita komor testováno snižování ECMO podpory Optimalizace hemodynamických parametrů
- 5. den RF ablace - terminace arytmie, postupné zlepšení kardiálních parametrů
- 10. den - při ukončování sedace, ale pacient bez probouzení, neurol. konzilium bez výbavných kmenových reflexů, indikuje opakované zobrazení CNS

CT 10. den



CTP, CTA 10. den





5S1

3.0

9 fps

G:87

DR:55

CF 1.8

CG:41

6.6k

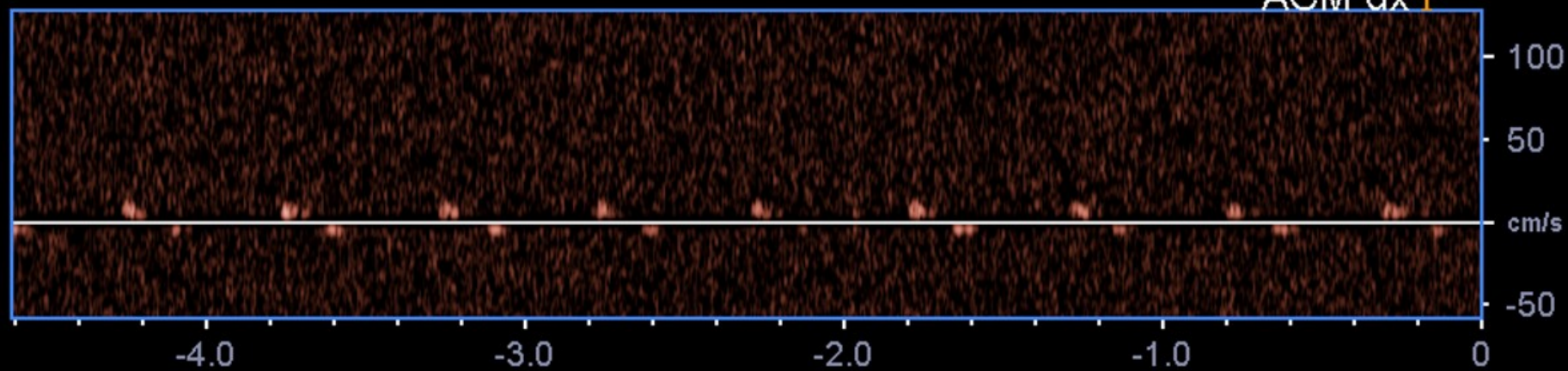
F:3

≠5.0

0°

5.2cm

ACM dx I



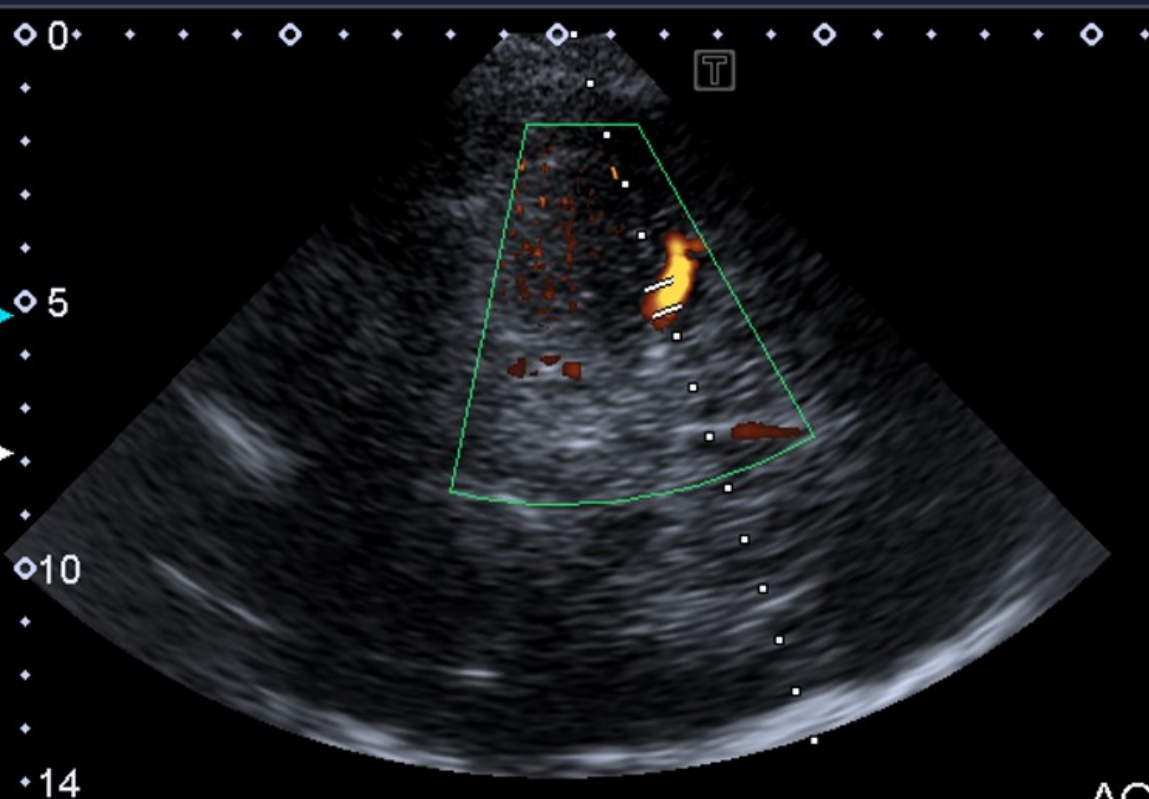
-4.0

-3.0

-2.0

-1.0

0



5S1

3.0

9 fps

G:87

DR:55

CF 1.8

CG:41

6.6k

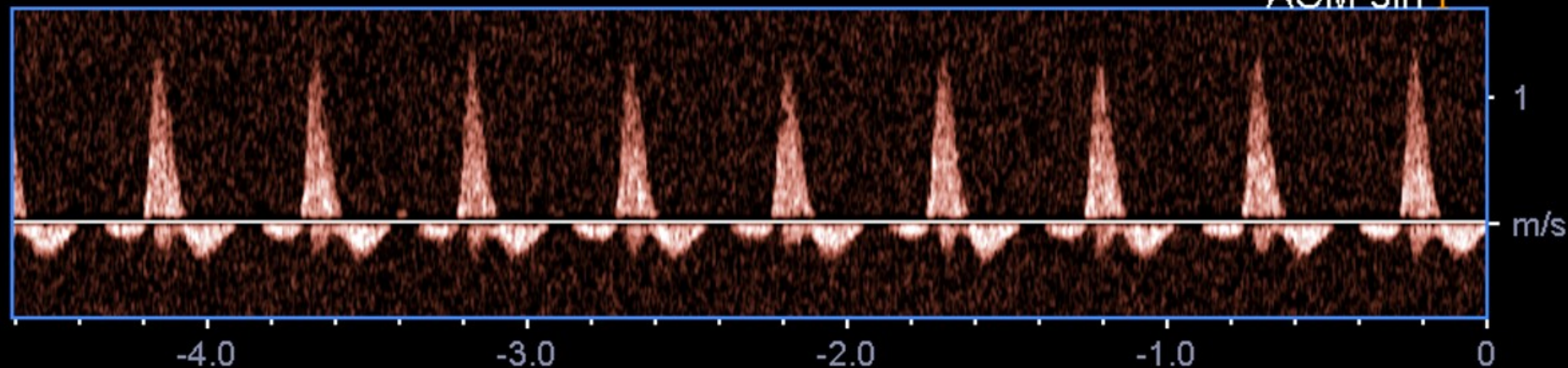
F:3

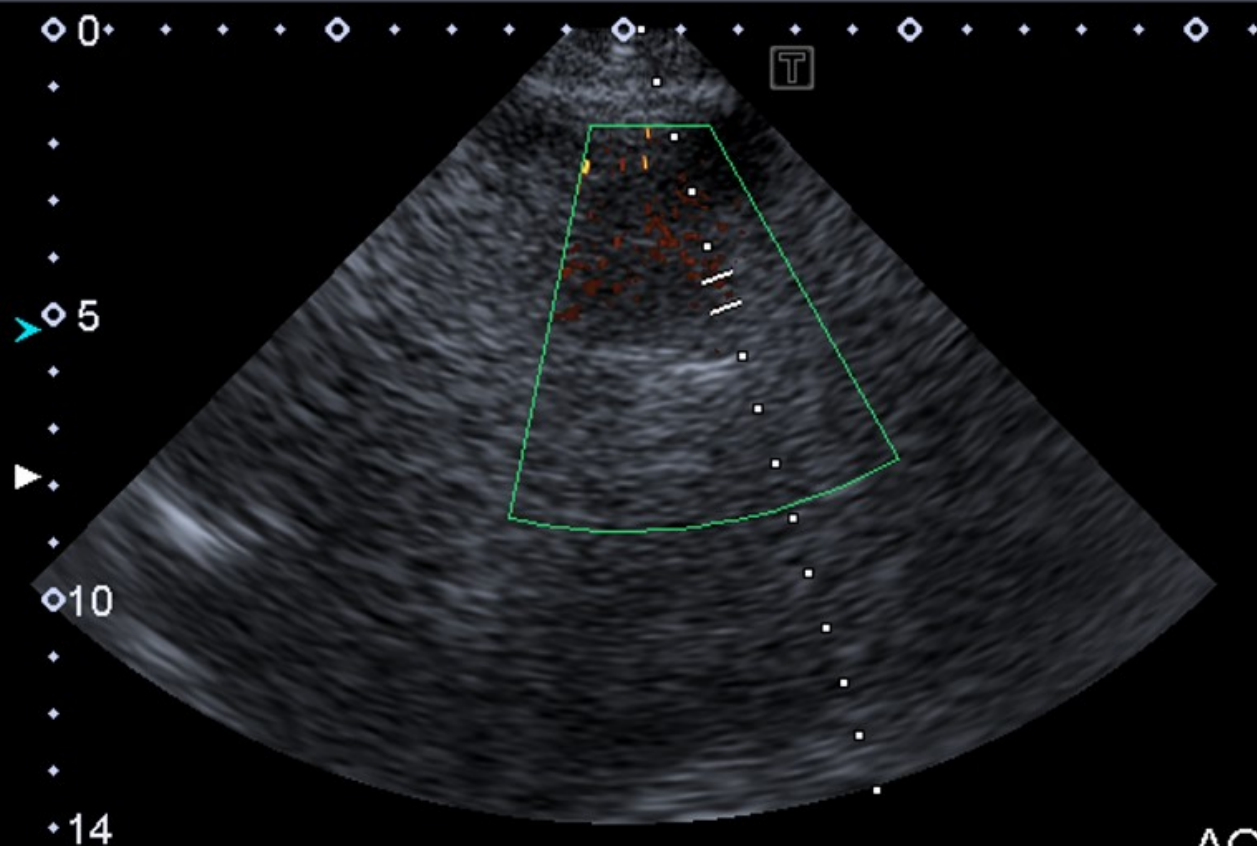
≠ 5.0

0°

5.3cm

ACM sin I





Stanovení zástavy mozkové cirkulace v ČR



Kvalifikace na pomocná vyšetření

- Atestace /specializovaná způsobilost
- funkční odbornost v neurosonologii (cmp.cz)

Vyšetření intrakraniálních tepen provádíme:

- temporálním oknem oboustranně
 - MCA, ACA, PCA, terminální segment ICA
- subokcipitálně přes foramen magnum
 - VA, BA
- transorbitálně oboustranně
