

NEURORADIOLOGIE

Miloš Keřkovský a kolektiv autorů
Kliniky radiologie a nukleární medicíny
LF MU a FN Brno

Algoritmus vyšetření

Ultrazvuk

Prosté snímky

Kontrastní vyšetření – PMG

CT

MR

SPECT

PET

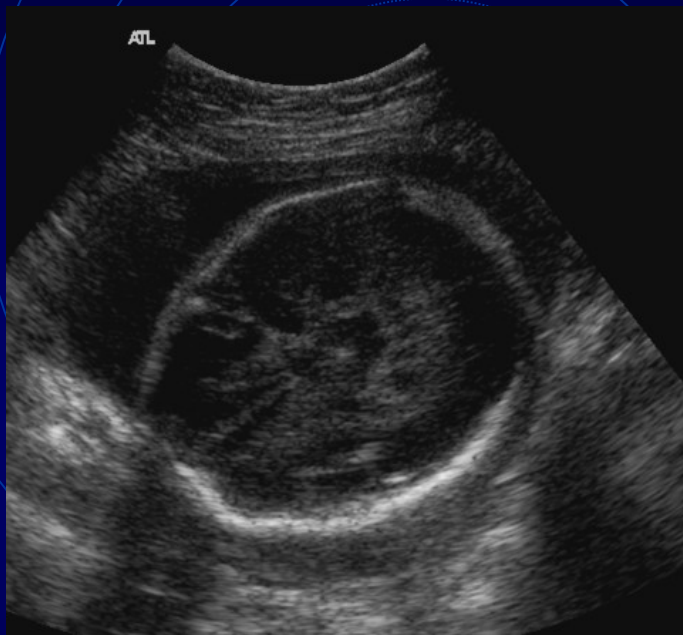


Perimyelografie (PMG)

Ultrasonografie

- Neinvazivní metoda
- Bez záření
- Možnost opakování
- Vyšetřování v dětském věku - *prenatální* diagnostika, *perinatalní* poškození, sledování v kojeneckém věku – vyšetření přes fontanelu
- Vyšetřování cévních struktur u dospělých, TCD (transkraniální dopplerovské vyšetření), magistrální tepny mozku

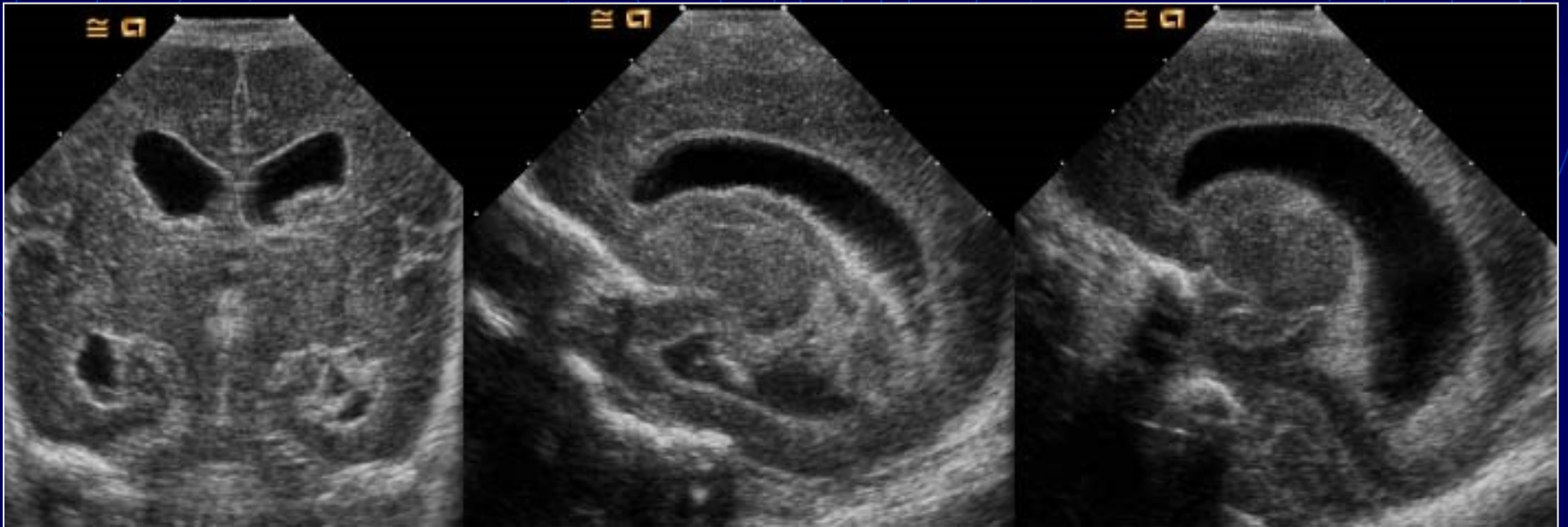
Ultrasonografie



Prenatální UZ vyšetření

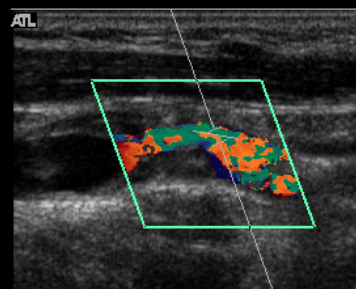
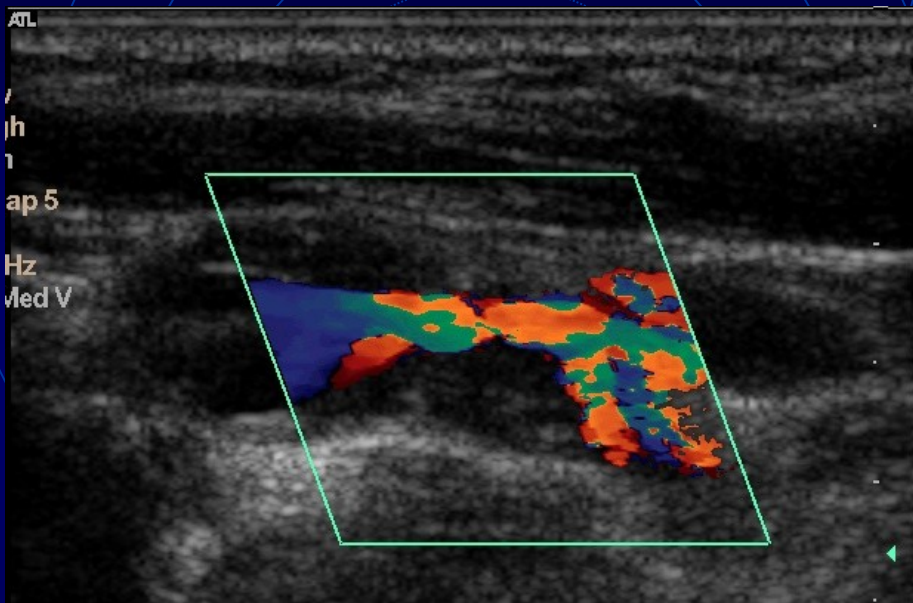


Ultrasonografie



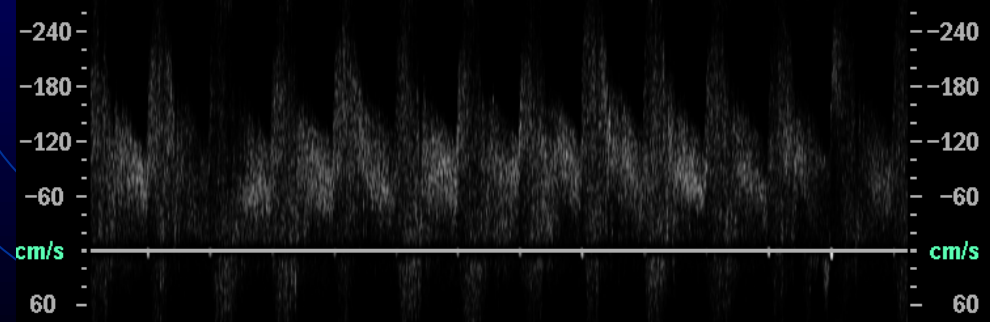
UZ zobrazení mozku novorozence

Ultrasonografie



SV Angle -60°
Dep 1.4 cm
Size 1.5 mm
Freq 6.0 MHz
WF Low
Dop 58% Map 3
PRF 14286Hz

Dopplerovské UZ zobrazení bifurkace a. carotis communis se stenózou, kde dochází k patologickému urychlení a turbulenci toků



