

# **Cardiovascularis CT és MR diagnosztika**

**Balázs György**

**Tóth Attila**

**SE Ér- és Szívsebészeti Klinika**

**Radiológiai Diagnosztika**

## Képző eljárások a a cardiovascularis diagnosztikában

- ◆ Direkt punkciós vagy katéteres angiográfia
  - » Klasszikus *invazív* diagnosztika
- ◆ Ultrahang – Doppler módszerek
- ◆ CT – MR módszerek



*Nem-invazív*  
diagnosztika

## Fejlett CT és MRI technikák a cardiovascularis képalkotásban

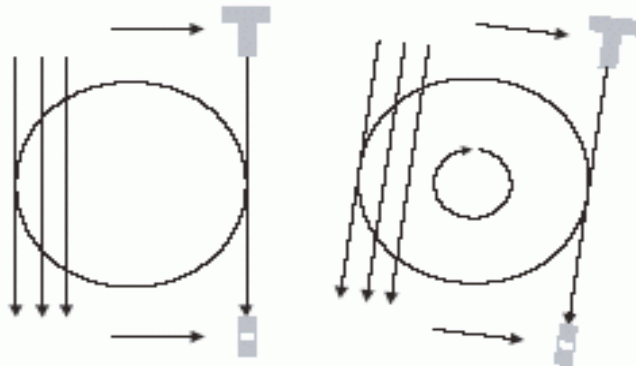
- ◆ Spirál CT-angiográfia
- ◆ EKG-vezérelt cardio-CT
- ◆ MR-angiográfias technikák
- ◆ EKG-vezérelt cardio-MR

# CT

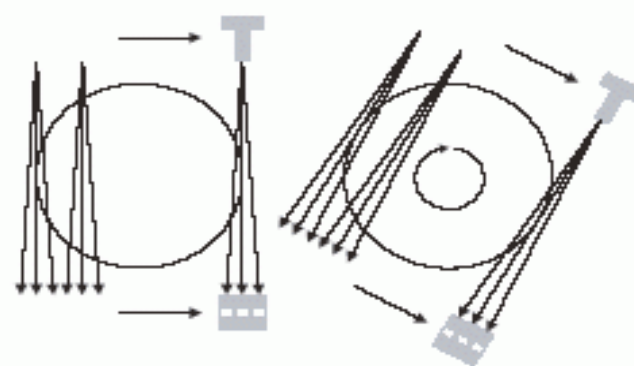
- ◆ Rtg sugárzást használó digitális rétegvizsgálat
- ◆ A képalkotás alapja a rtg sugár elnyelés különbségeinek ábrázolása a vizsgált síkban
- ◆ Hagyományos (elavult) technika
  - » egy szelet – 2 - 4 sec
  - » teljes vizsgálat: 5 - 15 perc
- ◆ Spirál CT technika
  - » egy szelet – 1 - 1.5 sec
  - » vizsgálati idő: 30 - 60 sec (+ előkészítés)
- ◆ Multidetektoros spirál CT (4-64 detektorsor)
  - » egy szelet – 0.4 - 1 sec
  - » vizsgálati idő: 5 - 15 sec

# CT generációk

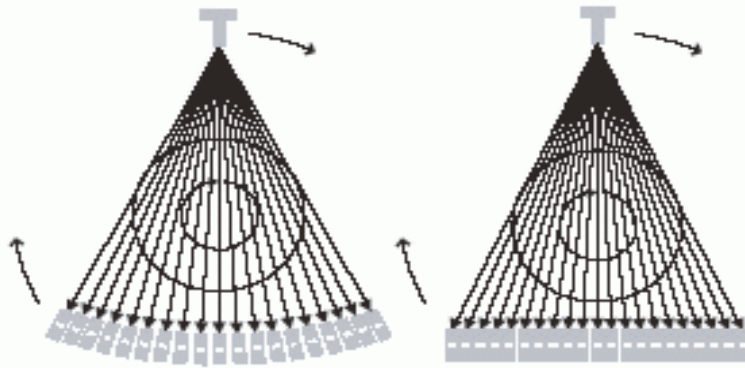
1.



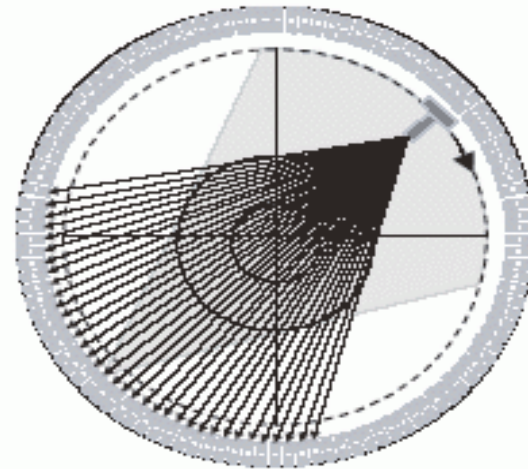
2.



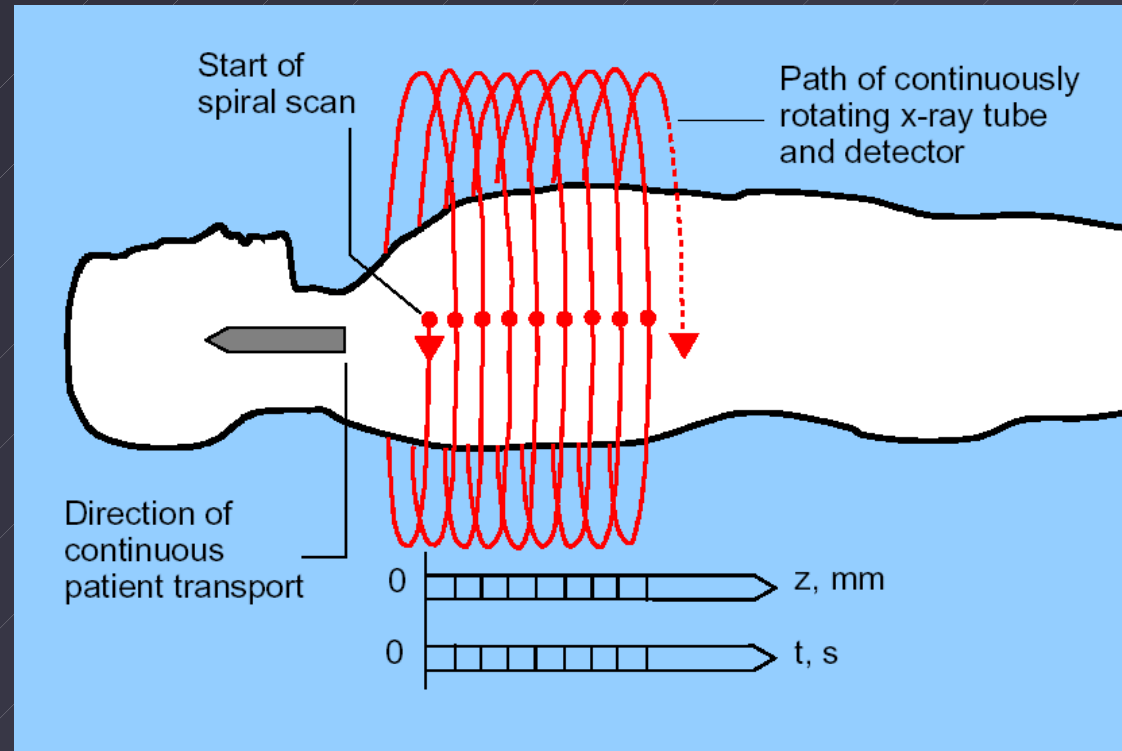
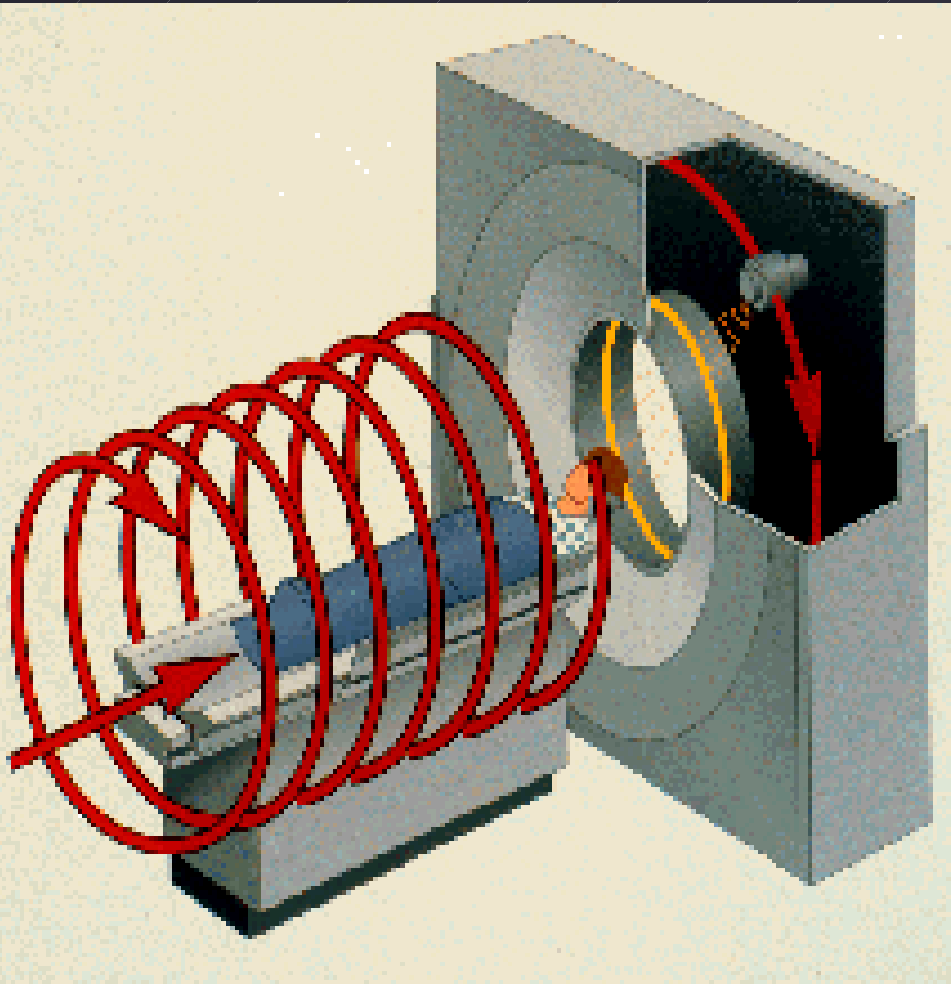
3.



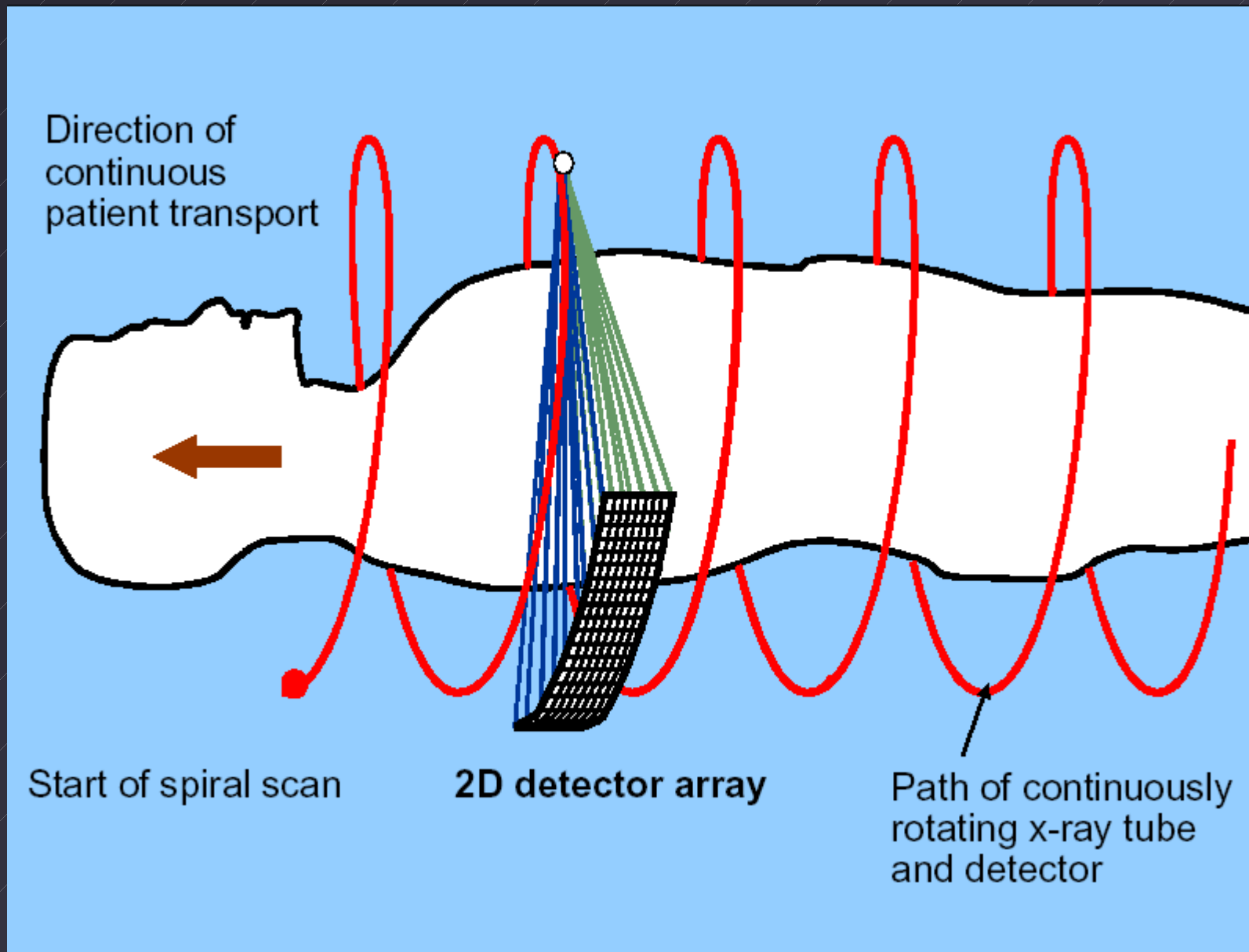
4.



# Spirál (helikális) CT



# Multidetektoros spirál CT



# Az erek ábrázolása CT-vel

- ◆ Nativ CT (??) - kóros érfali meszesedés
- ◆ I.v. kontrasztanyag CT
  - » "hagyományos" technika - aorta ( $d \geq 1$  cm)
- ◆ Spirál CT-angiográfia
  - » Egy detektorsoros spirál CT - aorta ágai ( $d \geq 2-3$  mm)
  - » Multidetektoros spirál CT - perifériás erek ( $d \geq 1$  mm)



## Helikális (spirál) - CT angiográfia

- *Dinamikus intravénás kontrasztanyag adás*
- *Kiválasztott keringési fázishoz optimalizált késleltetés*
- *Célzott helikális CT vizsgálat*
- *Speciális adatfeldolgozás*
  - *finom analízisre alkalmas keresztmetszeti és*
  - *DSA-ra emlékeztető 2D és 3D reformattált felvételek*

# CT (röntgen) kontrasztanyag

- ◆ Vízoldékony, jódot tartalmazó makromolekula, mely akkumulációjának helyén megnöveli a röntgensugár elnyelést, ezáltal denzitás emelkedést okoz
  - » Ionos – elavult (90-es évek eleje óta nem használatos)
  - » Nem-ionos (monomer, vagy dimer alacsony ozmolalitású)
- ◆ A vesében glomerulárisan filtrálódik és kiválasztása azonnal megkezdődik (nefrotróp)
- ◆ Alkalmazások: minden rtg alapú képalkotó vizsgálat
  - » Kiválasztásos urográfia
  - » Katéteres angiográfia
  - » CT
- ◆ Egyéb jódos kontrasztanyagok
  - » Gasztrointesztinális rendszer feltöltésére „felszívódó” vízoldékony kontrasztanyag
  - » Lipid alapú, korábban limfográfiához, napjainkban tumor abláció során szelektív kemoembolizációhoz használatos kontrasztanyag
  - » Epében kiválasztódó biliáris kontrasztanyag – már nem használatos

# Vizsgálati paraméterek

- ◆ Kollimáció („szeletvastagság”)
  - » Egy szeletes CT: 3 - 5 mm
  - » MDCT: 0.625 – 2.5 mm
- ◆ Pitch (kollimáció / léptetés)
  - » Egy szeletes CT: 1 - 2
  - » MDCT: 0.5 -1.3
- ◆ Késleltetés: a vizsgálni kívánt érterület várható keringési idejének megfelelően
  - » Bólus detektálás
- ◆ Szükség esetén többfázisú vizsgálat

# Kontrasztanyag adás

- ◆ Mennyiség
  - » Egy szeletes CT: 2 – 2.5 ml/tskg
  - » MDCT: 1.5 – 2 ml/tskg
- ◆ Automata injektor
  - » 2.5 – 5 ml/sec
- ◆ Bólus detektálás
  - » tesztbólus
  - » automatizált detektálás
  - » szem ellenőrzés mellett

# MRI

- Erős mágneses teret és rádiófrekvenciás gerjesztést használó digitális rétegvizsgálat
- A képalkotást számos fizikai és fiziológiai paraméter befolyásolja, pl.: víz/zsír/fehérje tartalom, mágneses sajátságok, halmazállapot, hőmérséklet ...stb.
- Különböző karakterű képsorozatok, ún. szekvenciák, pl.: T1, T2 súlyozott, zsírszupressziós, áramlás-szenzitív ...stb.
- „Rutin” vizsgálat
  - » 3-4 szekvencia, egyenként 1-8 perc
  - » vizsgálati idő: 15-30 perc (+ előkészítés)
- Komplex vizsgálat (+ kontrasztanyag, MRA ...)
  - » 6-8 szekvencia, egyenként 1-10 perc
  - » vizsgálati idő: 30-60 perc (+ előkészítés)