 - ICA v průběhu karotickým sifonem
- Extrakraniální úseky ICA, VA
 - Vhodné doplňující, nepovinné

Podmínky pro zjištění zástavy toku v mozkových tepnách

- MAP > 60 mmHg a současně systola > 90 mm Hg
- Vyšetřujeme
 - současně oboustranně v karotickém i vertebrobasilárním povodí
 - během nejméně 30 minut trvajícího vyšetření.
- U nemocných se ztrátovým poraněním kalvy nebo po dekompresní kraniektomii může zůstat průtok mozkiem nebo jeho částí zachován, průkaz průtoku v některé z intrakraniálních tepen smrt mozku nevylučuje, ale u těchto nemocných nelze pomocí TCD smrt mozku potvrdit.

**Ve všech
tepnách >
30 minut**

**Transtemporální okno: MCA
Subokcipitální okno: VA/BA**

Opakuj!

**Reverbuující bifázický tok
Systolické hroty**

Žádný signál

**Jiný charakter toku
než reverbuující bifázický
a systolické hroty**

**Transorbitální okno:
intrakraniální ICA-
sifon**

Opakuj!

**Reverbuující bifázický
tok, systolické hroty**

**Jiný charakter toku
než reverbuující bifázický
a systolické hroty**

**Průkaz zástavy
mozkové cirkulace**