Skiagrafie - prosté snímky

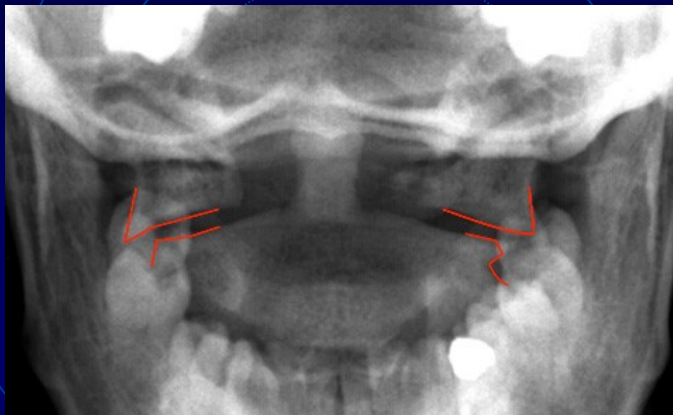
- Základní projekce: AP, PA, laterální
- Speciální projekce
 - Lebka: semiaxiální, Stenversova, Schullerova, Townova..
 - Páteř: šikmé projekce, funkční snímky (flexe, extenze)
- **Nejčastější indikace:**
 - Lebka
 - Trauma obličejového skeletu (podrobnější hodnocení pomocí **CT**), snímky paranasálních dutin (sinusitis) - semiaxiální projekce
 - **Není indikace pro detekci traumatu kalvy**
 - osteolytické změny skeletu kalvy (myelom..)
 - Stomatologie: ortopantomogram (OPG)
 - Páteř
 - Traumata
 - Degenerativní změny
 - Vývojové abnormality (skolióza)

Skiagrafie - prosté snímky



Osteolytická ložiska – mnohočetný myelom

Skiografie – trauma páteře



*Fraktura oblouku C1, laterální posun fragmentů
Častá fraktura u skoků do vody.
Nestabilní*



www.radiopaedia.org

Teardrop fracture

Skiagrafie – trauma páteře

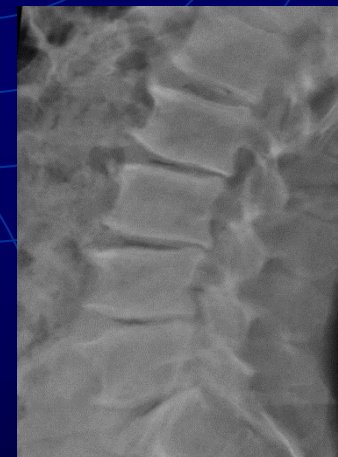
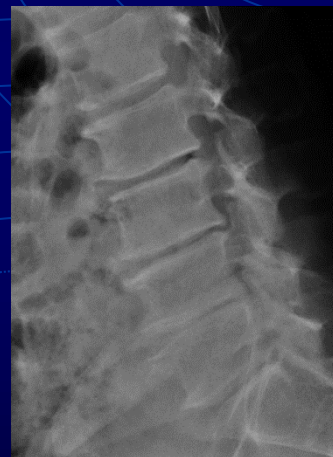
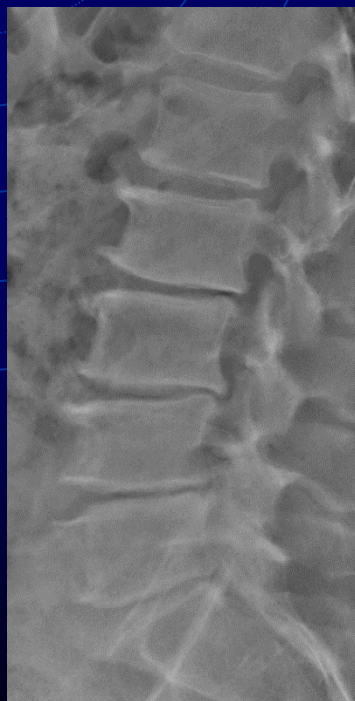


*Fraktura obratlového těla
L1, fraktura příčného
výběžku vpravo*

- Skiagrafie je základní metodou pro detekci traumatických změn páteře, verifikace a upřesnění typu fraktury pomocí cíleného CT

Skiagrafie – degenerativní změny páteře

- Celkové zhodnocení tíže degenerativních změn (vstupní vyšetření)
- Detekce kompresí obratlových těl (dif. dg.)
- Pro podrobnější zhodnocení (komprese nervových struktur) je indikováno vyšetření **MR**



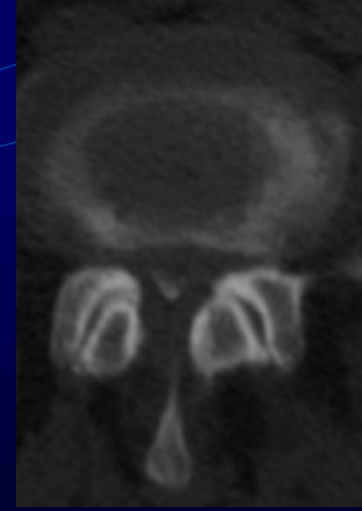
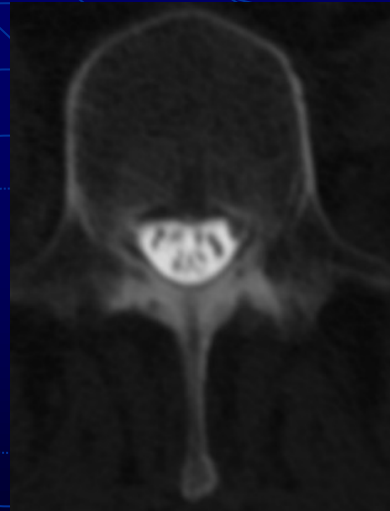
Funkční snímky – zhodnocení dynamiky při flexi a extensi, detekce patologických posunů - instabilita

Perimyelografie

- Intrathékální aplikace jodové kontrastní látky (lumbální punkce)
- Polohování pacienta
- Zobrazení kontrastní náplně likvorových prostor páteřního kanálu pomocí RTG nebo CT (CT perimyelografie)
- Indikováno pouze při **kontraindikaci MR**



Intradurální tumor v obraze PMG (vlevo) a MR (vpravo)



CT-PMG: normální páteřní kanál (vlevo) a degenerativní spinální stenóza (vpravo)

CT- výhody, omezení

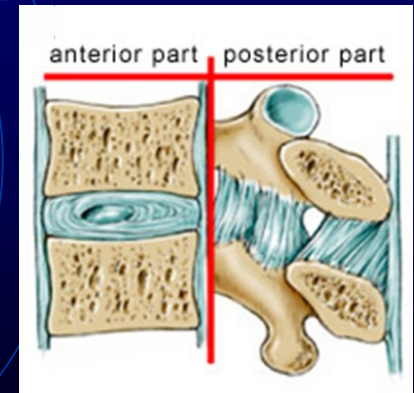
- Dostupnost
- Rychlost
- Dobré prostorové rozlišení – izotropní voxel (multidetektorové CT)
- **Radiační zátěž**
- **Nižší kontrast zobrazení**

Indikace CT

- **Traumata**
 - Skelet lebky, nitrolební poranění (krvácení)
 - Trauma páteře
- **Cévní mozkové příhody**
 - Vyloučení hemoragie, časně známky ischemie, CT angiografie (CTA) pro zobrazení nitrolebních tepen nebo žilních splavů, CT perfuze
- Ložisková intrakraniální patologie – vyloučení hrubé patologie - expanse, bližší došetření pomocí **MR**
 - Tumor, zánět (absces, cerebritis..)

CT- trauma páteře

- Prováděno obvykle cíleně na základě RTG nálezu
- Zobrazení celé páteře pouze v rámci polytrauma protokolu (vysoká radiační zátěž)
- CT je nezbytné pro detailní zhodnocení a klasifikaci typu fraktury
- AO klasifikace – Magerl et al. (1994), revize 2013
 - využívá 2 sloupcový biomechanický model páteře
 - přední sloupec – tlakový (obratlové tělo, ploténka, podélné vazy)
 - zadní sloupec – tahově-ohybový (intervertebrální klouby a kostní, chrupavčitá a vazivová tkáň, která je spojuje)