# MR angiográfia 1.: Kontrasztanyag nélkül

Az áramló vér mágneses sajátságain alapuló 2D / 3D szekvenciák

## 3. *"time of flight" vagy TOF*

*rövid repetíciós idővel a stacioner szövetek szaturálódnak, és csak a metszési síkba érkező szaturálatlan vér ad jelet*

*pl.: részletgazdag 3D ábrázolás az intracranialis artériákról*

## 4. *"phase contrast" vagy PC*

*az áramlás (irányától és sebességétől függő mértékben) megváltoztatja a precessáló protonok fázisát*

*- keringés iránya*

*- áramlási sebesség meghatározható*

## MR angiográfia 2.

Kontrasztanyag MRA (CE-MRA) : a

paramágneses Gadolinium T1 relaxációs időt erősen lerövidítő hatását kihasználó szekvenciák

*I.v. MR kontrasztanyag bólus beadást követően, kiválasztott keringési fázisban, speciális gyors szekvenciákkal végzett 3D akvizíció, mely DSA-ra emlékeztető 2D és 3D reformattált felvételeket eredményez.*

# MR kontrasztanyag

- ◆ Paramágneses sajátságú Gadoliniumot tartalmazó kelát: a T1 és T2 relaxációs időt csökkenti
- ◆ Eloszlása, kiválasztódása analóg a jódtartalmú röntgen kontrasztanyagokéval
- ◆ Nem nephrotoxikus !
- ◆ Allergiform vagy vegetatív mellékhatás extrém ritka
- ◆ „Blood pool” kontrasztanyag – klinikai bevezetés alatt



## Feldolgozás (post-processing)

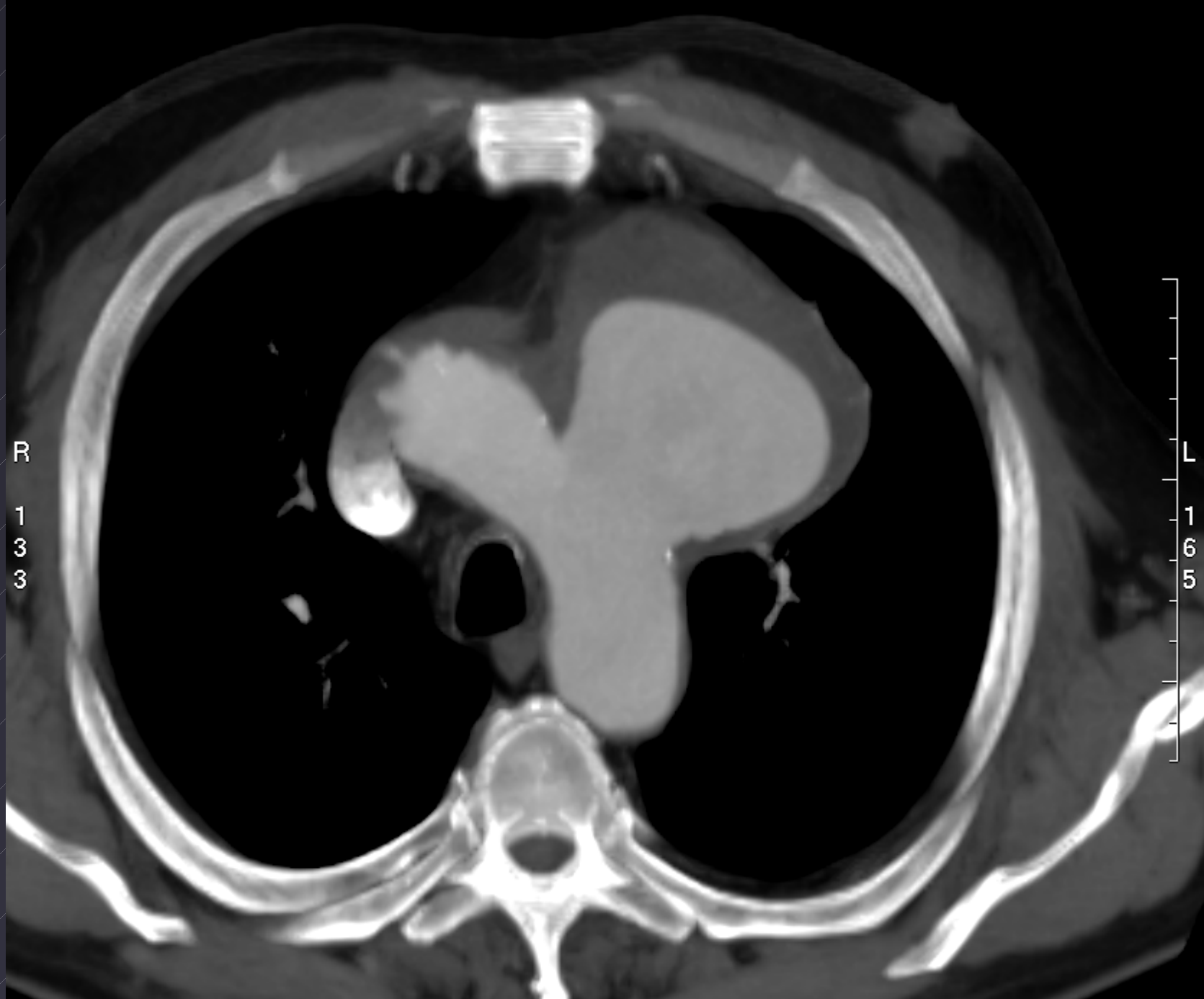
- ◆ Nyersadatokból átfedő kép-rekonstrukció
- ◆ 2D reformált felvételek
  - » tetszőleges síkú (MPR)
  - » „görbült” (curved, CR)
- ◆ 3D reformált felvételek
  - » maximum intensity projection (MIP)
  - » volume rendering (VR)
  - » árnyékolt felszínû (SSD)
- ◆ Fél-automatikus analízis program
  - » Stenosis számítás átmérő és keresztmetszeti terület mérés alapján

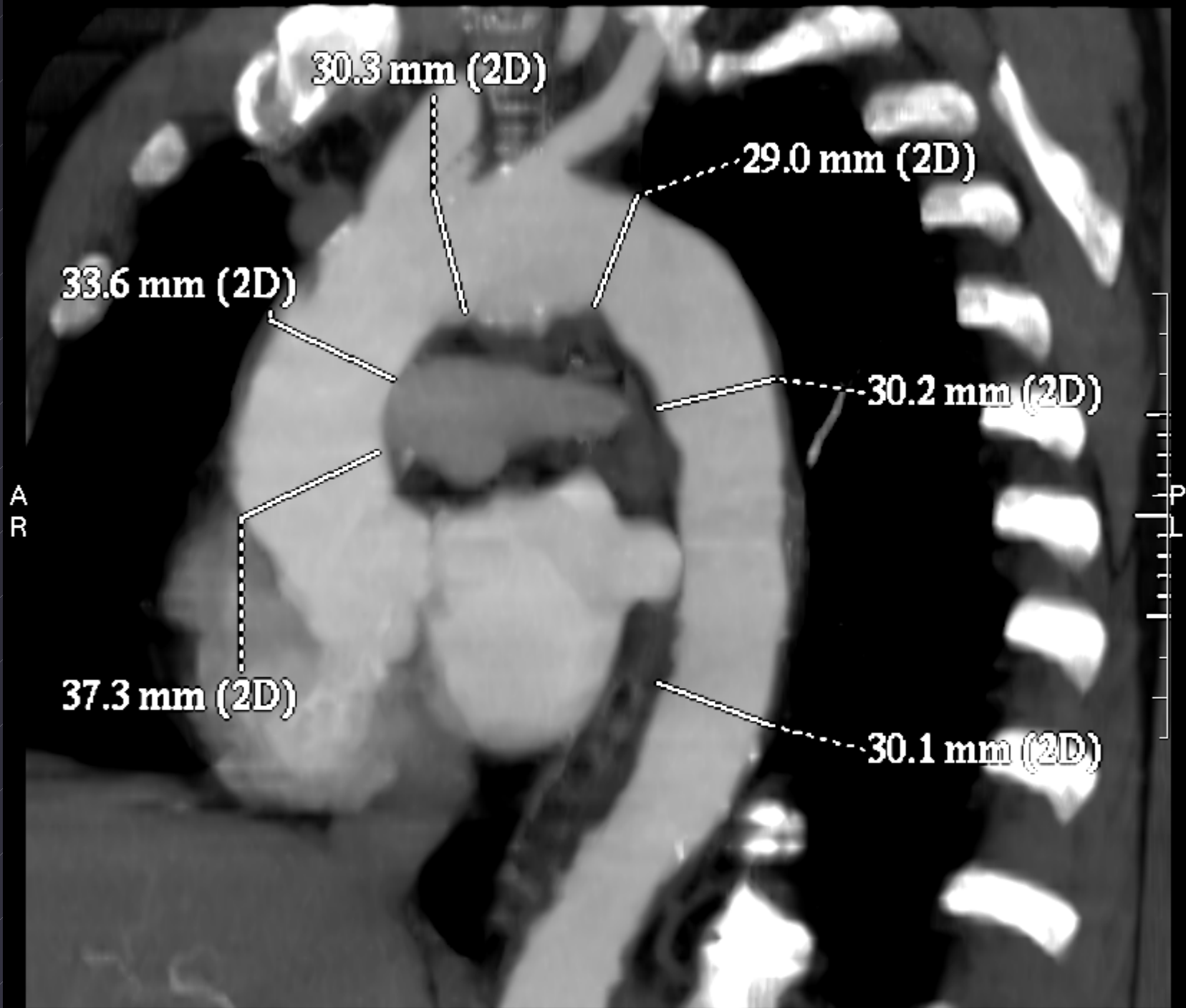
# Kiértékelés

- ◆ Axialis (átfedő) metszetek
- ◆ MIP
  - » vascularis anatómia globális áttekintése
  - » „slab MIP” - célzott ábrázolás, stenosis analízis
  - » DSA-szerű szemléltetés
- ◆ MPR, CR
  - » stenosis / plaque analízis, komplex anatómia
- ◆ Volume Rendering (VR)
  - » különböző denzitástartományok – eltérő színek
  - » érképletek / csontok / parenchymás szervek
- ◆ 3D SSD
  - » erek - csontok viszonya

## CTA – MRA alkalmazásai

- ◆ Thoraco-abdominalis aorta aneurysma
  - » Primer felmérés (átmérők, hossz, nyak, oldalágak eredése, thrombus, imminens ruptura jelei, érfal vastagsága...)
  - » Követés – növekedés ?
  - » Postop kontroll
- ◆ Aorta dissectio
  - » Acut: A vagy B típusú?, oldalágak
  - » Követés postop v. konz. kezelés után
- ◆ Stent-graft implantáció
  - » Előtt: méretezés
  - » Után: endoleak ?

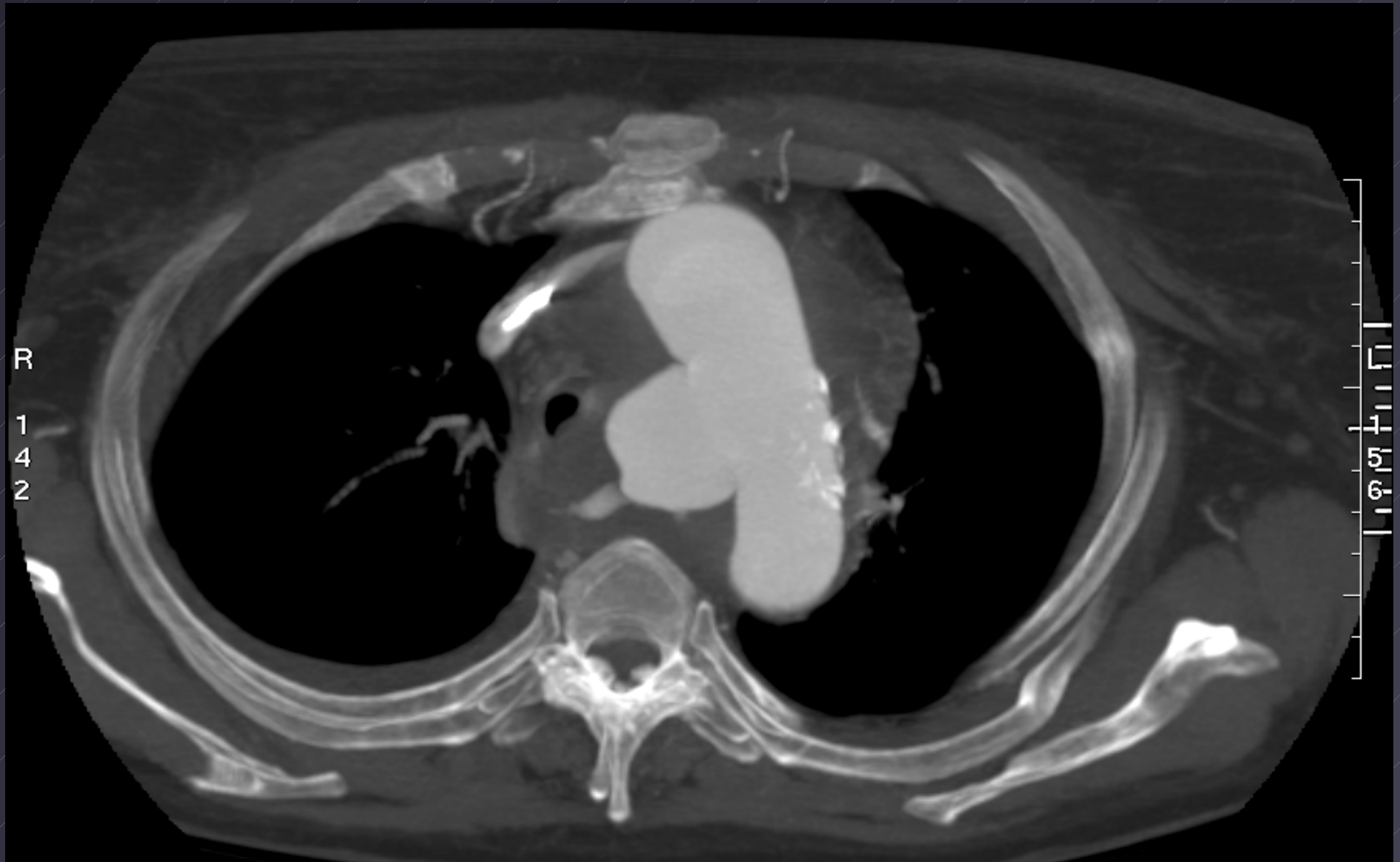




# Subrenalis AAA – CTA volume rendering



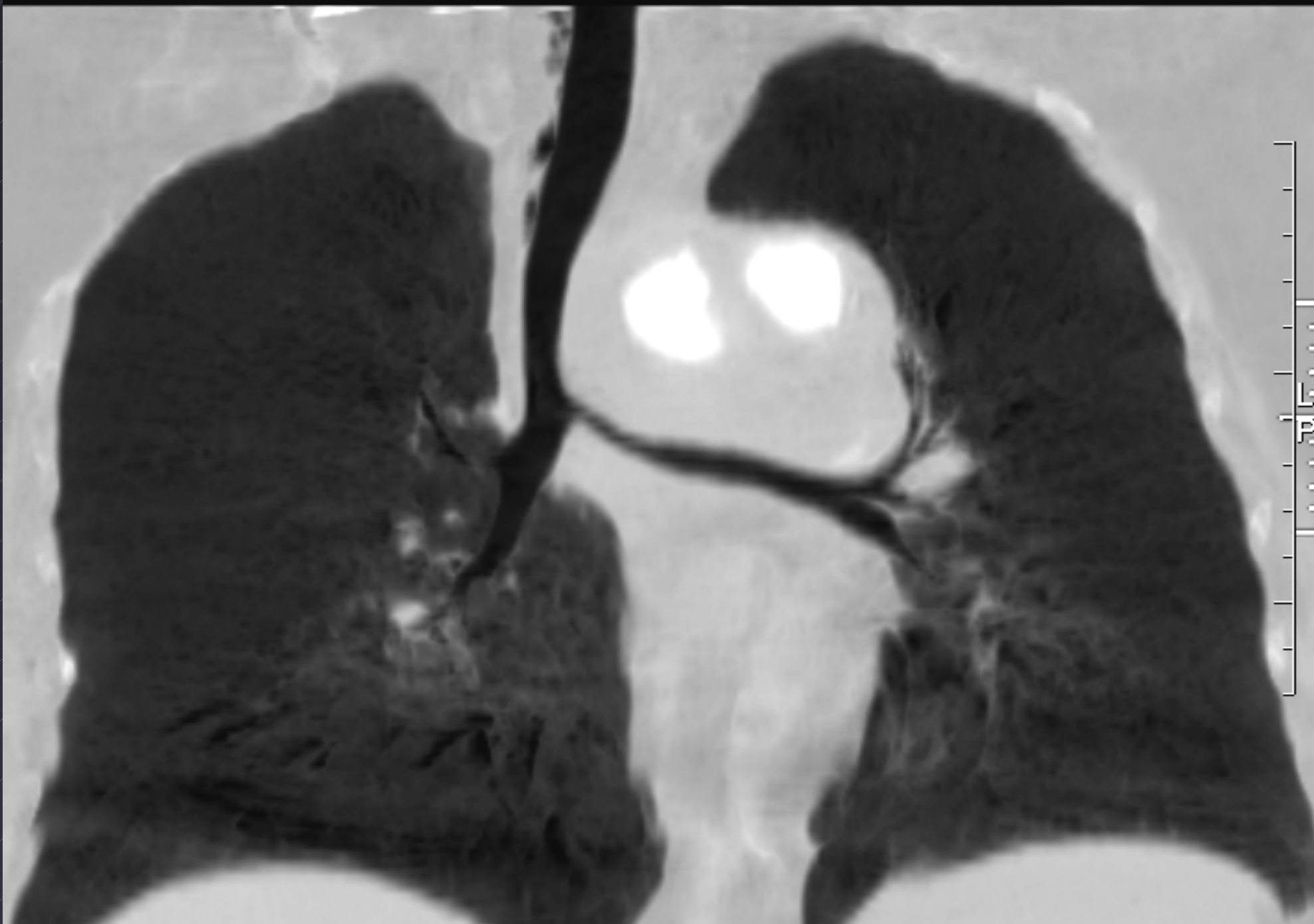
# Aortaiv aneurysma ruptura + aorto-oesophagealis fistula