**Indikuj ihned jinou
pomocnou metodiku
(DSA, SPECT)**

**Nemožnost průkazu
zástavy mozkové
cirkulace**

Limitace TCD v průkazu smrti mozku

- Srovnání s DSA (Level A, Class 2)*
 - senzitivita 88-100%*
 - specificita 97-100%*
- Falešně negativní
 - Špatné okno (špatný vyšetřující...)
- Falešně pozitivní
 - Dekompresní kraniektomie, ztráta kalvy**

*) AAN - Sloan MA et al. Neurology 2004;62:1468-1481.

WFN - Ducrocq X et al. J Neurol Sci 1998;159:145-150.

**) Vicenzini E et al. Intensive Care Med 2010;36:2163-2164.

Výhody TCD u smrti mozku

- Spolehlivá metodika
 - dosud nebyl publikován žádný případ, kdy by pacient s přítomností bifázického reverberačního průtoku nebo systolických hrotů na TCD po dobu delší než 30 minut, neměl následně průkaz DSA
- Hlavní výhoda TCD = bedside + rychlé
 - prokazatelně vede ke klinicky významnému urychlení stanovení diagnózy mozkové smrti a přispívá tak k lepšímu stavu dárce orgánů*

*Orban J-C et al. Transplantation Journal 2012; 94:585-588.

Děkuji za pozornost!

Komentáře a dotazy vítány nyní i později (ales.tomek@gmail.com)