CT- trauma páteře

- AO klasifikace

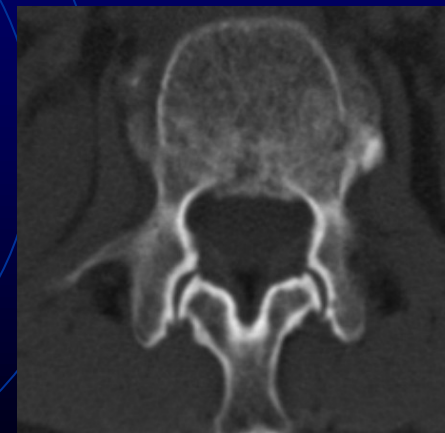
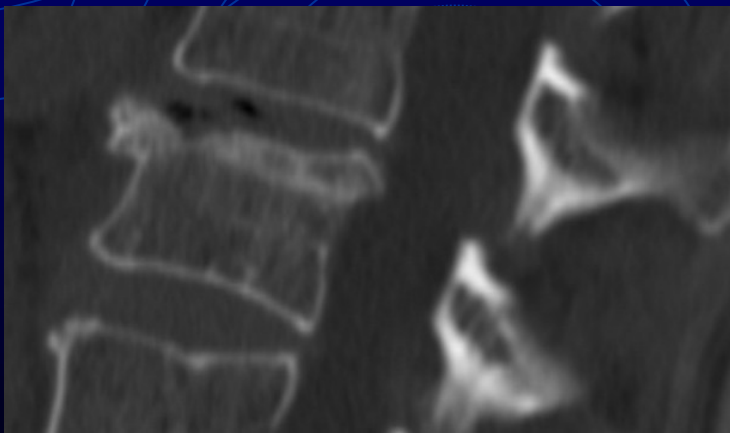
- Typ A1

- poranění jedné z krycích ploch obratle, není postižena zadní hrana obratle



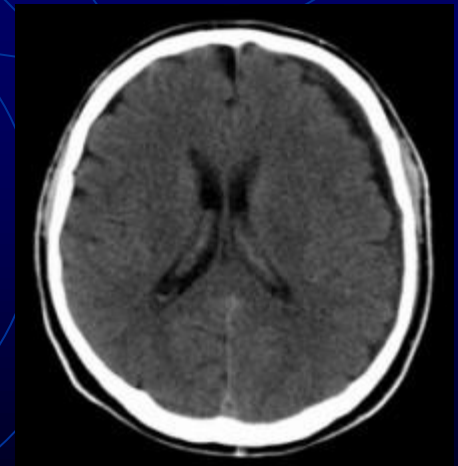
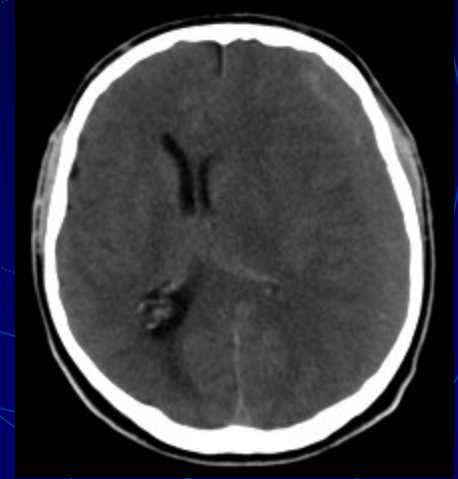
- Typ A3

- nekompletní tříštivá fraktura
- poraněna jedna krycí plocha obratle + postižení zadní hrany



Nitrolební krvácení

- Suverénní diagnostika čerstvé hemoragie z nativního CT vyšetření
- Denzity:
 - Čerstvý hematoma – koagulovaná krev – vysoké denzity
 - Hyperakutní krvácení, anemičtí pacienti - nízké denzity (izodenzní)
 - Chronický hematoma – postupné „odbarvování“ (3-4 dny) → posthemoragická cysta, subdurální hygrom atd. (3-4 t.)



Nitrolební krvácení

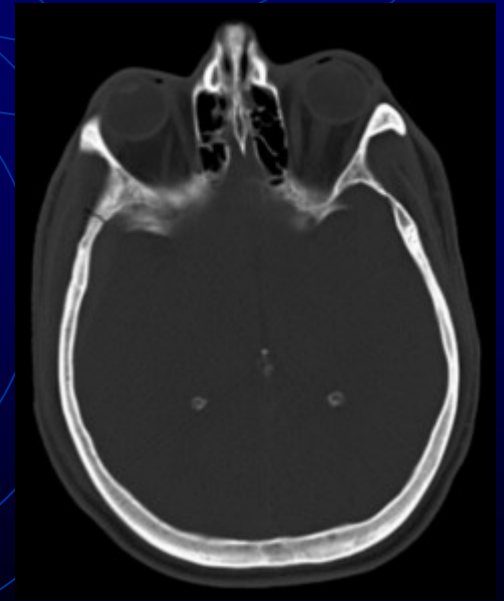
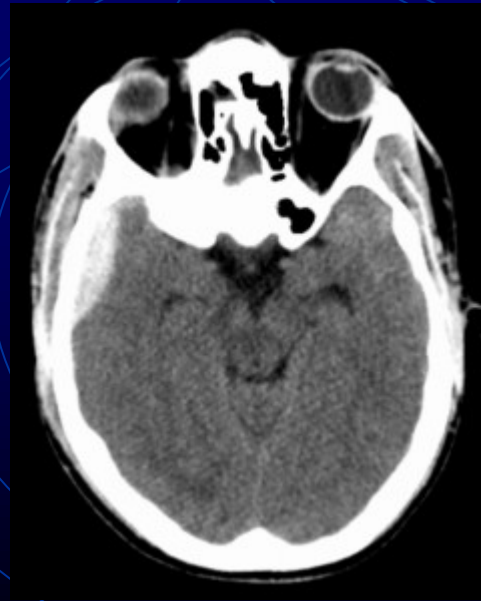
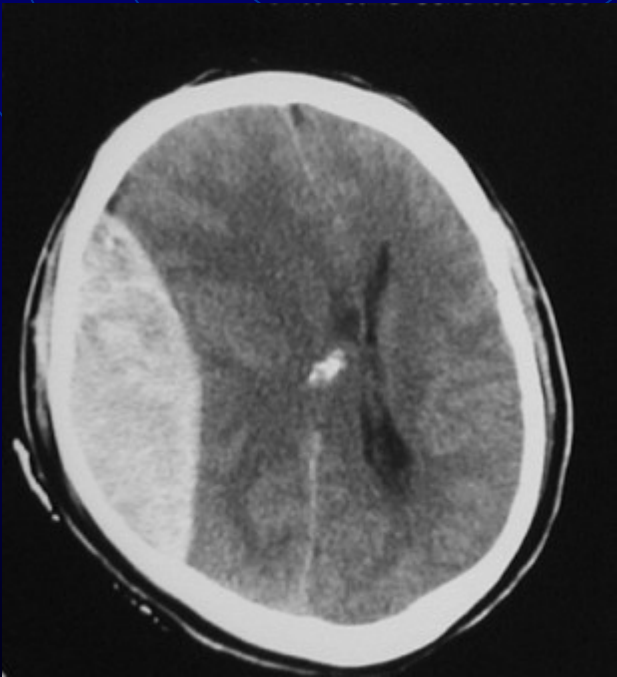
- Epidurální
- Subdurální
- Intracerebrální
- Subarachnoidální

Nitrolební krvácení

- Epidurální
- Subdurální
- Intracerebrální
- Subarachnoidální



- Čočkovitý tvar
- Tepenné krvácení, fraktura kalvy
- Menší rozsah než SDH, nepřesahuje švy

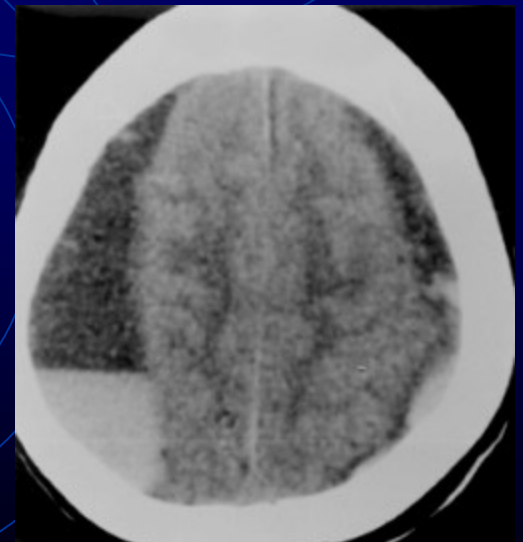
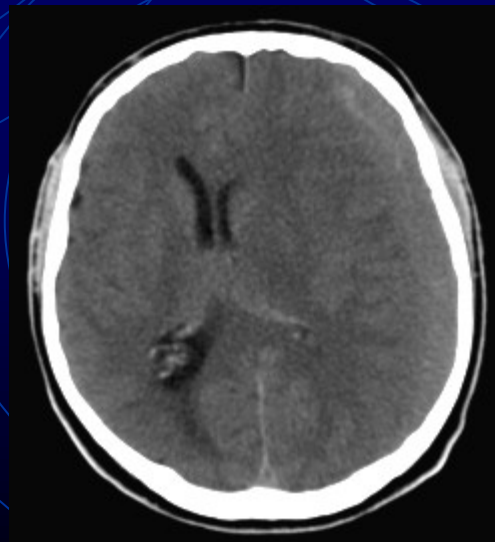