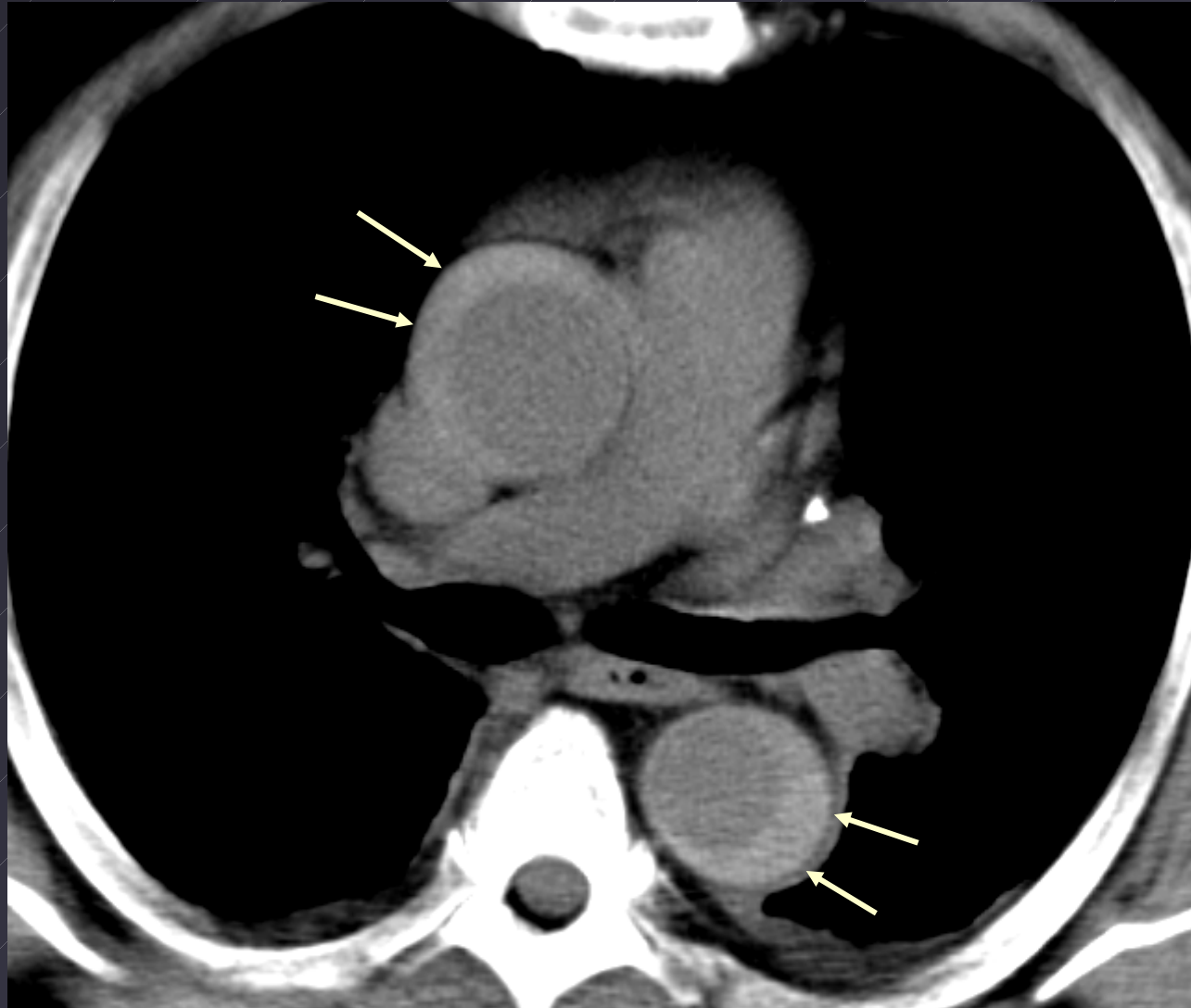




# Aorta B típusú dissectio



# Intramuralis haematoma – nativ CT

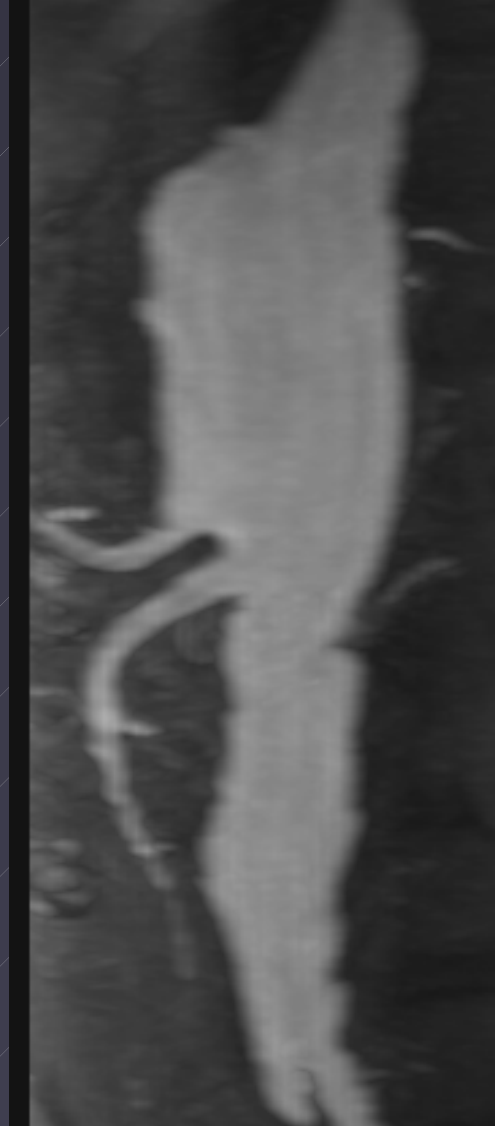


# Intramuralis haematoma – kontrasztanyagós CT

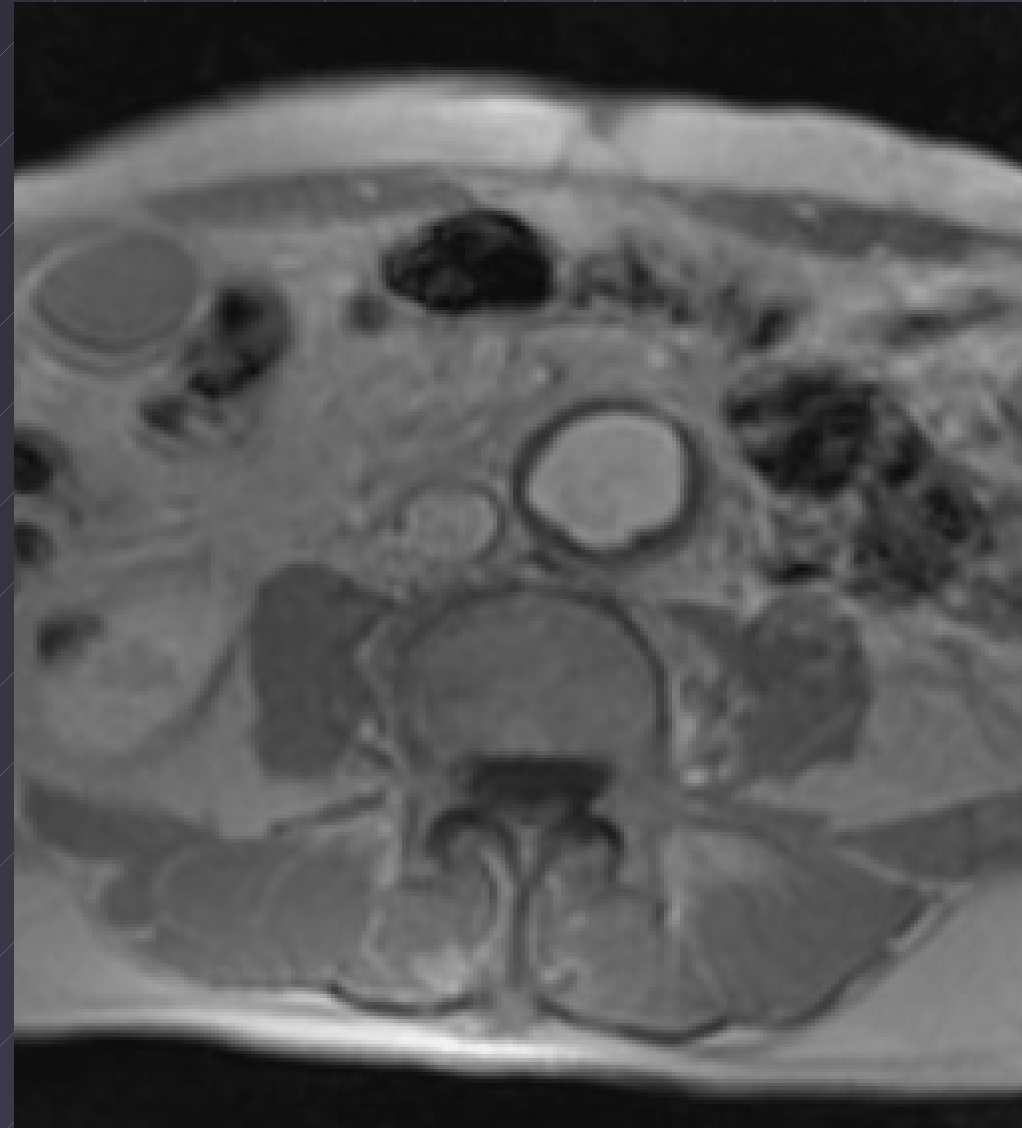
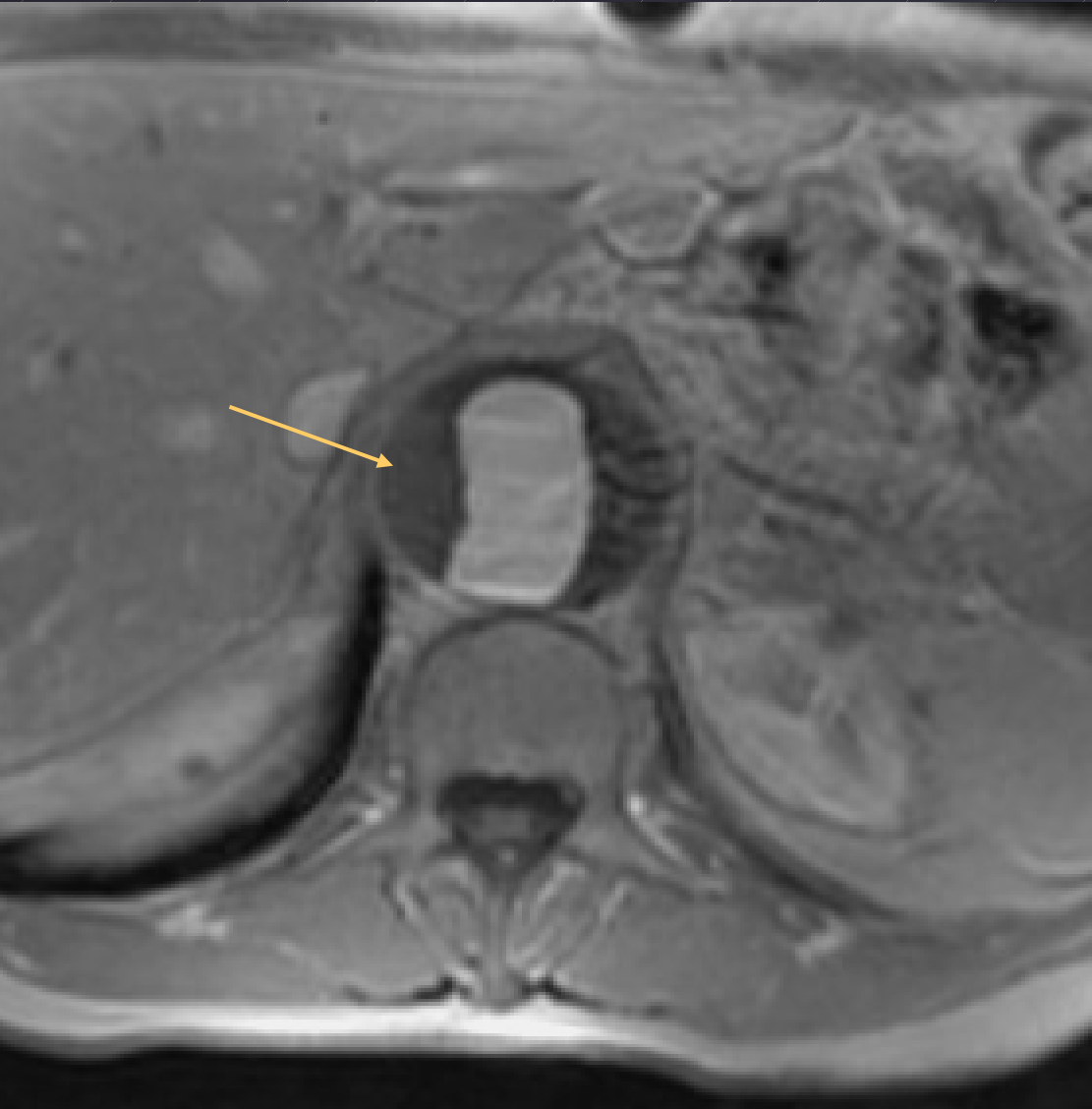




# Thoraco-abdominalis aorta aneurysma – kontrasztanyagos MRA



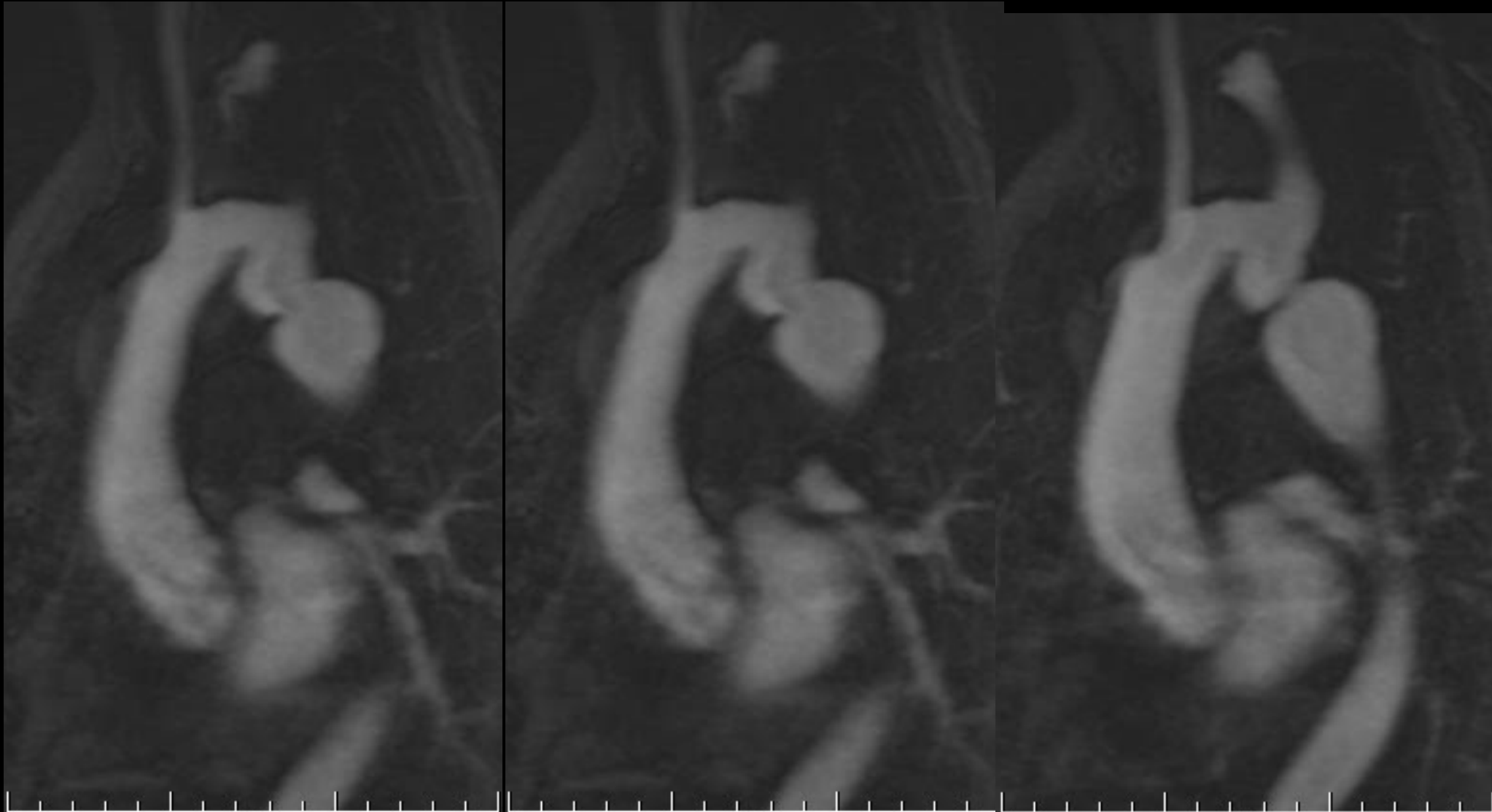
Axialis post-Gd T1 – intraluminalis thrombus



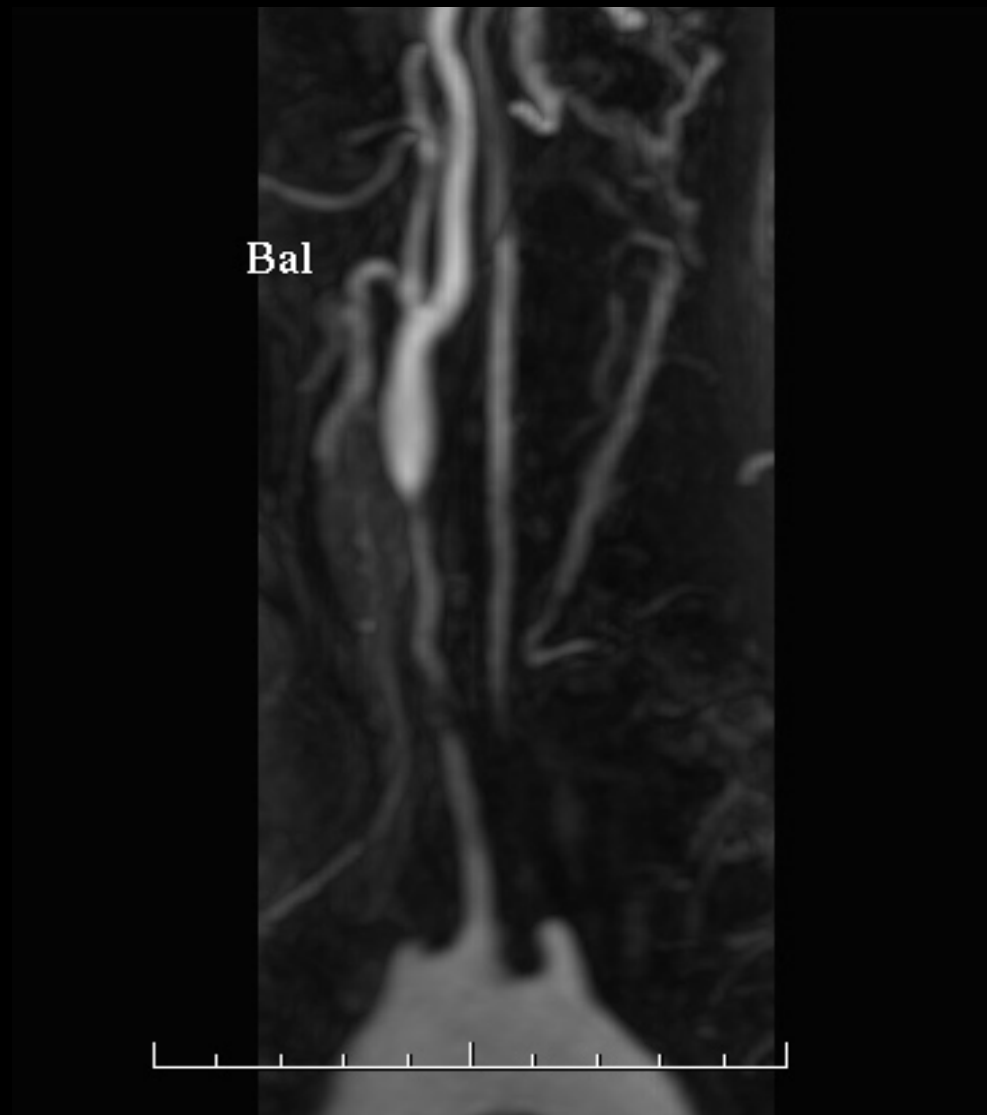
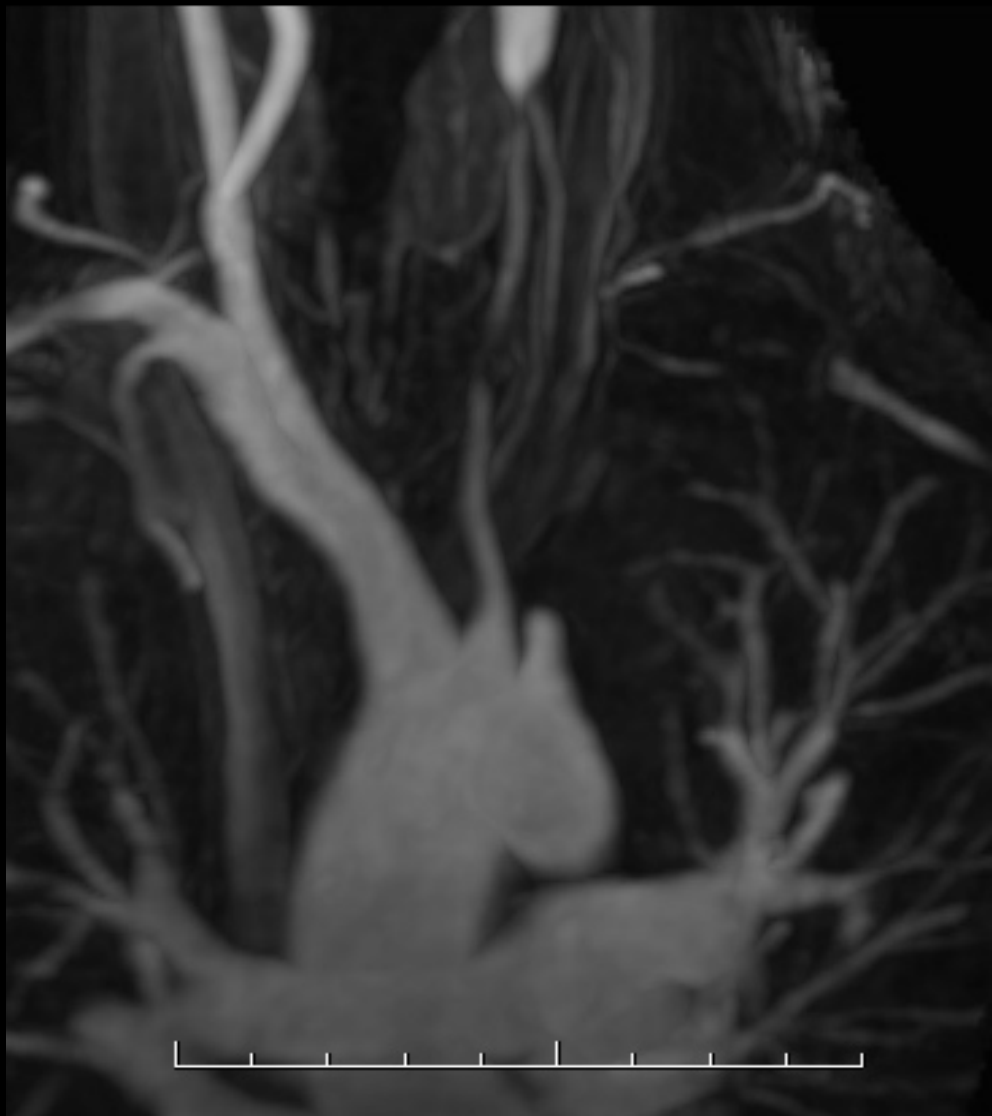


# Coarctatio aortae postoperativ állapot

CE-MRA parasagittalis MPR sorozat



## Takayasu arteritis: Aortaív CE-MRA



- ◆ Veseartériák – renovascularis hypertonia ?
  - » Arteria renalis stenosis irányában ellentmondó vizsgálati adatok (klinikum / UH / izotóp)
  - » angio kiegészítése: komplex anatómiai viszonyok
  - » AAA +/- RAS ?
  - » post-operatív / stent kontroll

# Kétoldali többszörös a. renalis





# A. renalis stenosis

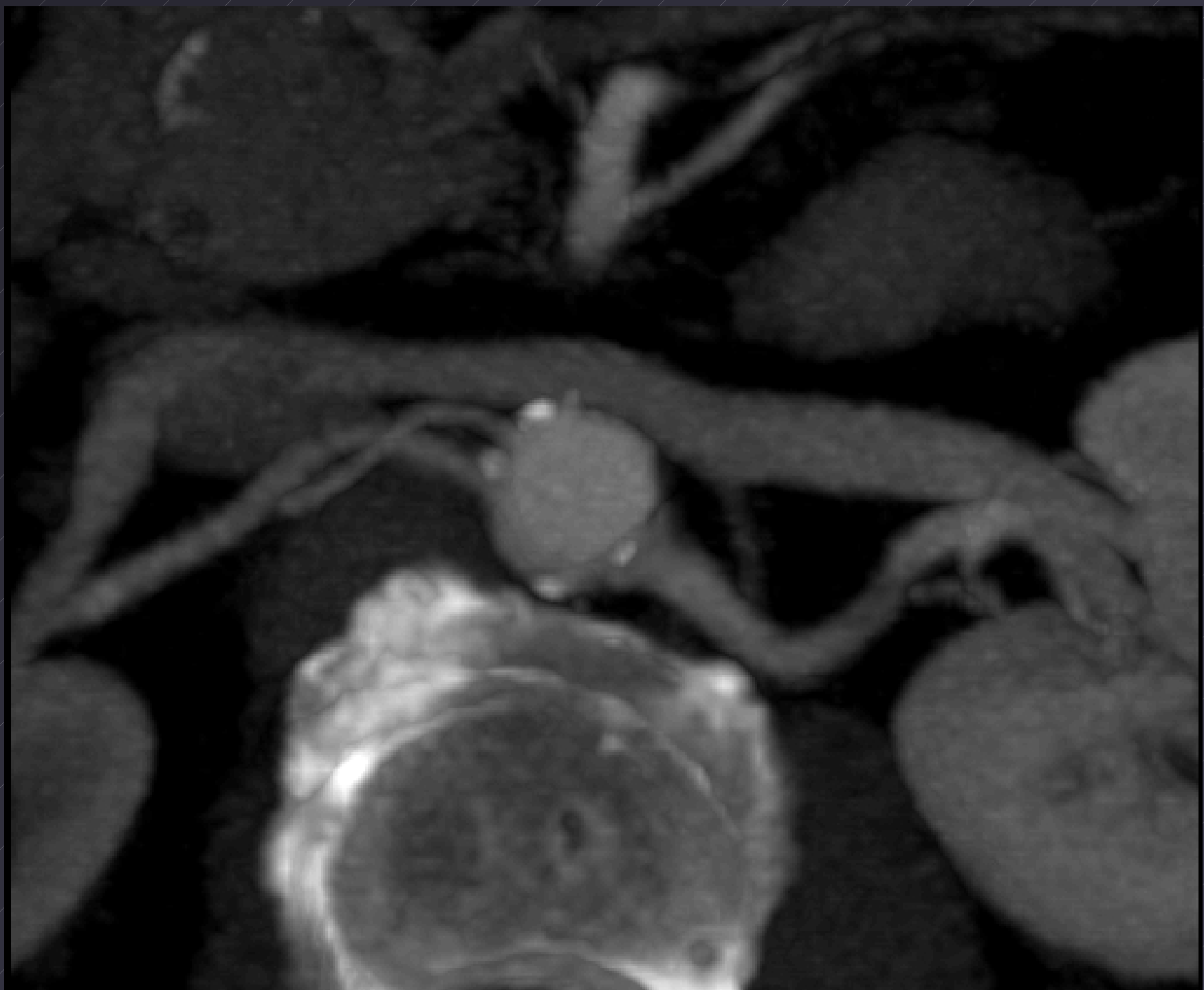
Kontrasztanyagós MRA



# Többszörös a. renalis

CTA egy detektorsoros spirál CT-vel





SE: 316 HU (W)

Im: 2+C

Nov 24 2003  
02:42:46 PM

P  
R



# RAS

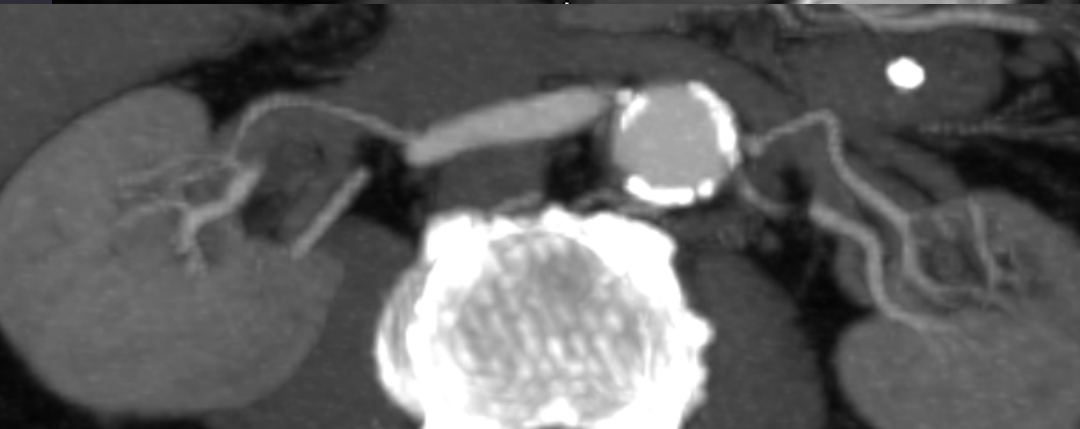
## CTA 8 detektorsoros spirál CT-vel

SE: 316 HU (W)

Im: 4+C

Nov 24 2003  
02:42:46 PM

R  
A  
I





# Arteria renalis aneurysma

CTA 8 detektoros spirál CT-vel



3D

SPR

Volume Rendering No cut

DFOV 13.0 cm

R  
R  
S

L  
P  
I

No VOI

W = 1330 L = 420

IAL



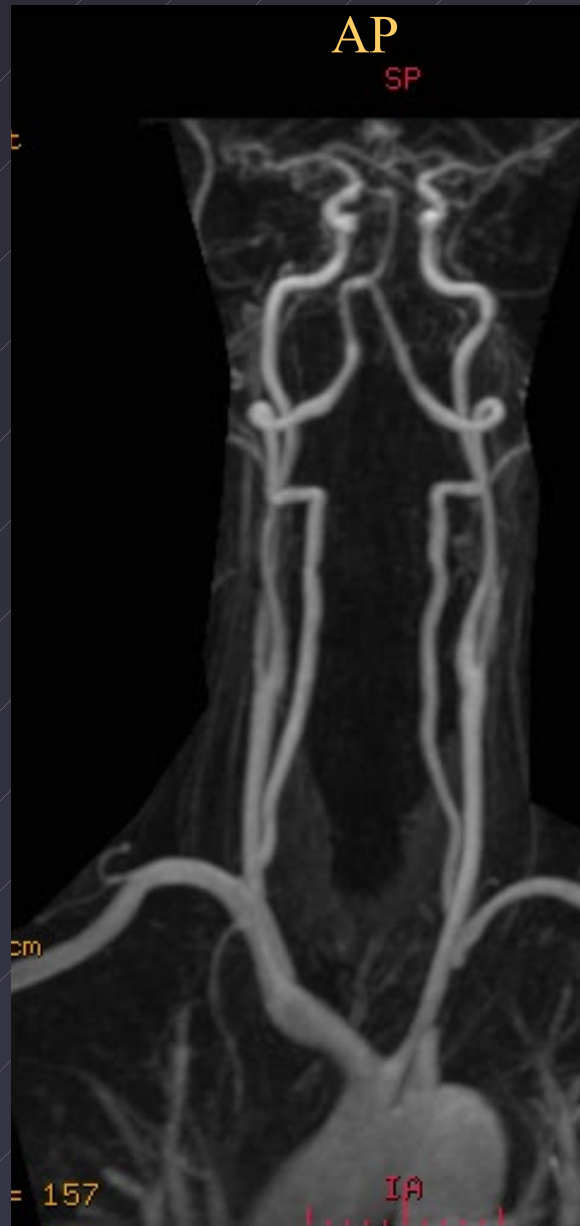
# Kétoldali renalis stent: CTA „curved” reformáció