Nitrolební krvácení

- Epidurální
- **Subdurální**
- Intracerebrální
- Subarachnoidální



- Nejčastější forma intrakraniálního traumatického krvácení
- Netraumatický SDH
- Venózní krvácení (přemostující žíly)
- Plošné šíření, velký rozsah

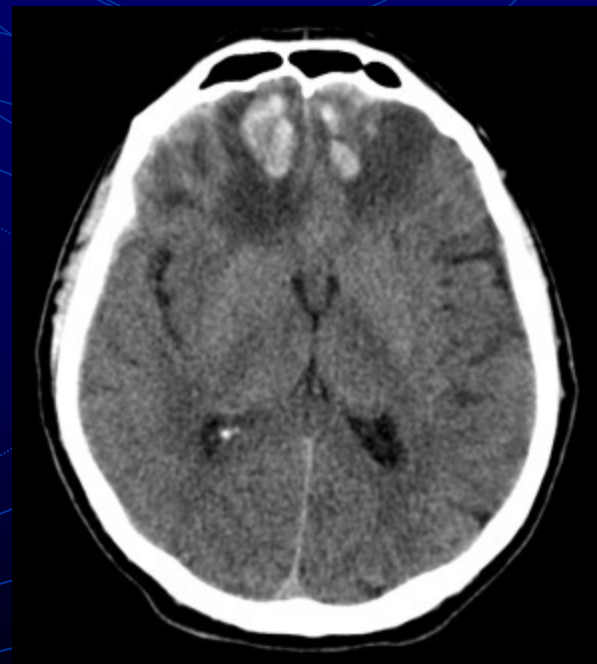
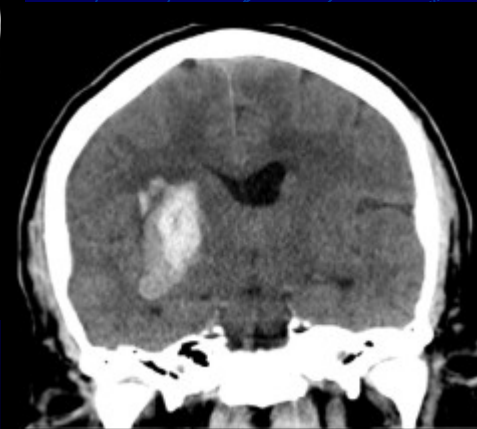
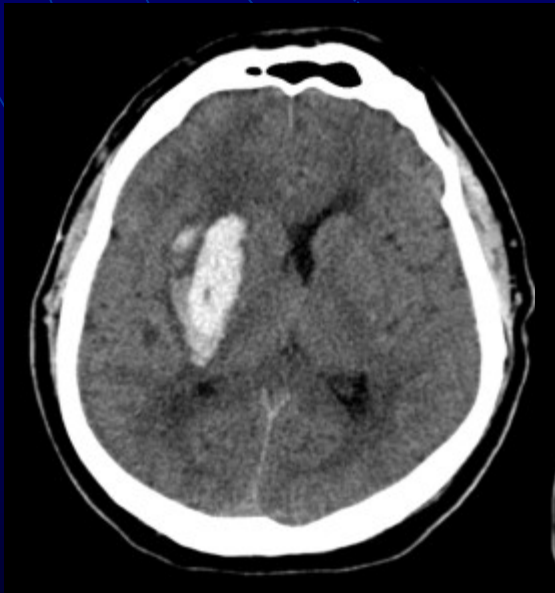


Nitrolební krvácení

- Epidurální
- Subdurální
- **Intracerebrální**
- Subarachnoidální



- Netraumatické – spontánní ICH (lentikulostriatní arterie – BG, mozeček, mozkový kmen)
 - Sekundární krvácení – tumory, cévní malformace
- Traumatické – prokrvácené kontuze, difuzní axonální poranění

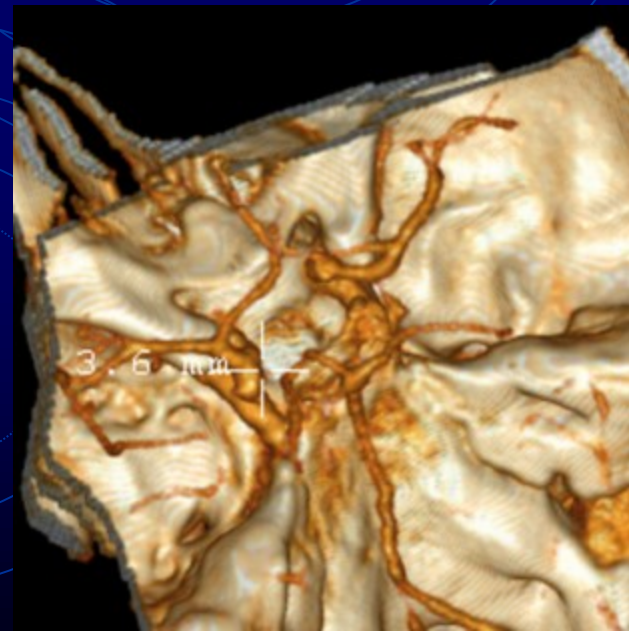
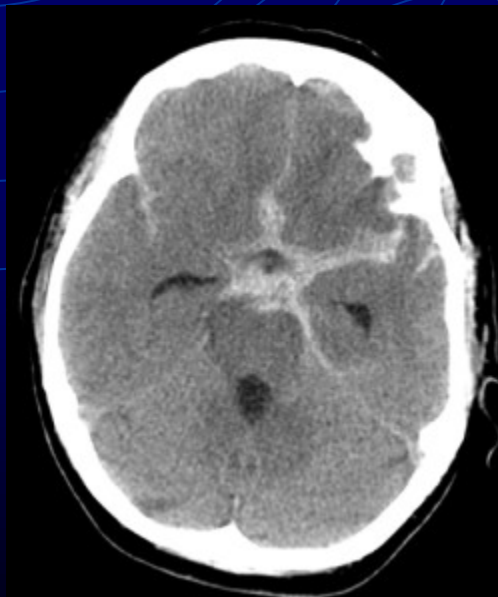
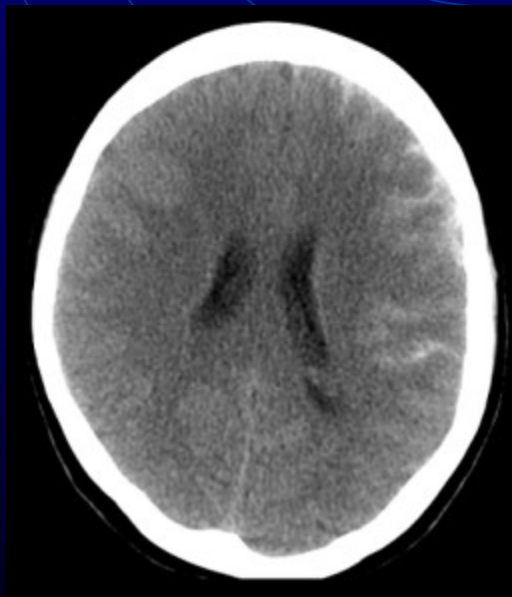


Nitrolební krvácení

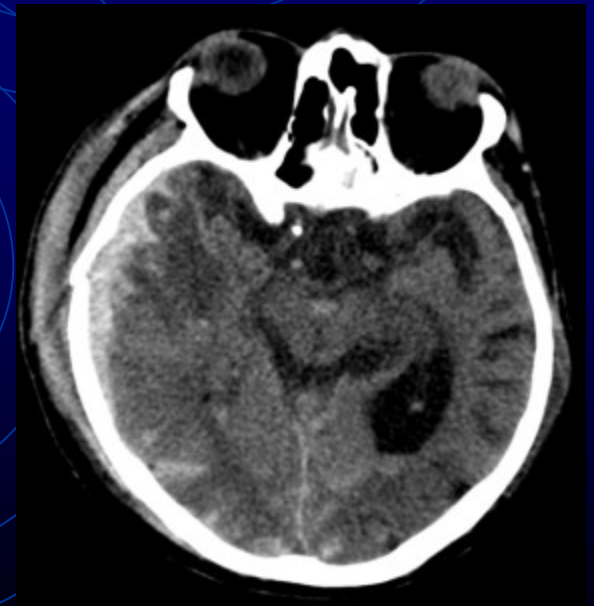
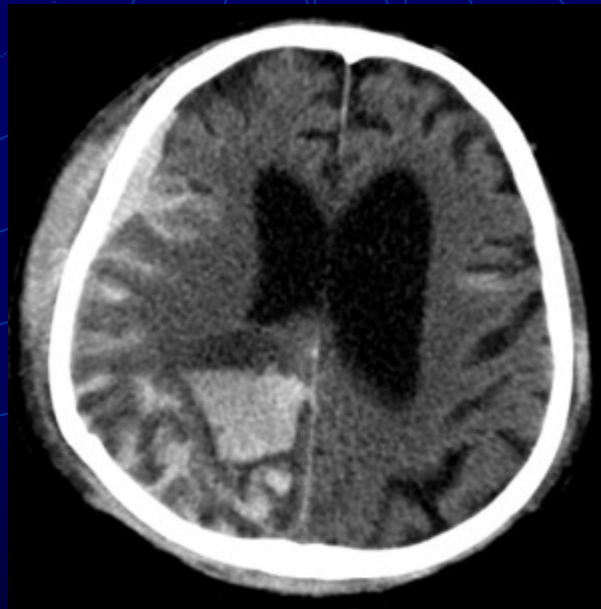
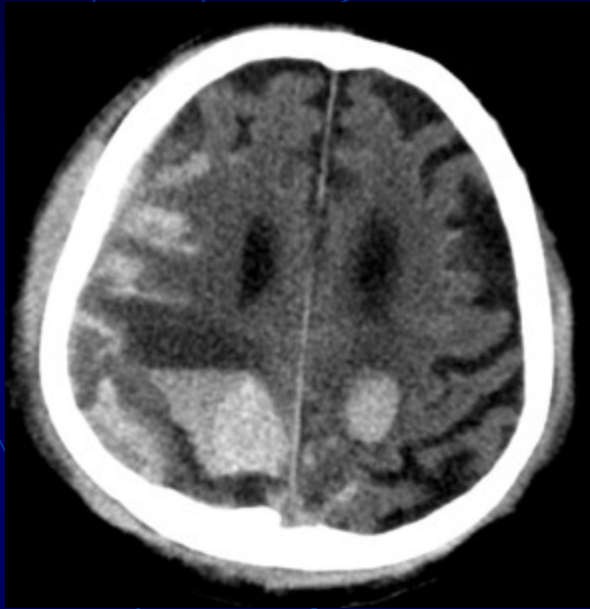
- Epidurální
- Subdurální
- Intracerebrální
- **Subarachnoidální**



- Traumatické
- Netraumatické (aneuryzmata, AVM)
- Vysoké denzity krve v subarachnoidálních prostorách

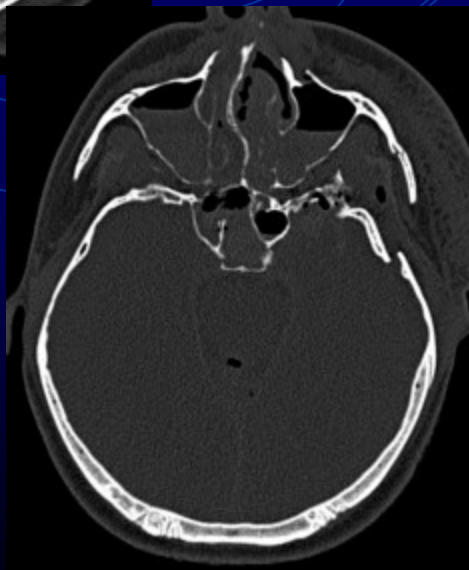
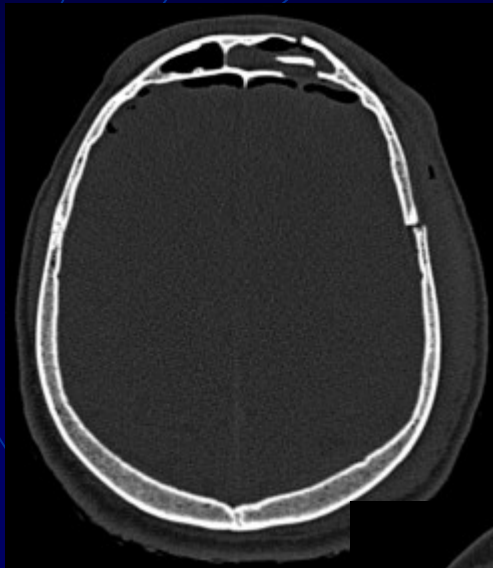


Trauma



Kombinované nitrolební poranění

Trauma

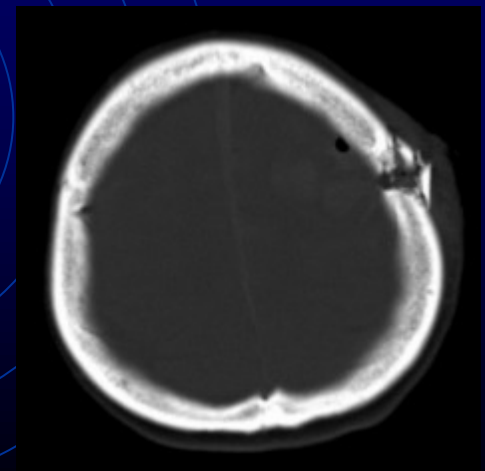
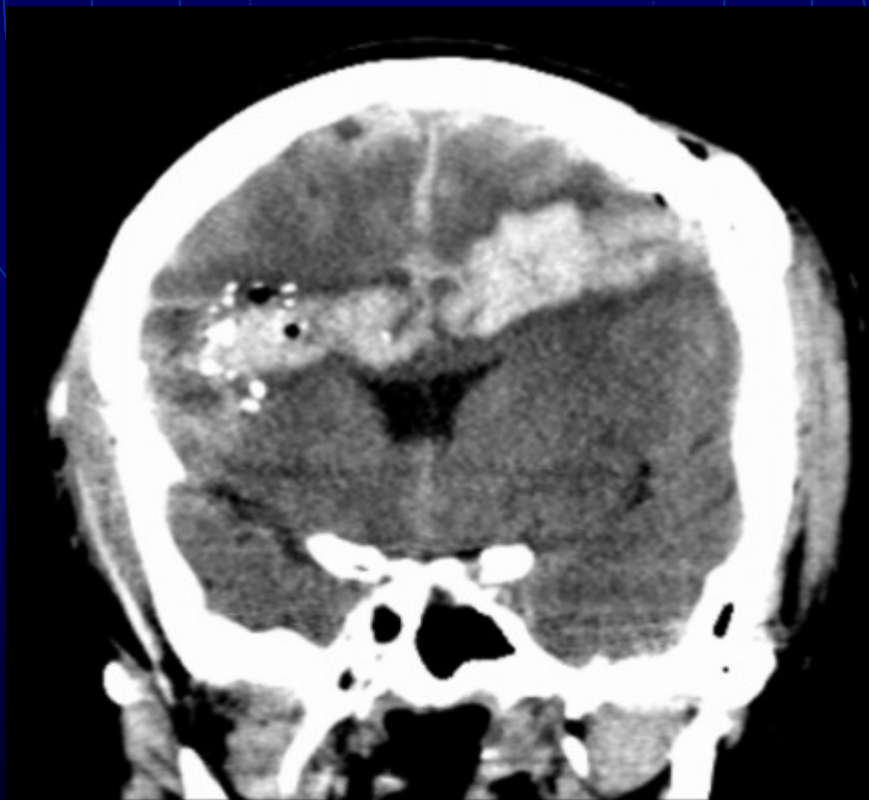


Fraktury skeletu



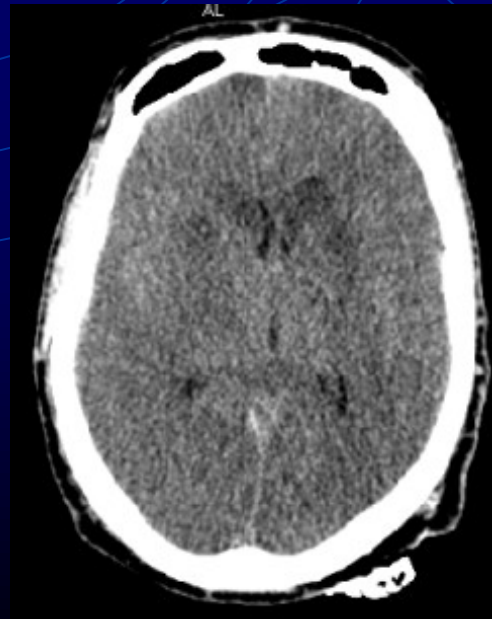
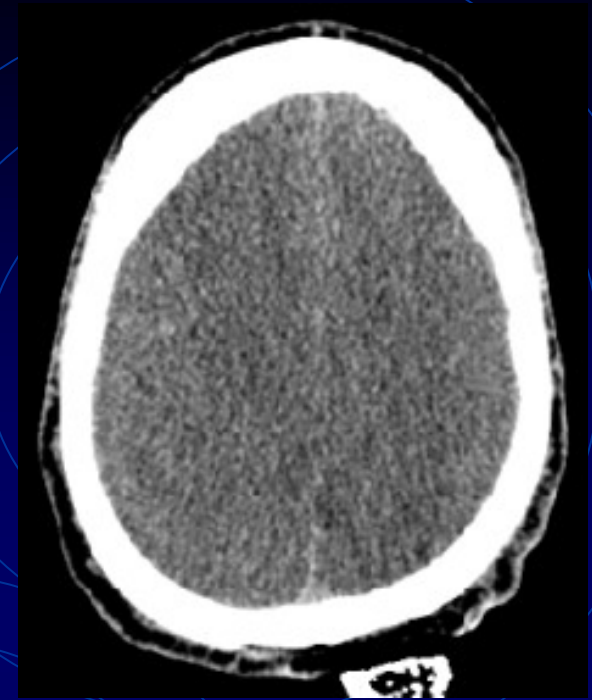
Trauma