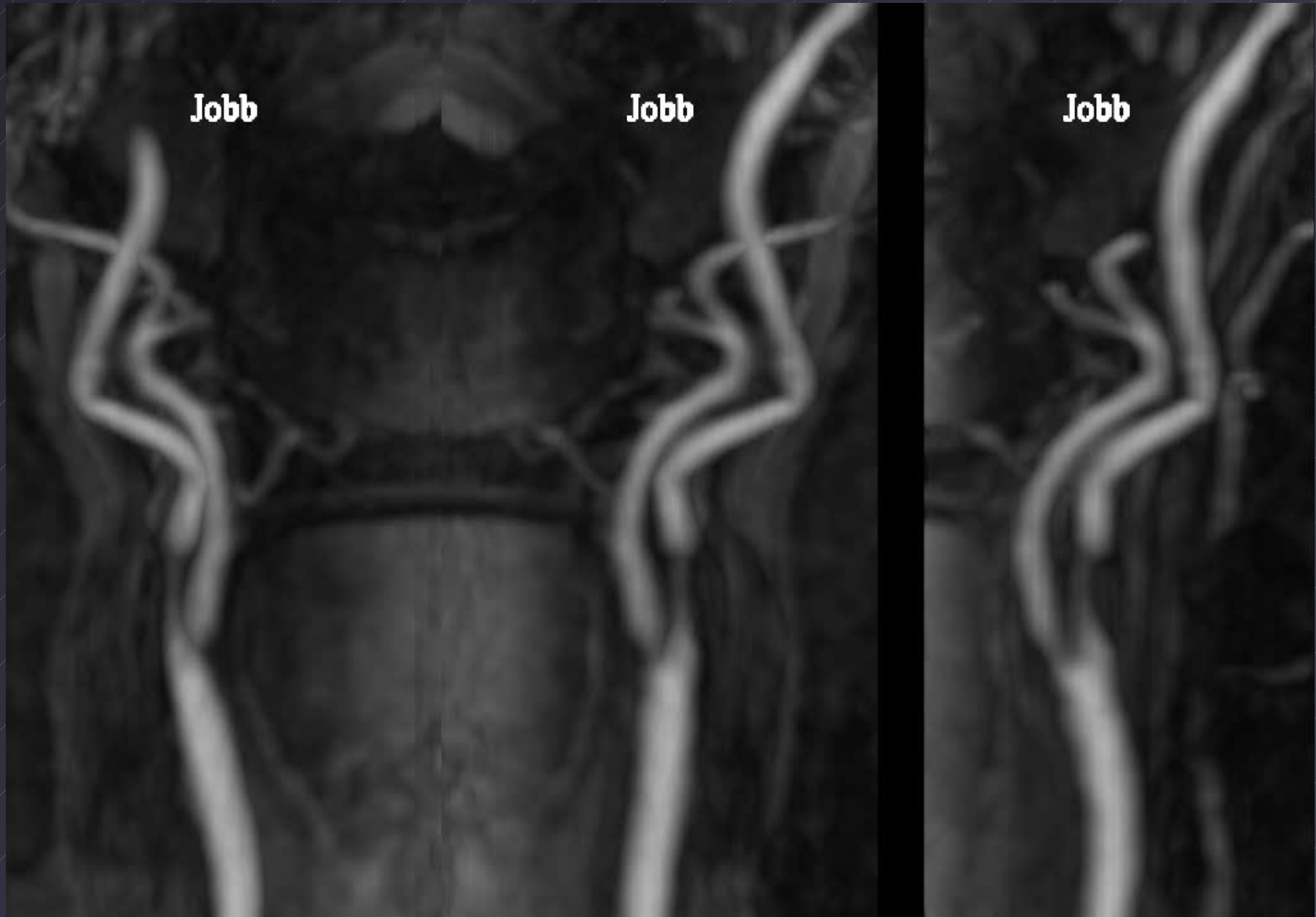


- ◆ Cerebrovascularis rendszer – carotis stenosis ?
  - » UH lelet alapján, műtéti indikáció megalapozása céljából (DSA alternatívája)
  - » Korlátozott értékű UH lelet esetén
    - tortuosus carotis rendszer
    - kontralateralis occlusio
    - post-op. viszonyok

# Supraaorticus artériák kontrasztanyagos MRA vizsgálata: Többirányú MIP ábrázolás



A. carotis interna stenosis:  
Vastagszeletes (20 mm) MIP ábrázolás



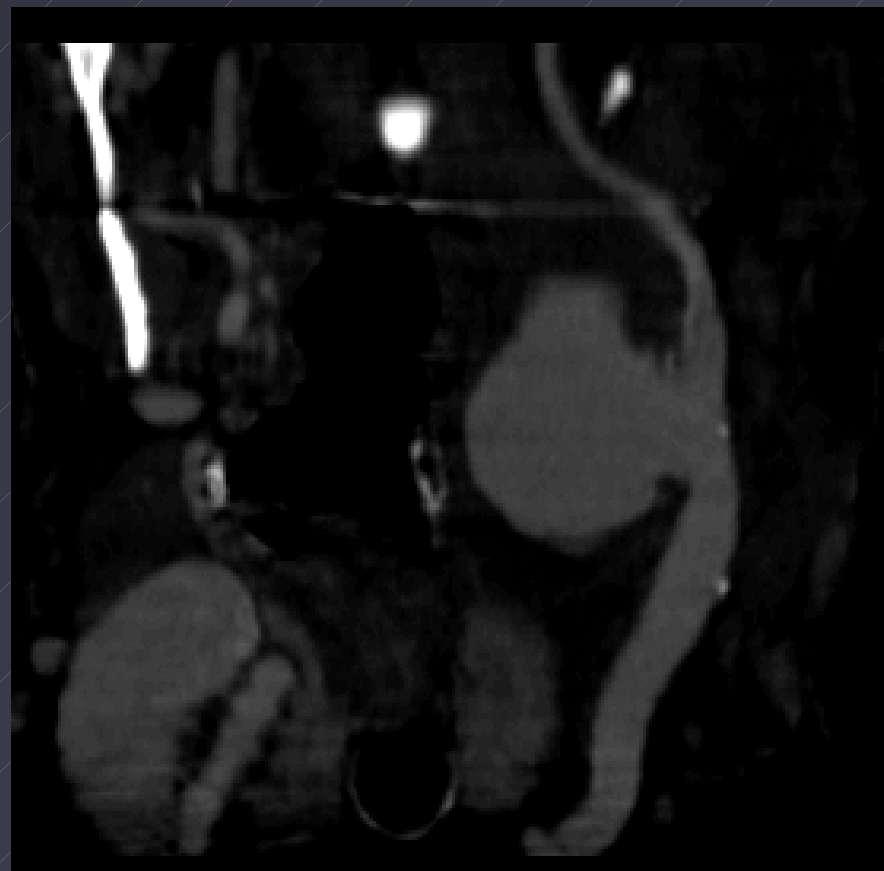
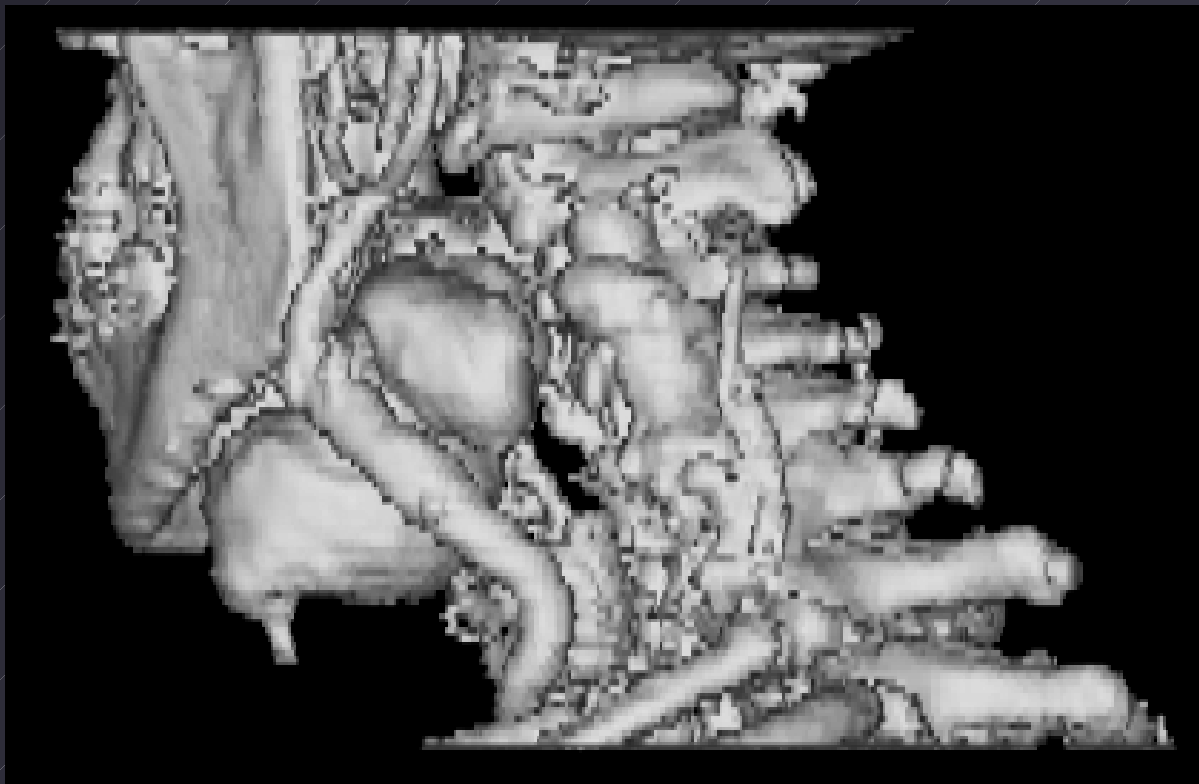
A. carotis interna stenosis:  
Vékony szeletes (5 mm) MIP ábrázolás



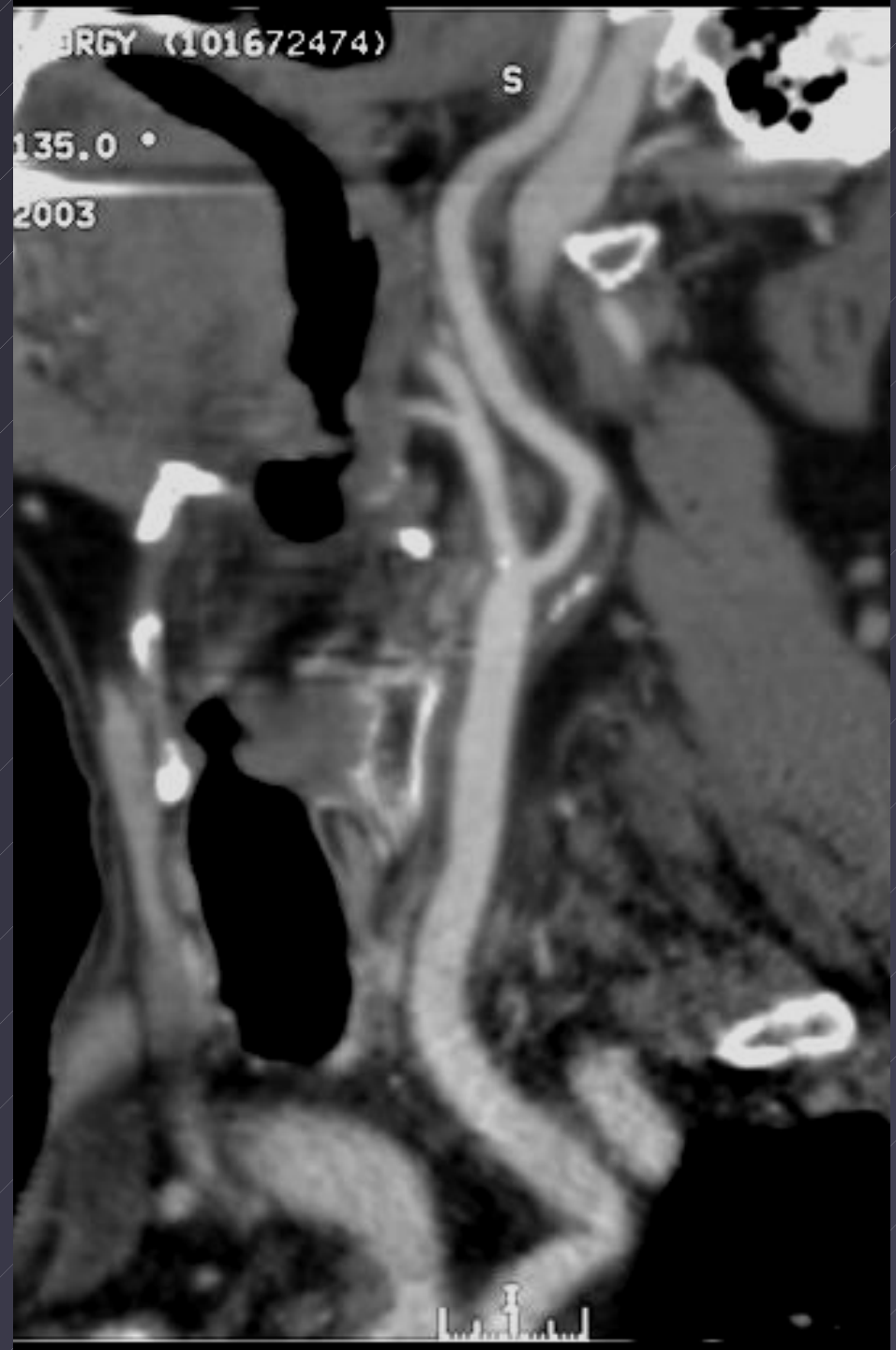


# CCA pseudoaneurysma

CTA egy detektorsoros spirál CT-vel



**ICA stenosis**  
CTA 8 detektorsoros  
spirál CT-vel

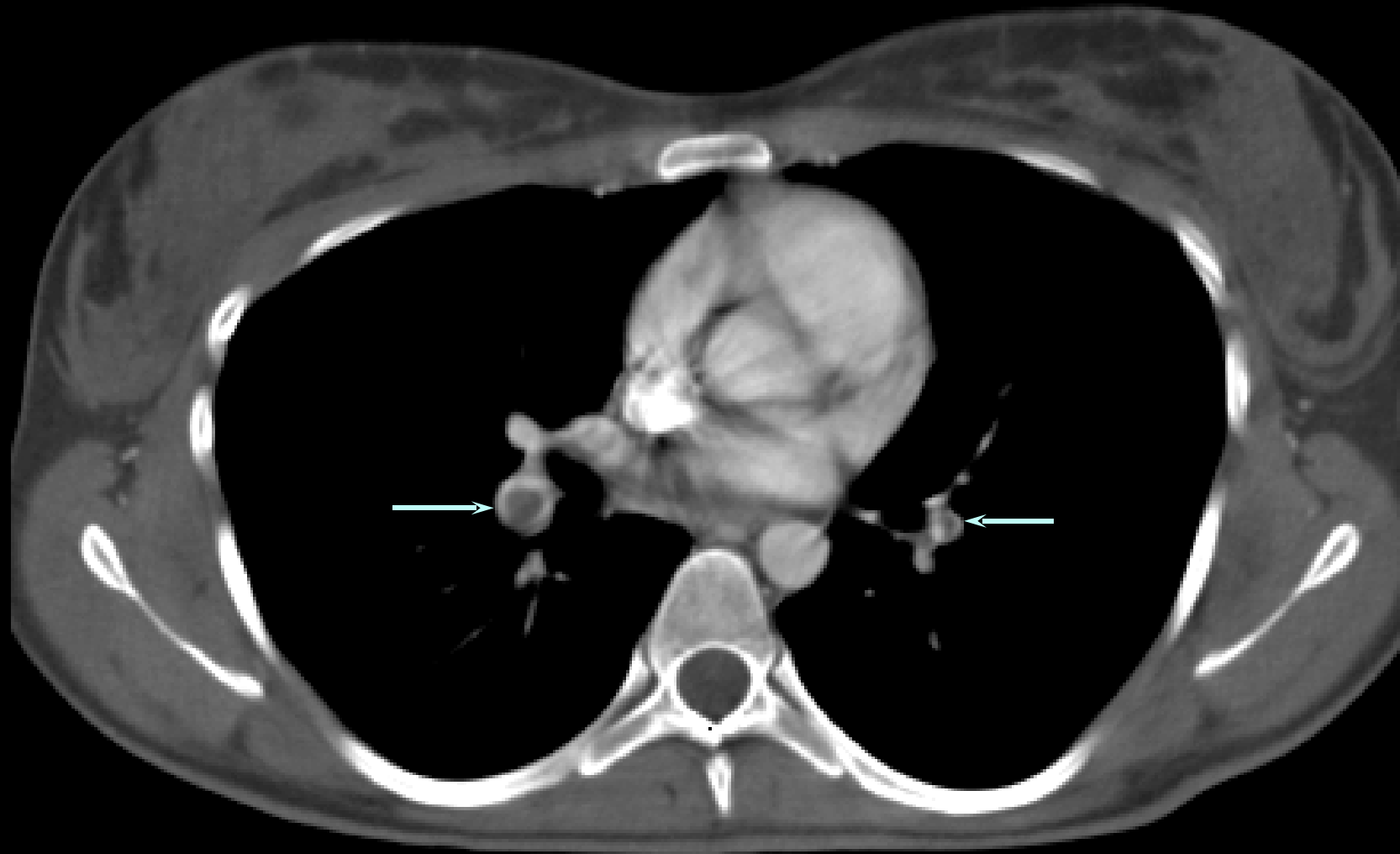


### ◆ Pulmonalis embolia

- » Akut PE gyanú esetén jelenleg a CTA az első választandó képalkotó eljárás
- » MRA a legkorszerűbb technika alkalmazása mellett lehet alternatíva

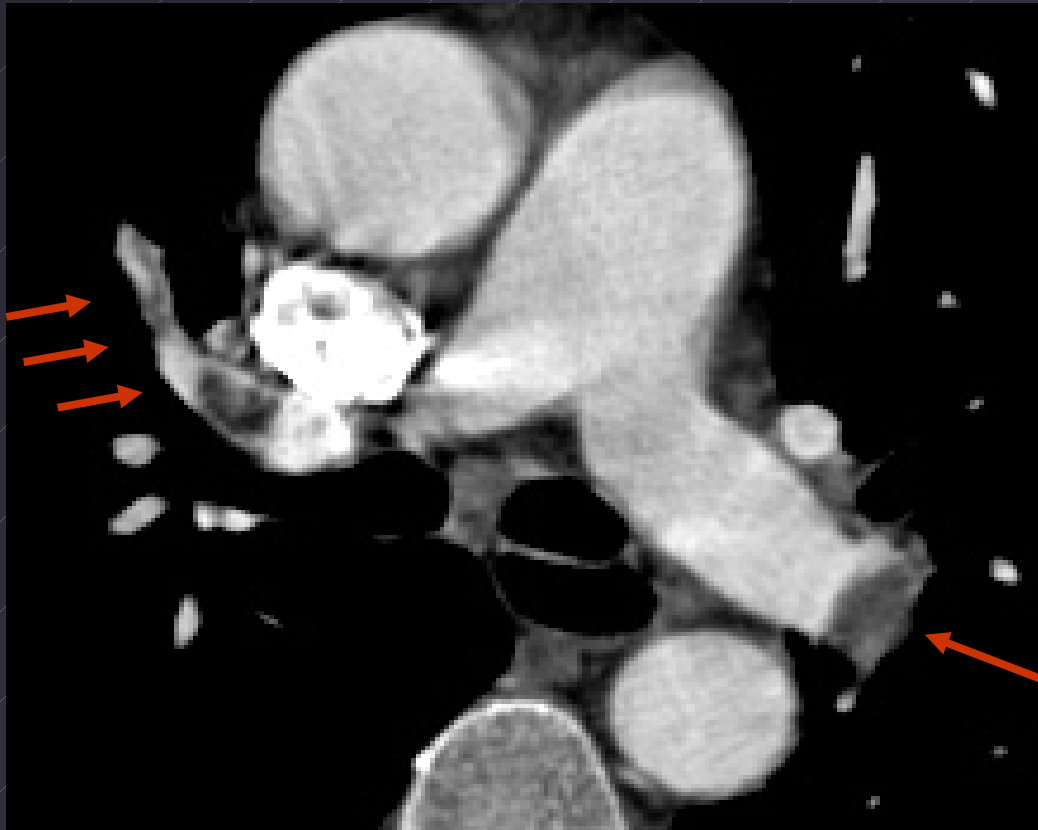
# Acut pulmonalis embolia

CTA - egy detektorsoros spirál CT



# Acut pulmonalis embolia thrombolysis előtt és után

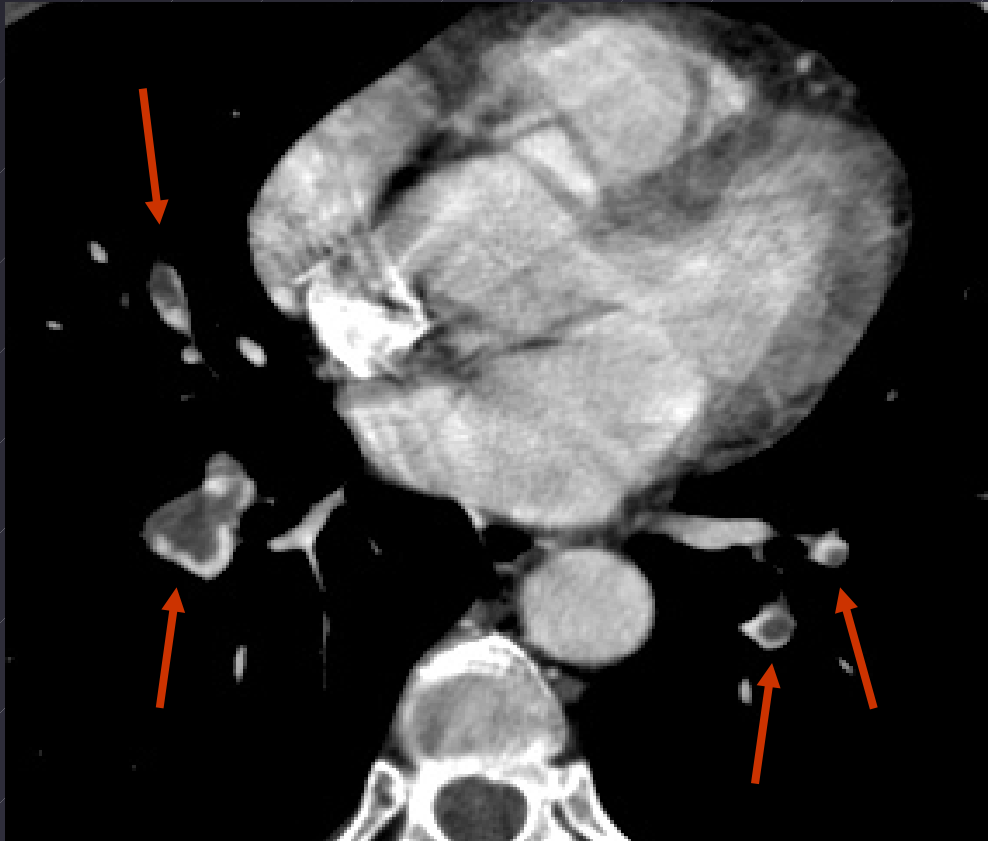
2004.07.07.



2004.07.12.



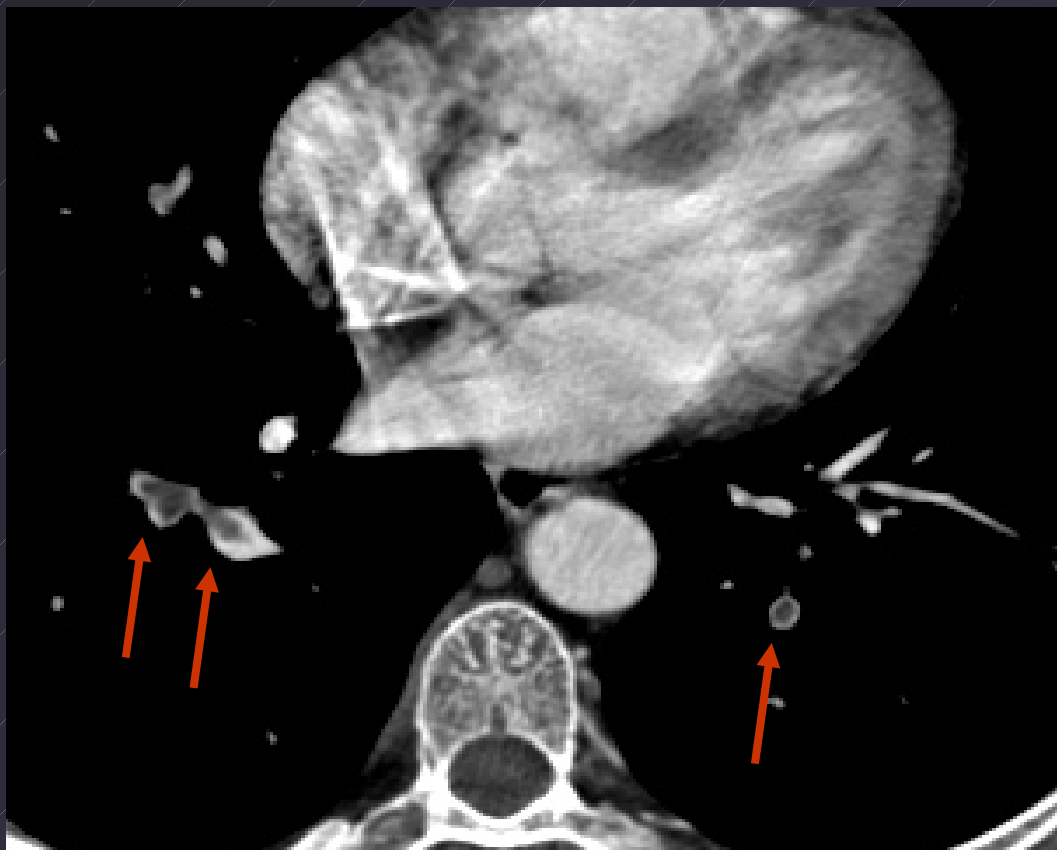
2004.07.07.



2004.07.12.



2004.07.07.



2004.07.12.

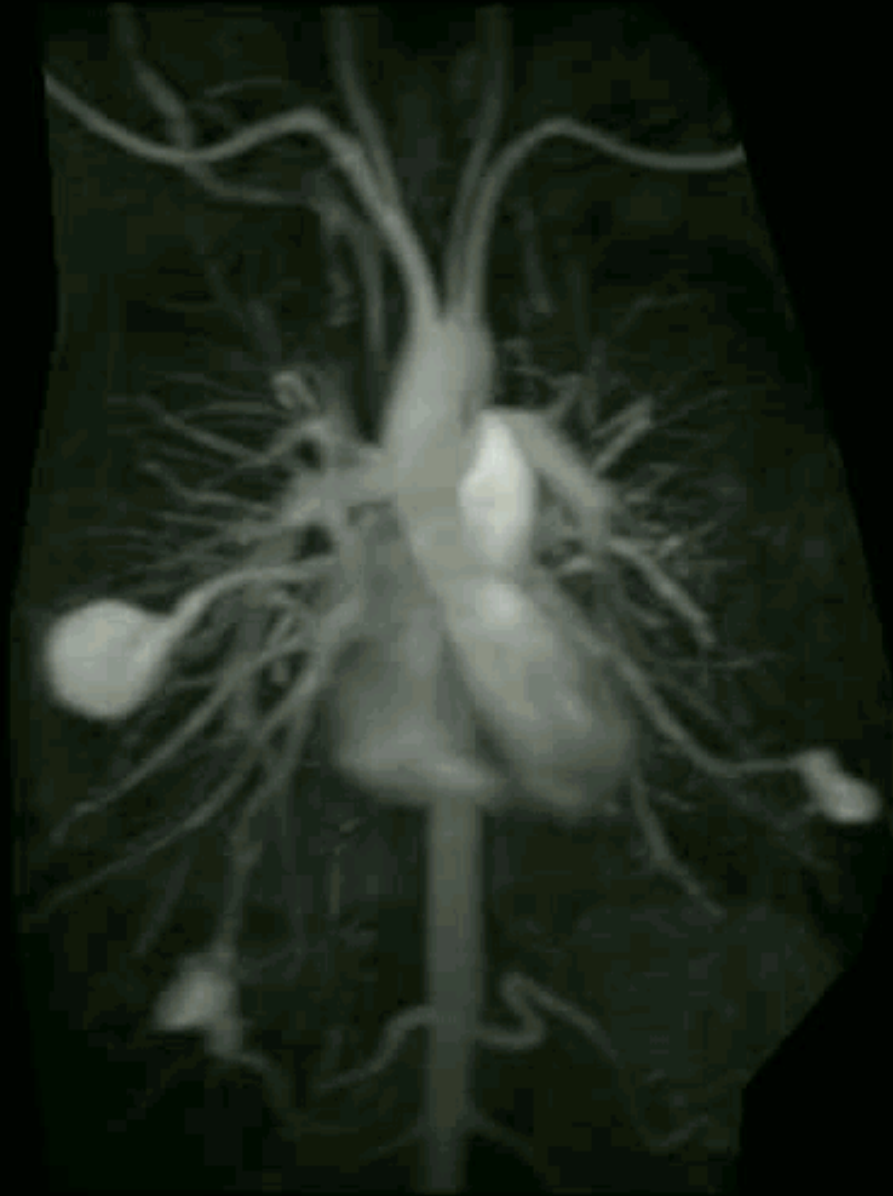






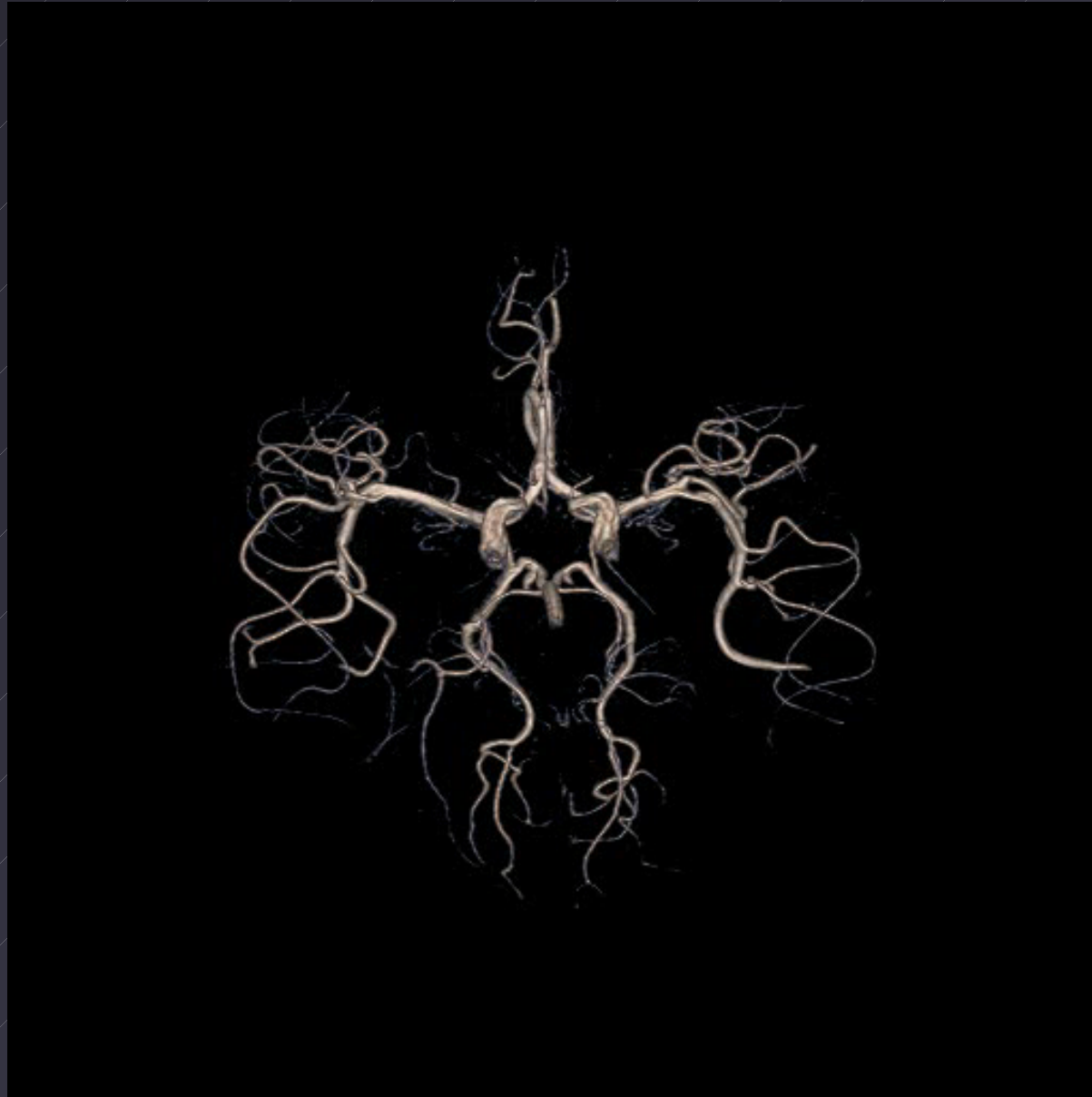
# **Multiplex pulmonalis AVM – Osler kór**

**CE-MRA MIP**

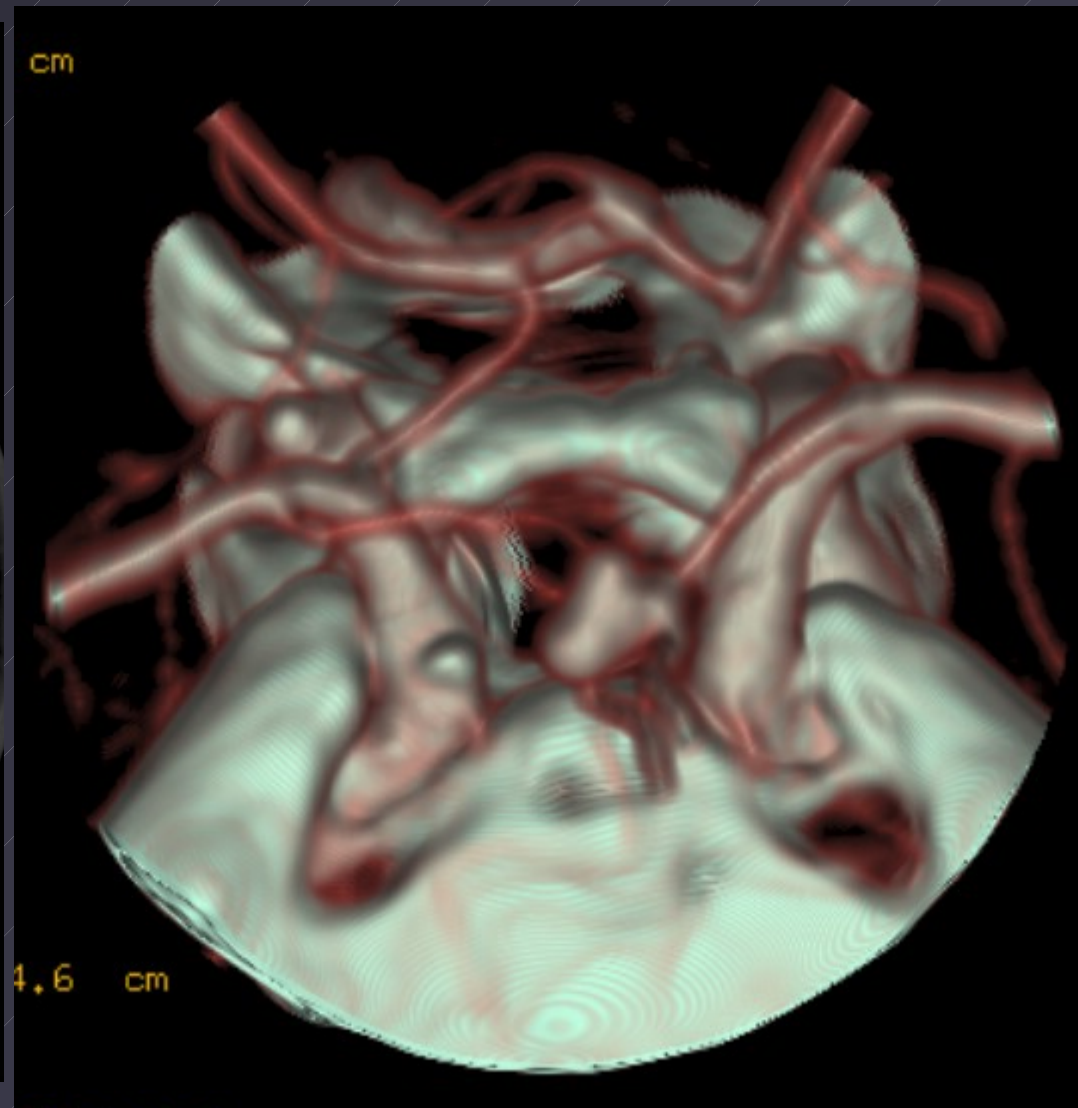
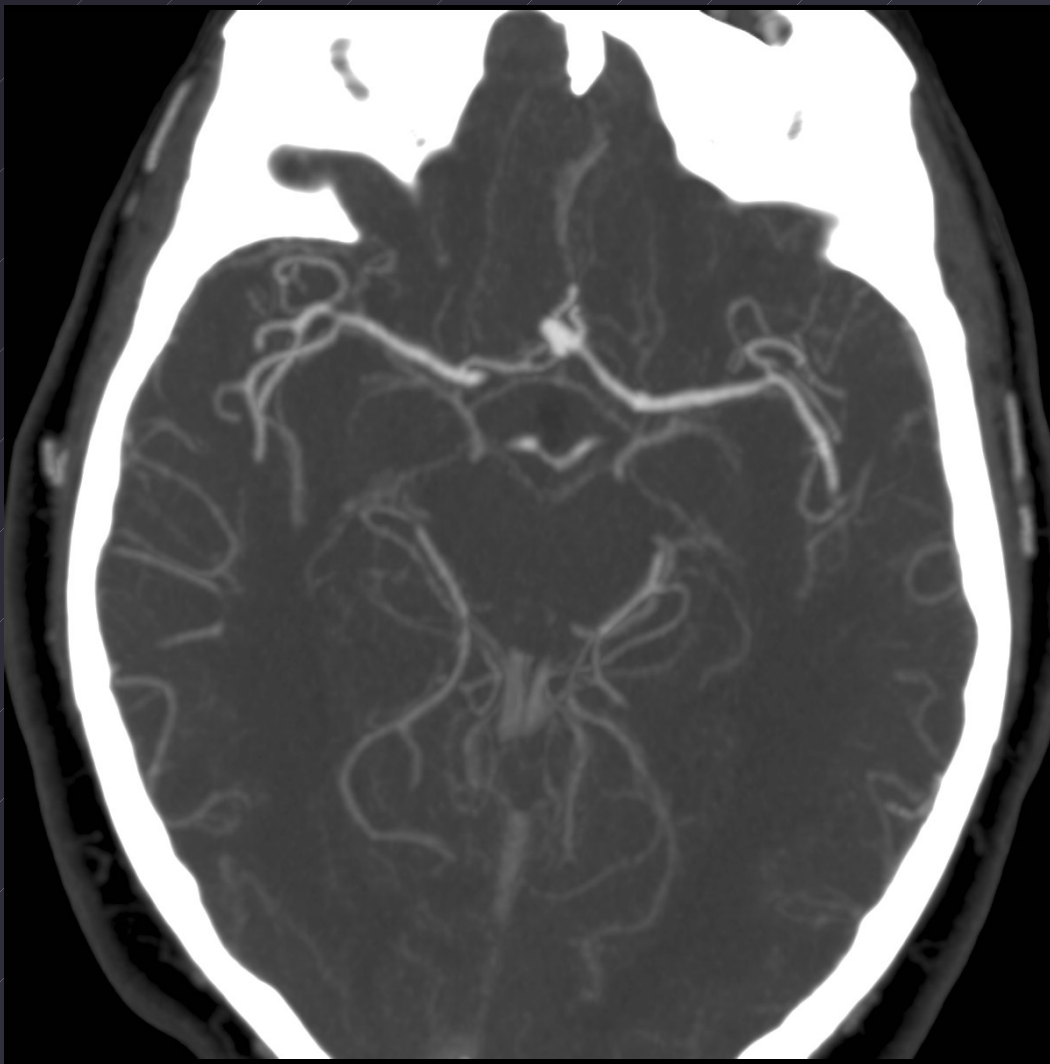