Střelné poranění



Mozkový edém

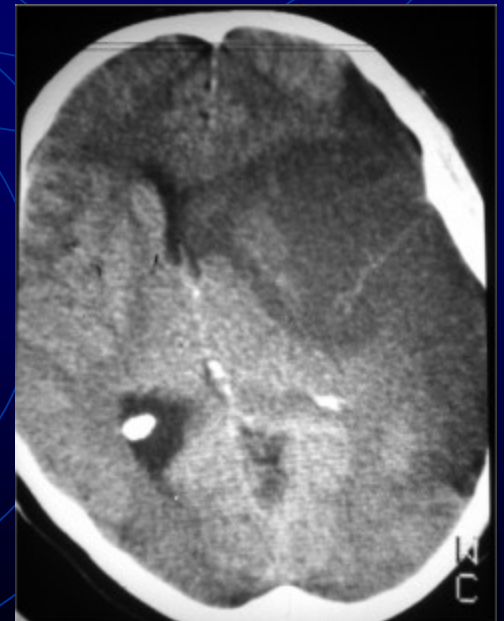
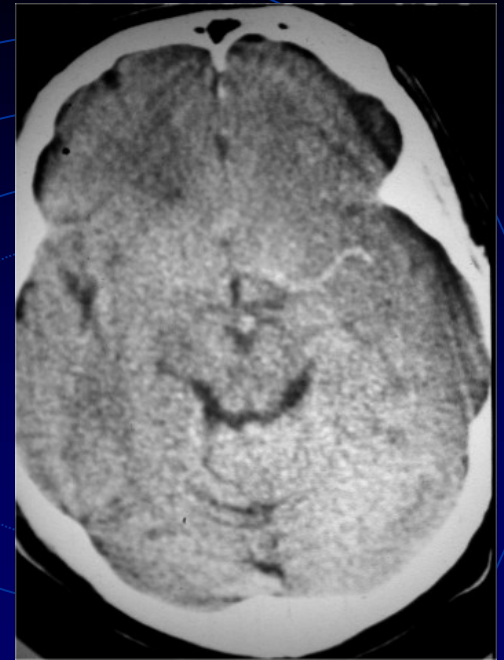
- Traumatický
 - Někdy bez další patologie (děti)
 - 10-20% pacientů do 48 hodin po kraniocerebrálním traumatu
- Netraumatický
 - Metabolicko-toxická etiologie
 - Globální hypoperfuze / ischemie



- Redukce šíře komor a cisteren
- Ztráta diferenciacie šedé a bílé hmoty
- Celkový pokles denzity hemisfér

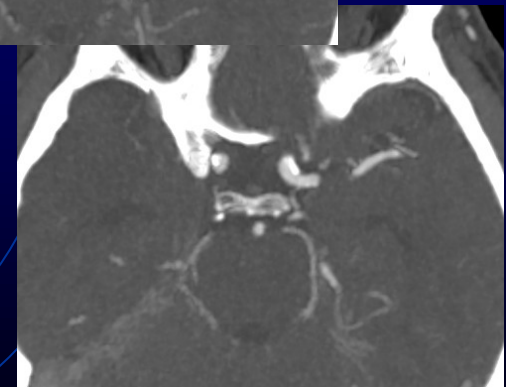
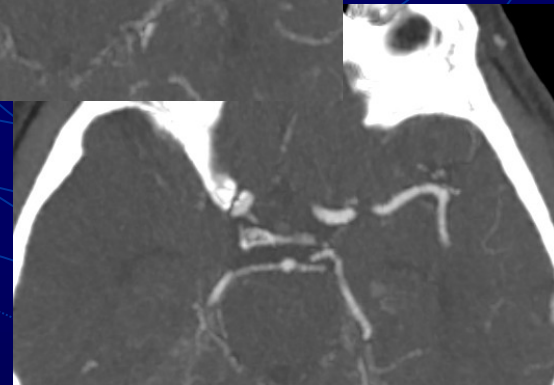
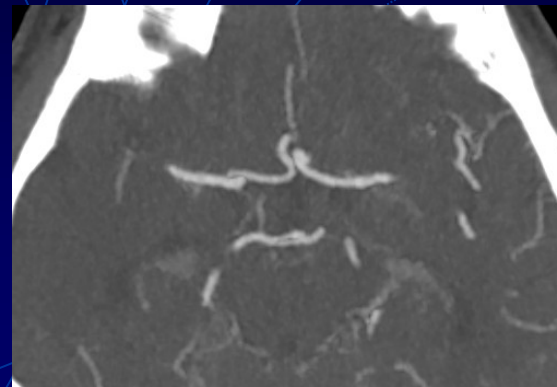
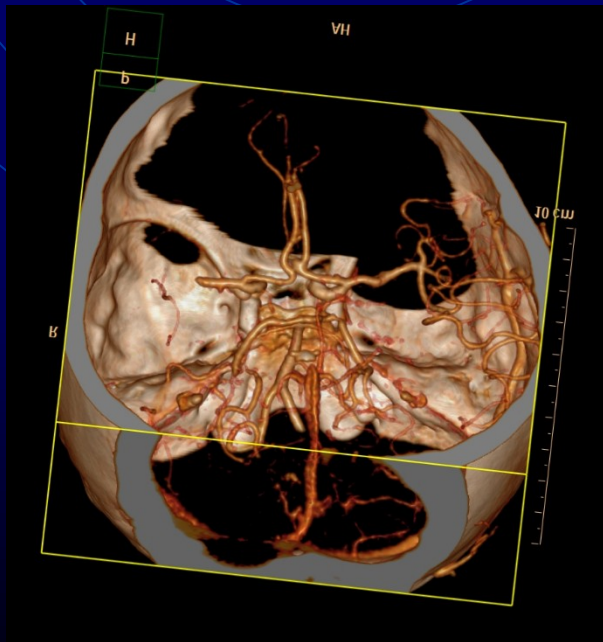
CMP

- Akutní ischemie
 - Vyloučení intrakraniální hemoragie
 - Negativní CT nález až u 50% pacientů s ischemickou CMP v prvních 12 hodinách
 - Znamky čerstvé ischemie:
 - Kortikální edém – vyhlazení sulků
 - Diskrétní hypodenzita v teritoriální distribuci
 - Snížení denzity bas. ganglií – setření diferenciace proti bílé hmotě
 - „dense artery sign“
- Subakutní, chronická fáze
 - Výraznější hypodenzita, expansivní projevy (1.-3. týden)
 - Atrofie, postmalatická pseudocysta (od 4. týdne)
- **CTA** – zobrazení uzávěru kmenů mozkových tepen
- Léčba: **mechanická trombektomie** (pod kontrolou DSA)