- ◆ Intracranialis artériák
  - » aneurysma – DSA, MRA kiegészítéseként célzottan
  - » Obliteratív eltérés – u.a.

# Kétoldali a.cerebri posterior aneurysma – TOF MRA

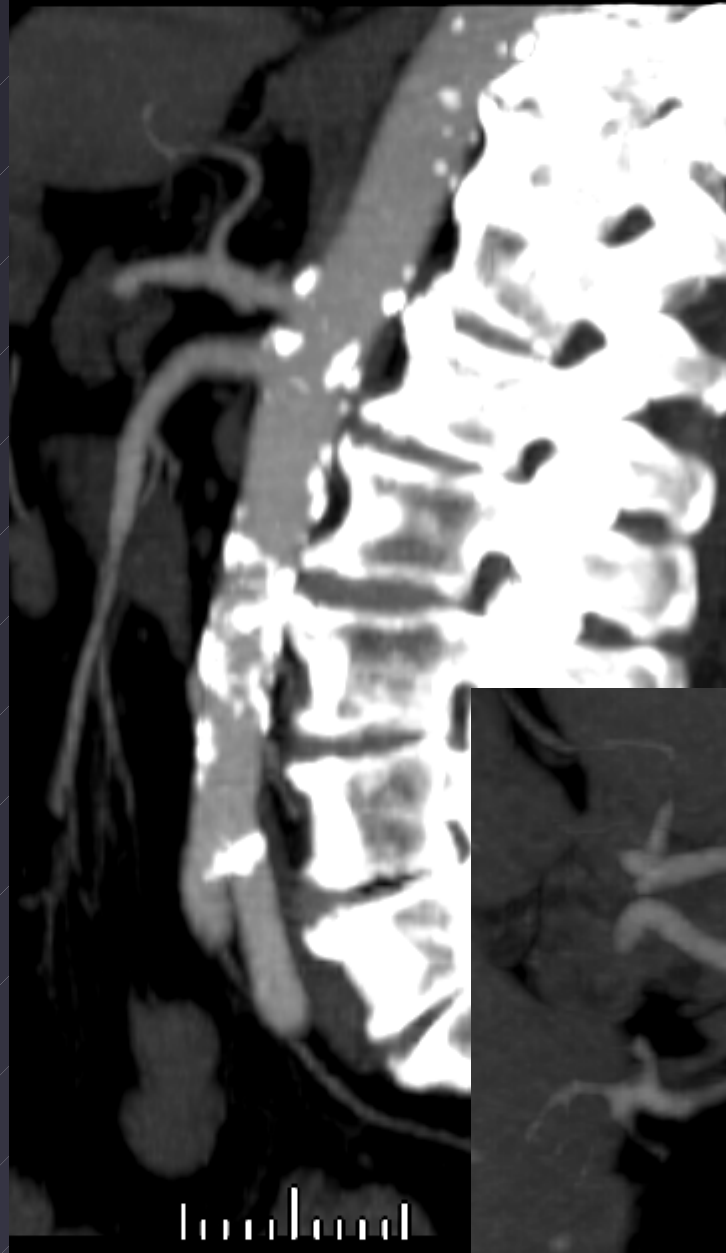


## A. communicans anterior aneurysma - CTA



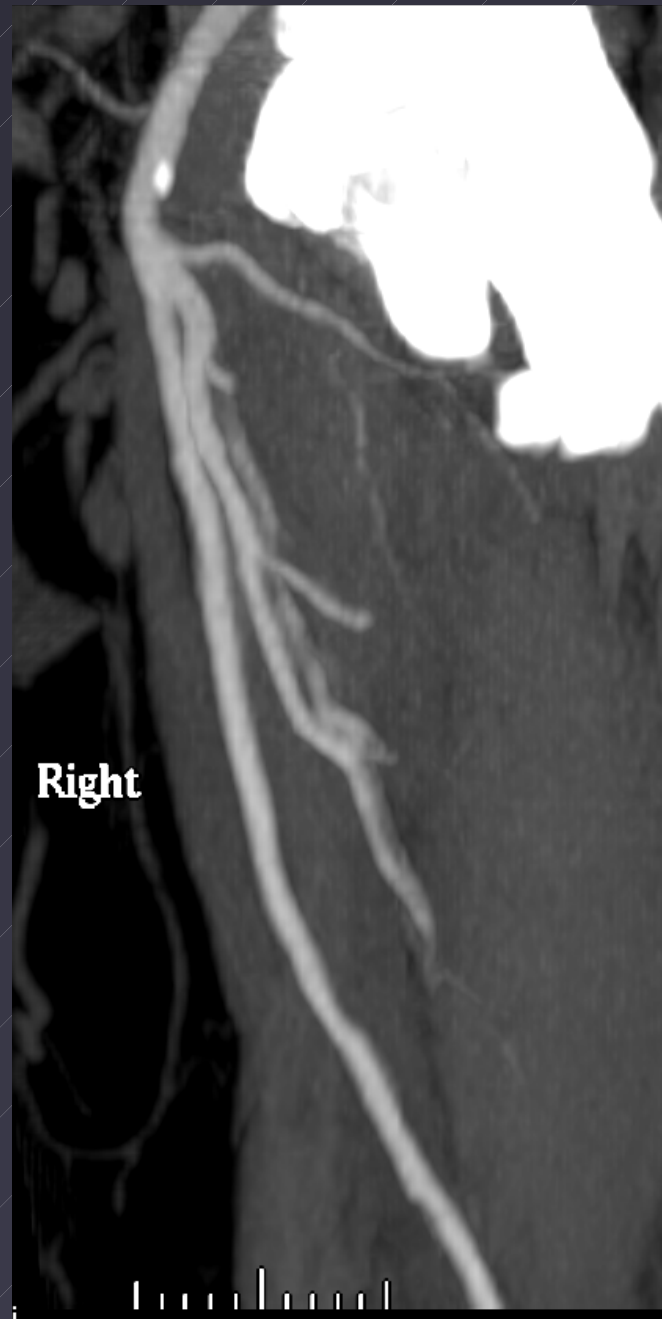
## CTA – MRA alkalmazásai

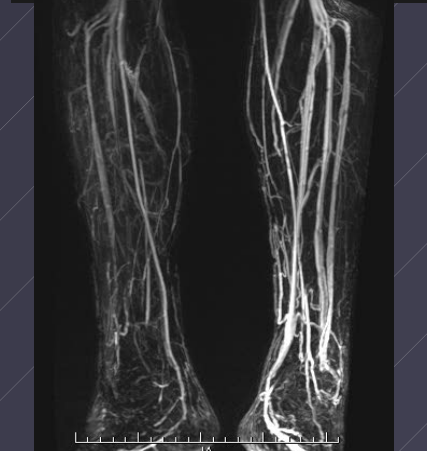
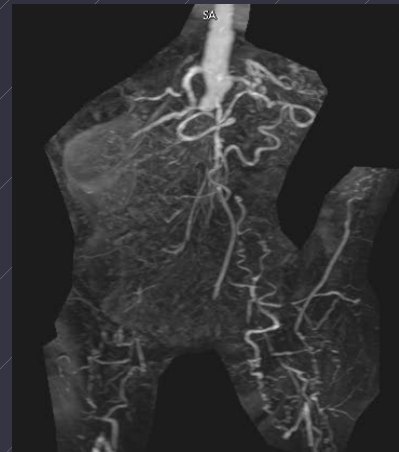
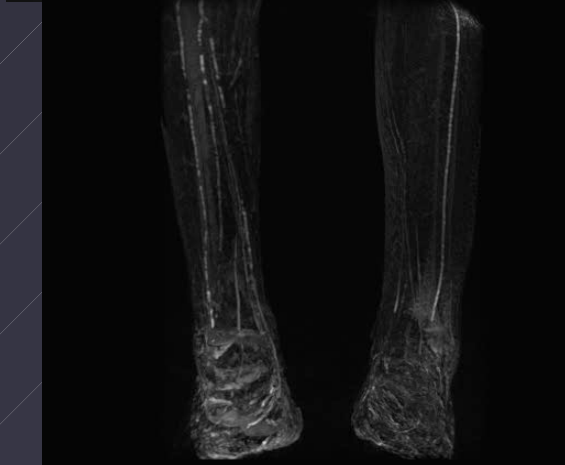
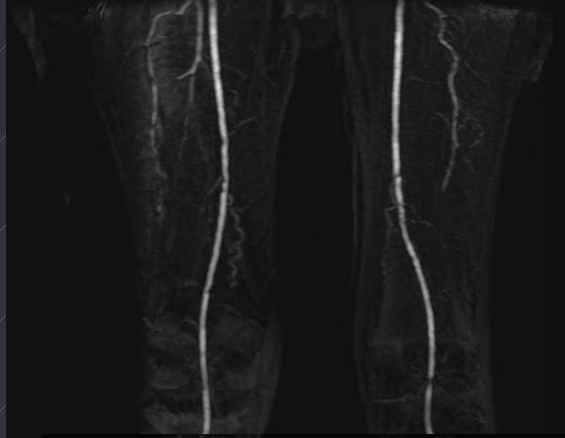
- ◆ Alsó végtagi artériák (MDCT-vel)
  - » DSA, MRA alternatívája



Teljes alsó  
végtagi CTA  
8 detektorsoros spirál  
CT-vel









# CTA – MRA alkalmazásai

- ◆ Preoperatív képalkotás
  - » Szerv transzplantáció
  - » Onkológia

# Kétoldali Wilms tumor 14 hónapos kisdobben

## Preoperatív CTA vizsgálat





# A szív CT vizsgálatának technológiai háttere

- ◆ Multidetektoros spirál-CT (MDCT)
  - » 4-64 párhuzamos detektorsor végez szimultán adatnyerést
  - » Vékony kollimáció (szeletvastagság): 0.4 - 1.25 mm
  - » Gyors csőrotáció: 0.35 - 0.5 sec
- ◆ Retrospektív EKG-gating, a szívfrekvenciához optimalizált képrekonstrukciós algoritmussal
- ◆ Analízis programok morfológiai és funkcionális kiértékeléshez

## Vizsgálati feltételek a beteg oldalán

- ◆ Ritmusos szív működés, lehetőleg szívfrekvencia  $< 70$  / min
  - » Opcionális  $\beta$  – blokkoló
- ◆ Légzésvisszatartási képesség (10-20 sec)

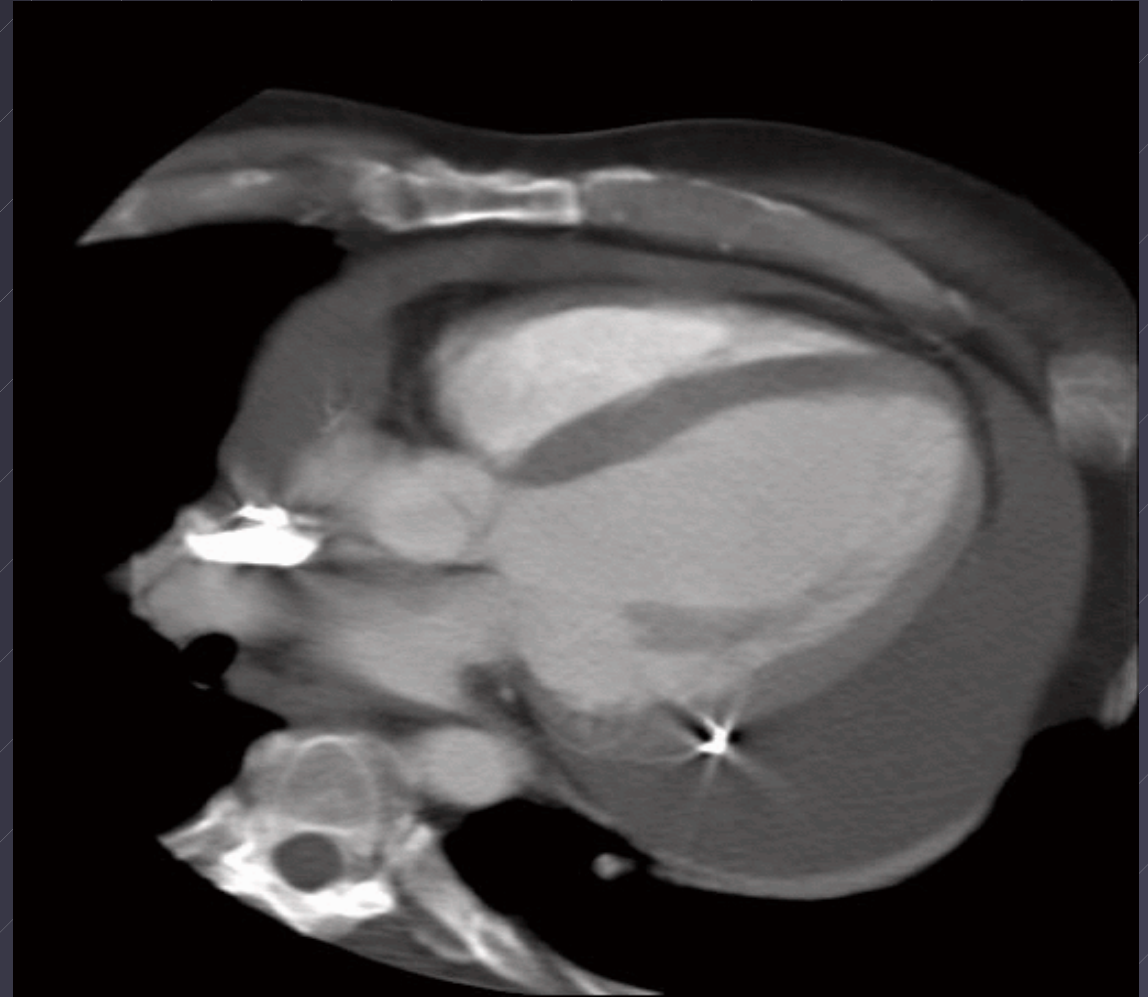
# A szív CT vizsgálatának lehetőségei

- ◆ **Morfológiai analízis**
  - » Koszorúér meszesedés felmérése (scoring)
  - » Koszorúér „festés” (CT-angiográfia)
  - » Falvastagság, izomtömeg
  - » Szívüregekben vérrög, daganat
  - » Billentyűk
  - » Szívburok – szív melletti képletek
  - » Nagyerek
  
- ◆ **Funkcionális analízis**
  - » Falmozgás
  - » Billentyű funkció
  - » Szív pumpafunkciója