CMP

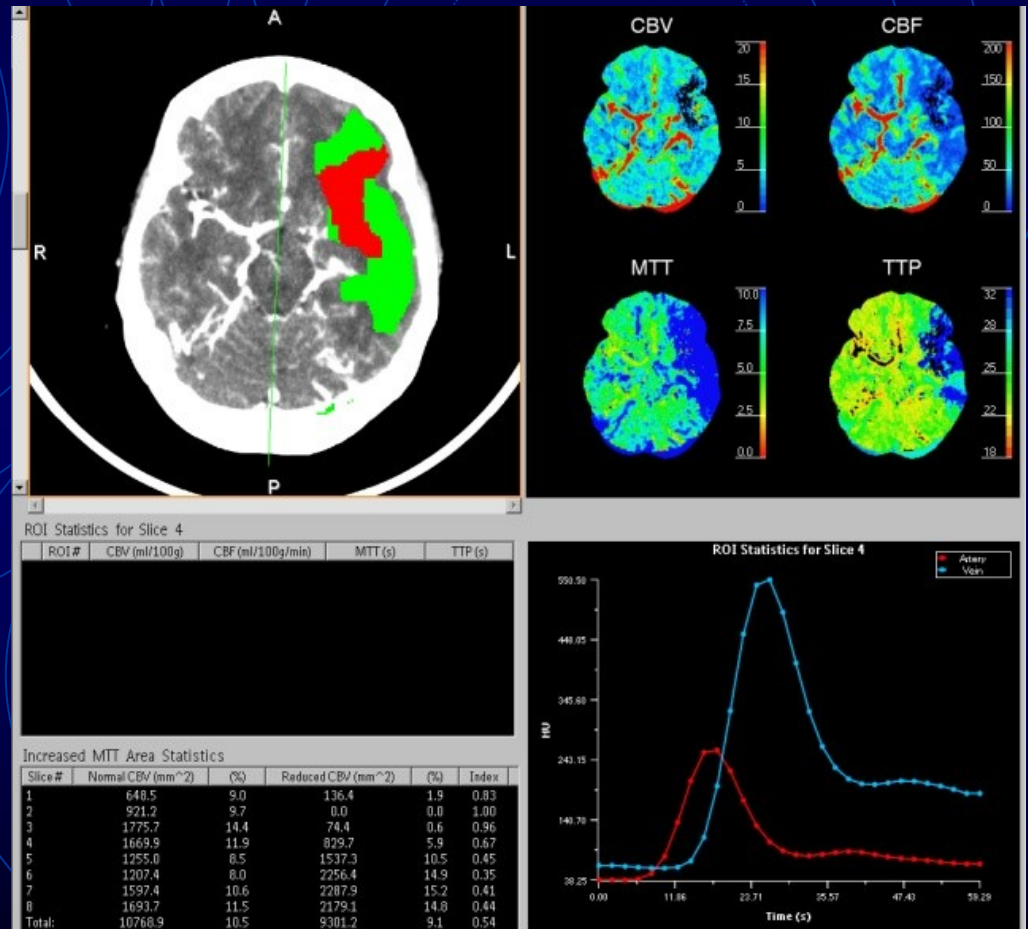
- CT angiografie
 - zobrazení mozkových tepen nebo žilních splavů
 - i.v. aplikace KL, časování



Uzávěr kmene pravostranné a. cerebri media: VRT (volume rendering technique) rekonstrukce (vlevo), MIP (maximal intensity projection) rekonstrukce v axiální rovině (vpravo). Jako vedlejší nálezy je patrné aneuryzma a. comm. ant.

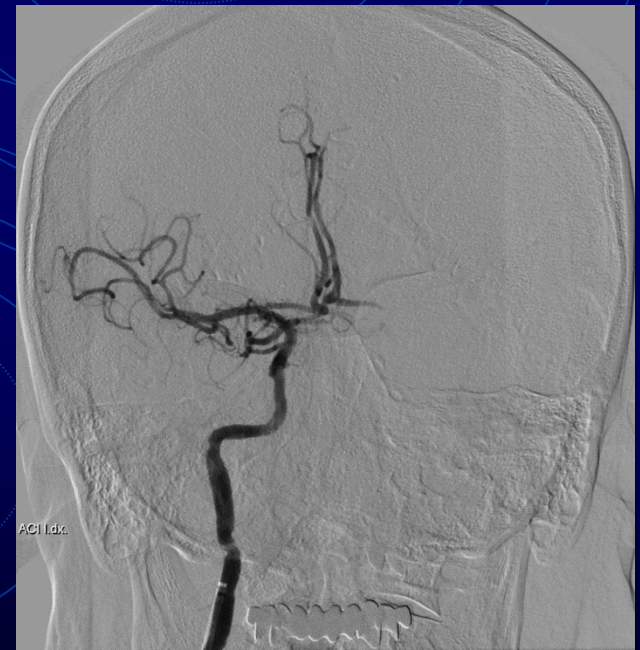
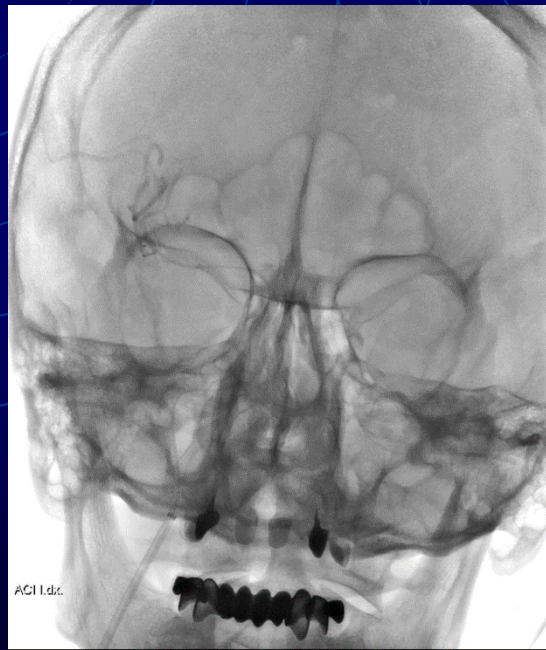
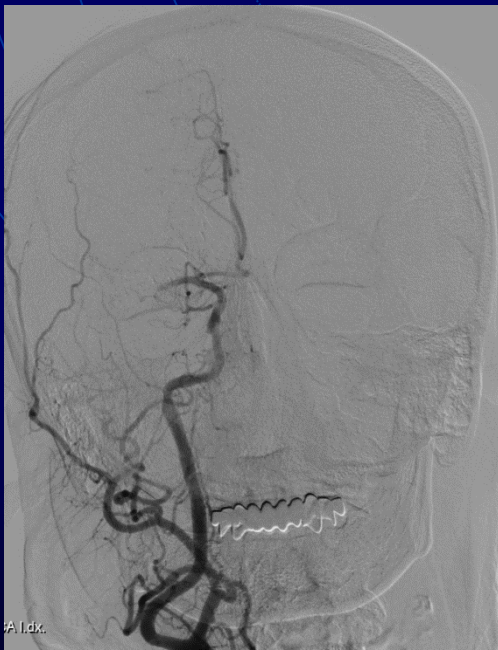
CMP

- CT perfuze
 - Opakované (dynamické) zobrazení po i.v. aplikaci KL
 - Kalkulace map prokrvení
 - Identifikace tzv. „ischemické penumbry“ – ohrožená tkáň (reverzibilní poškození)



CMP

- **Mechanická trombektomie**
 - Extrakce trombu z mozkové tepny speciálním katetrem
 - Výkon pod skiaskopickou kontrolou – DSA (digitální subtrakční angiografie)
 - Seldingerova technika – obvyklý vstup přes a. femoralis



Uzávěr kmene pravostranné a. cerebri media při vstupním nástřiku z a. carotis comm. (vlevo), rekanalizace uzávěru extraktorem CATCH (uprostřed), obraz úplně průchodné tepny při kontrolním nástřiku (vpravo)

MR- výhody omezení

- **Vynikající kontrastní rozlišení**
- **Žádná radiační zátěž, žádný negativní vliv**
- **Speciální techniky zobrazení (MRAG, DWI, PWI..)**

- **Horší dostupnost**
- **Délka vyšetření**
- **Silné magnetického pole - KONTRAINDIKACE !**
- **Stísněný prostor (klaustrofobie)**

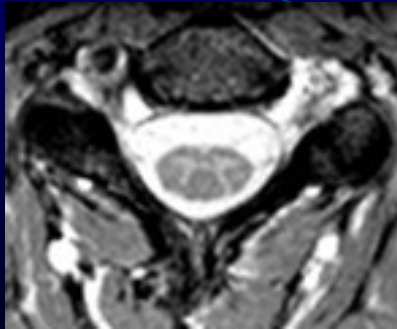
Indikace MR - mozek

- **Upřesnění ložiskového nálezu na CT – vyšší měkkotkáňový kontrast, difuze, perfuze..**
 - Bližší charakteristika tumorů, tumor vs. absces
- **Patologie mozkových obalů**
 - tumorózní infiltrát, meningitis
- **Sclerosis multiplex – CT není indikováno**
- **Epilepsie**
- **MR angiografie**
(zobrazení tepen i žilních splavů)
- **Detekce drobnějších / čerstvých ischemických změn**
(MR zobrazení difuze)
- **Degenerativní a metabolická onemocnění ...**

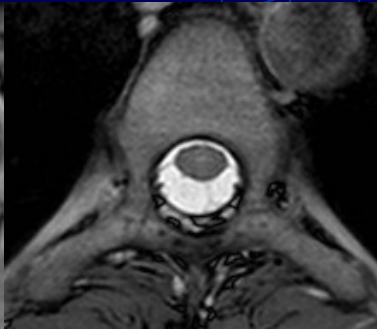
Indikace MR - páteř

- **Postižení míchy** (tumory, záněty..)
- **Degenerativní změny** páteře
- Trauma – diskoligamentózní poranění
- Spondylodiscitis, tumory skeletu
- Vrozené vývojové vady