## Folyadékgyülem a szívburokban

**EKG-vezérelt kontrasztanyag CT vizsgálat 8 detektorsoros CT-vel:  
mozgókép a többfázisú adatfelvételtől**

- ◆ Pacemaker beültetés miatt MRI nem végezhető, a többszörös elektróda a képen is látható
- ◆ Kóros képlet a szív körül nem azonosítható
- ◆ A bal kamra fal mozgása igen renyhe



# Koronária CT-angiográfia (CTCA)

- ◆ Izotrópiás képalkotás:  $\geq 16$  detektorsor MDCT
  - » Kis FOV: pixel méret  $\simeq 0.5 \times 0.5$  mm
  - » Vékony kollimáció: metszetvastagság = 0.4 - 0.6 mm
- ◆ Gyors mérés: szívfrekvencia és berendezés függvényében 10-25 sec elég a teljes szív (+koszorúerek) ábrázolására
- ◆ Intravénás kontrasztanyag bólus
  - » 100 – 150 ml (350 mg/100ml)
  - » 4 ml/sec
- ◆ Többfázisú retrospektív képrekonstrukció a nyersadatokból (pl.: az RR ciklust 20 részre osztva 5 %-onként) – kiválasztható az egyes koszorúér szegmentumok optimális ábrázolódásának fázisa
- ◆ Félautomatikus vaszkuláris analízis programcsomag az érlumen kirajzolására és stenosis meghatározásra
- ◆ Volumen (3D) ábrázolás

# CTCA lehetőségei

- ◆ CTCA biztonsággal ábrázolja
  - » Koszorúér főtörzsek és elsődleges ágak
  - » Plaque-ok a koszorúereken és aortagyökön
  - » Intraluminalis thrombus (akut-szubakut)
  - » Bypass graftok (proximális anastomosis és átjárhatóság)
  - » Koszorúerek anomáliás eredése és/vagy lefutása
- ◆ Korlátozottan ábrázolható
  - » A koszorúerek disztális lefutása
  - » Sztenózisban a reziduális lumen, főként kalcifikált plaque-ok szomszédságában
  - » Pontos sztenózis mérés
  - » Bypass graftok disztális anastomosisa és kiáramlása
  - » In-stent sztenózis
- ◆ A CTCA pozitív prediktív értéke mérsékelt (~76 %)
- ◆ A negatív prediktív érték magas (~97 %)

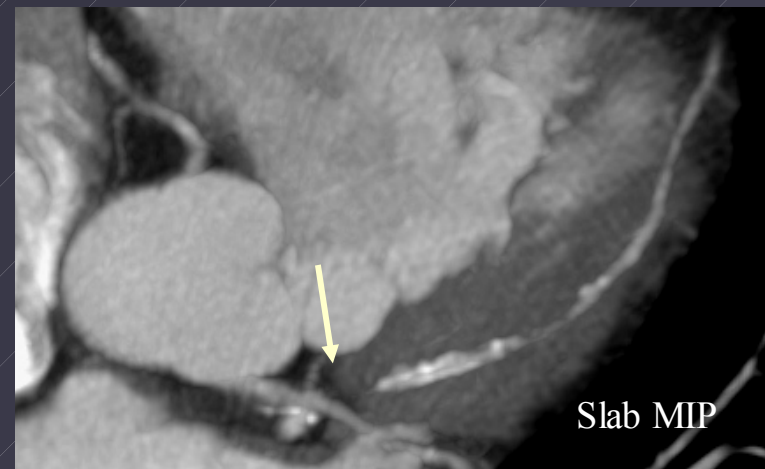
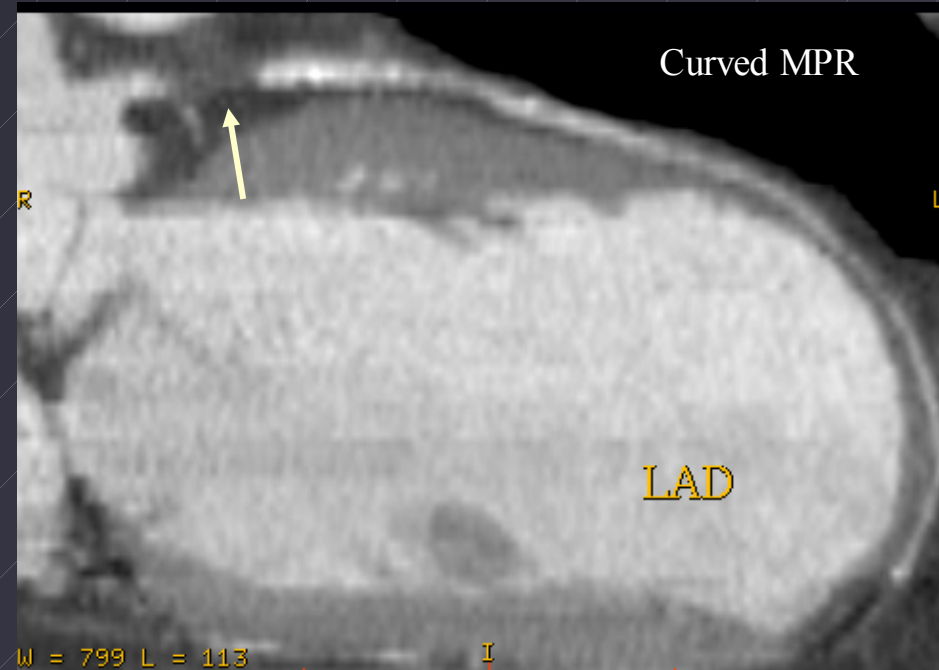
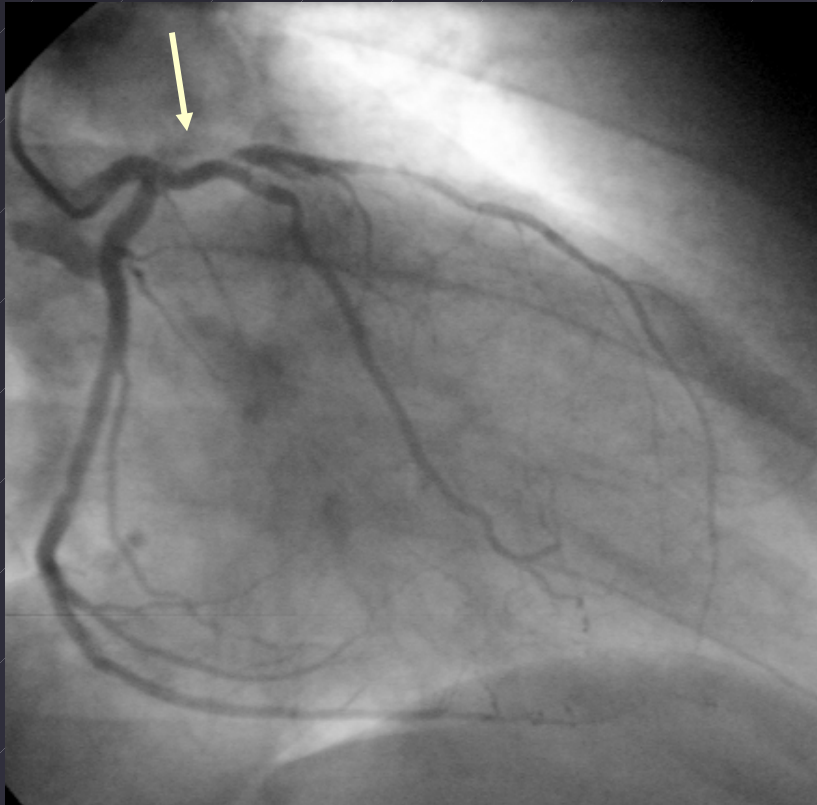


## CTCA indikációi

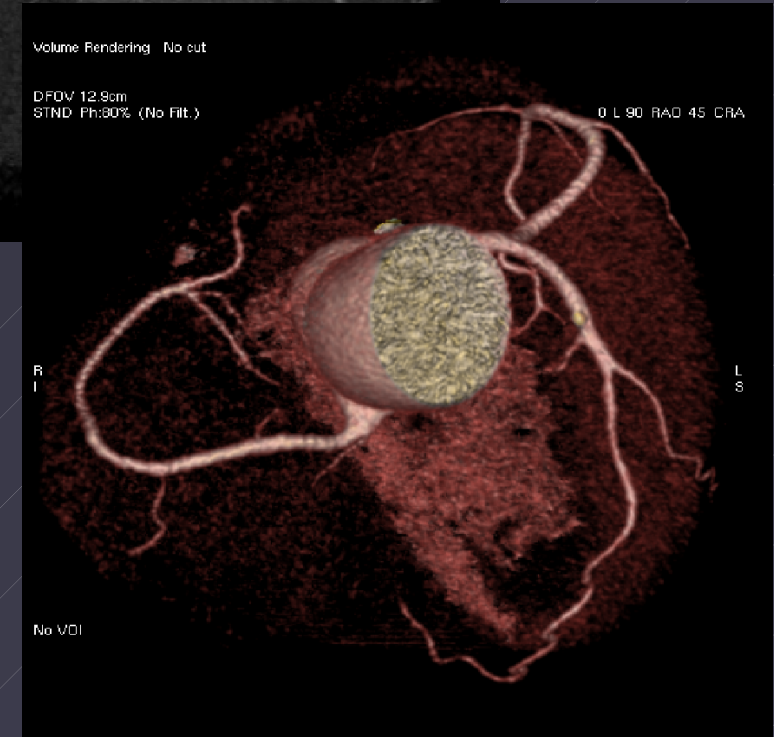
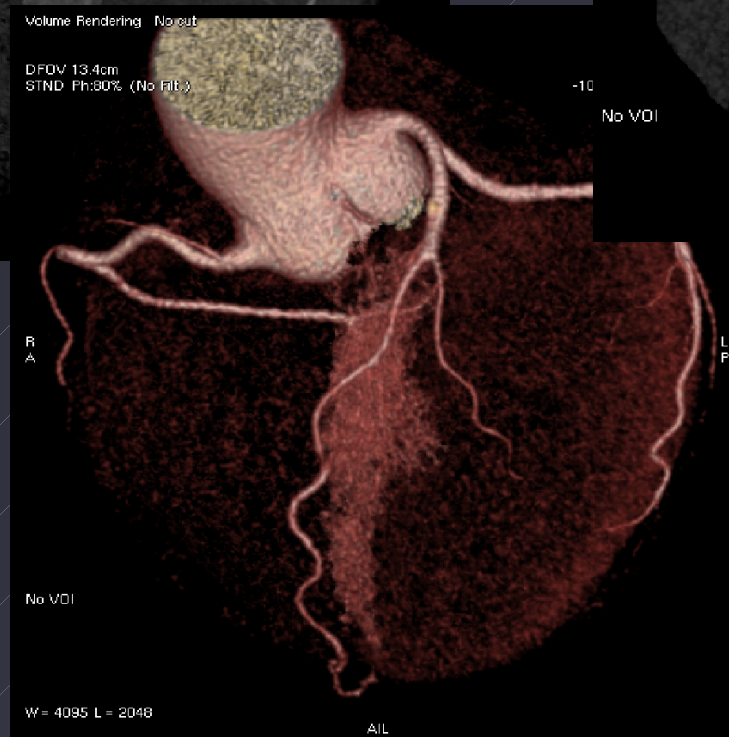
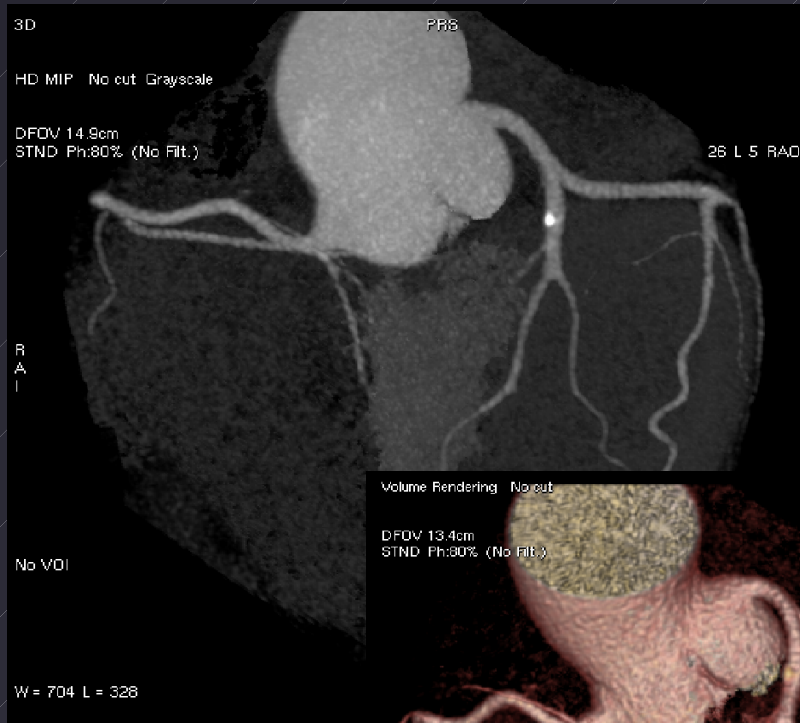
- ◆ Krónikus és stabil angina, kivéve:
  - » Koszorúér betegség diagnózisa már megalapozott
  - » CCS score magas (III-IV)
- ◆ Atípusos mellkasi fájdalom
  - » Koszorúér betegség kizárása
  - » Anomália kimutatása
- ◆ (Instabil angina rizikófaktorok nélkül ?)
- ◆ Post CABG mellkasi fájdalom
  - » Korai graft elzáródás észlelése
- ◆ Katéteres intervenció nyomonkövetése
- ◆ Vaszkulitisz
  - » Takayasu
  - » Kawasaki
  - » PAN
- ◆ Katéterezés magasabb rizikója (pl.: aorta dissectio)

# A proximalis LAD segmentalis elzáródása

Katéteres koronarográfia, curved MPR és MIP reformáció



# Koronária CT-angiográfia (CTCA) 64 szeletes MDCT-vel



## CTA előnyei

- ◆ Érlumen, érfal és perivascularis tér egyidejű direkt ábrázolódása
- ◆ Califikált plakkok jól láthatók *(néha túl jól)*
- ◆ Áramlási műtermék mentes
- ◆ Tetszőleges irányú ábrázolás
- ◆ I.v. kontrasztanyag adás - (technikailag nehezített katéterezés esetén kedvező)
- ◆ (Ma már) viszonylag hozzáférhető

## CTA hátrányai

- ◆ Verticalis irányú kiterjeszhetőség (egy soros CT esetén) korlátozott- kiáramlás ??
- ◆ Időigényes post-processing
- ◆ Statikus információ
- ◆ Magas kontrasztanyag dózis (2 ml/tskg), nephrotoxicus kontrasztanyag
- ◆ Kooperáció-függő
- ◆ Röntgensugár expozíció

# CT korlátja

- Ionizáló sugárzás
  - » hagyományos rtg felvétel dózisének akár 50-100-szorosa !
  - » direkt sugár expozíció
  - » + szórt sugárzás (egy-két nagyságrenddel kisebb)

Pl.: átlag mellkasi CT vizsgálat során a szerveket érő dózis (mGy):  
tüdő – 17.6 pajzsmirigy – 5.6 szemlencse – 0.37 ovarium –  
0.17

(Mini et al. Radiology 1995; 195:557-562)

# CT (röntgen) kontrasztanyag mellékhatások - szövődmények

- ◆ Ozmotikus irritáció
  - » Melegségérzés
  - » Vagotonia, nausea, hányás (ionos k.a-okkal gyakori volt)
- ◆ Allergiform reakció
  - » Hisztamin mediált anafilaktoid mechanizmus
  - » Enyhe esetben bűrtünetek (azonnal vagy néhány óra múlva jelentkeznek)
  - » Quincke ödéma, fulladás
  - » Anafilaxiás sokk
- ◆ Nefrotoxikus hatás
  - » Beszűkült vesefunkció, emelkedett Se-kreatinin szint relatív kontraindikáció

# MRI előnyei

- **Sugármentes, nem-invazív**
- Finom kontrasztfelbontás
  - » ép / kóros elhatárolódás
  - » legjobb elérhető szövetspecificitás
- I.v. kontrasztanyag (Gadolinium) kevesebb mellékhatást okoz, **nem nefrotoxikus**
- Erek kontrasztanyag nélkül is ábrázolódnak
- Direkt tetszőleges síkú ábrázolás



# MRI korlátai

- Hosszabb vizsgálati idő (20-40 perc),
  - » 4-5 éves kor alatt sedálás-altatás szükséges
- Nehezebben hozzáférhető a beteg
  - » monitorozás problematikus lehet
- Finom tüdőszerkezet nem megítélhető
- Inkompatibilis: pacemaker, egyes fém implantátumok
- Korlátozottan elérhető + drága

## CTA versus CE-MRA

	CTA	MRA
Térbeli felbontás, részletgazdagság	+++	++
Haemodynamikai információ	-	+
Nephrotoxicitás	++	-
Röntgensugár expozíció	+++	-
Kooperáció függés	++	+++
Vizsgálati idő	+	++
Utólagos adatfeldolgozás	++	++
Költség	++	+++

# Konklúzió

- ◆ A technológia jelentős fejlődése a keresztmetszeti képalkotó módszerek felbontását és gyorsaságát olyan mértékben javította, hogy a már korábban is ismert alkalmazások (nagyerek, mellkas, paracardialis régió...) mellett egyre inkább maga a szív és a kisebb erek anatómiai és funkcionális megítélése a cél
- ◆ Nem-invazív módszerek betegre / betegségre szabott kombinációja elégséges lehet diagnózis felállítására és a követésre
- ◆ Invazív katéteres megközelítés az esetek egy részében továbbra sem nélkülözhető, de az egyre inkább a bővülő terápiás beavatkozások vezérlő módszerévé válik