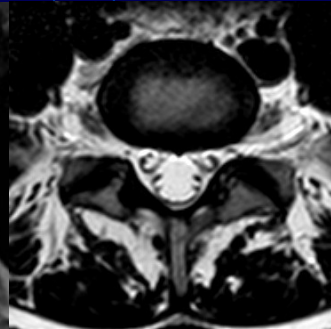
Protokol MR zobrazení páteře



T2FFE



bTFE



T2 TSE



T1 SE



T2 TSE

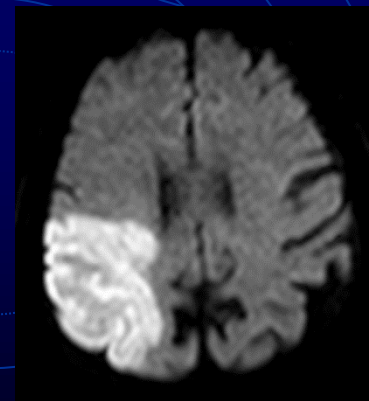


STIR

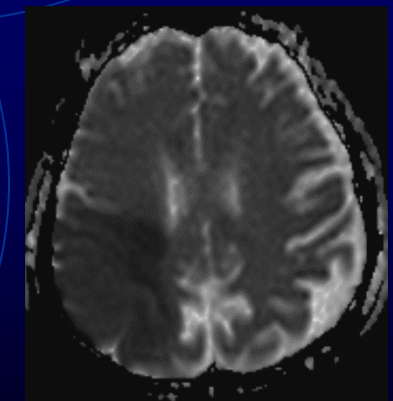
MR – zobrazení difuze

- **Difuze:** náhodný pohyb molekul vody ve tkáni
- Zobrazení umožní použití silných přídatných magnetických gradientů o určité síle (tzv. B faktor) a orientaci
- Alterace procesu difuze je charakteristická pro některé patologické stavy
- Praktické aplikace
 - Detekce časně ischemie
 - Diferenciální diagnostika tumorů
 - Odlišení tumor od abscesu

Čerstvá ischemie v povodí ACM vpravo



DWI B1000



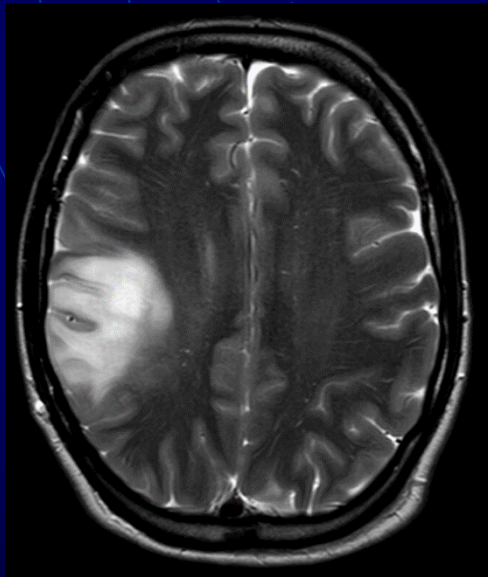
ADC

Mozkové tumory

- Intraaxiální
- Extraaxiální
- Intraventriculární

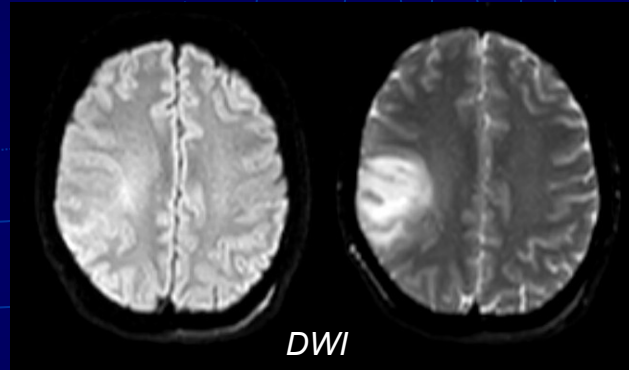
Mozkové tumory

- **Intraaxiální:** gliomy, metastázy, hemangioblastom, meduloblastom (děti) ...
- Extraaxiální
- Intraventrikulární

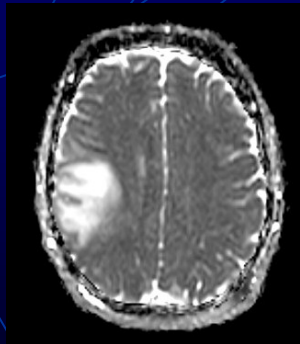


T2

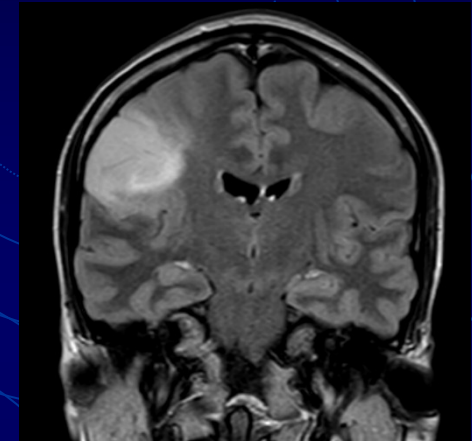
Low grade gliom



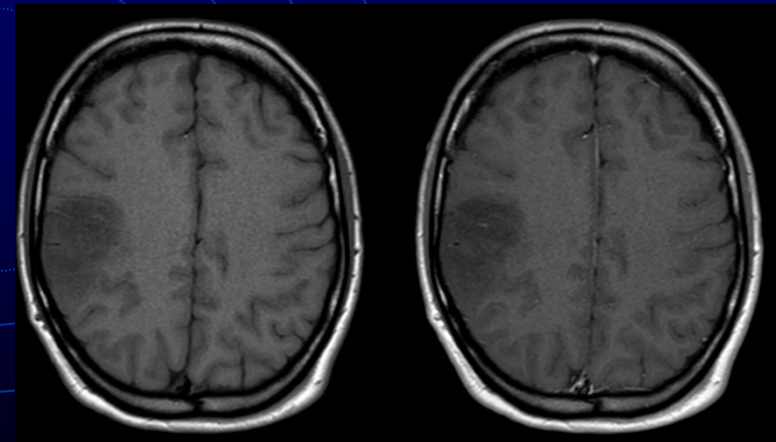
DWI



ADC



FLAIR

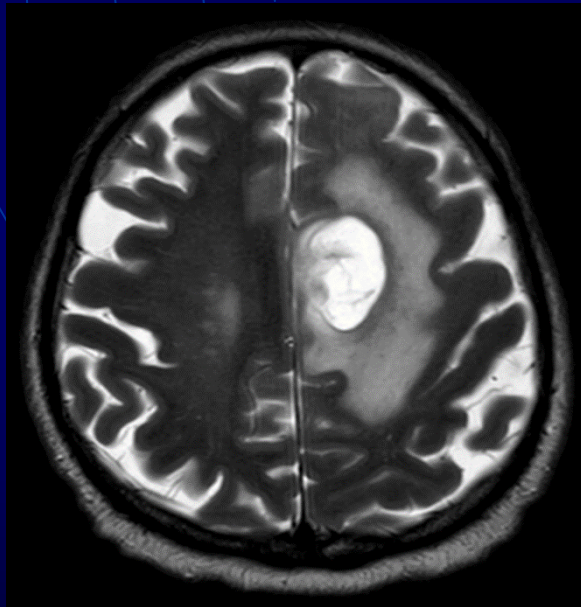


T1 nativ

T1 k.l.

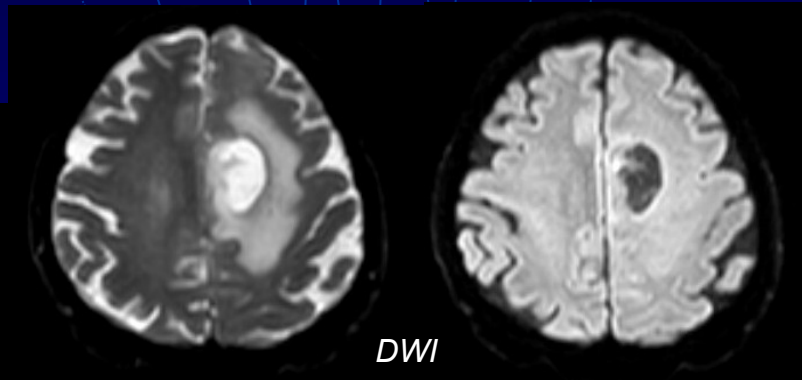
Mozkové tumory

- **Intraaxiální:** gliomy, metastázy, hemangioblastom, meduloblastom (děti) ...
- Extraaxiální
- Intraventrikulární

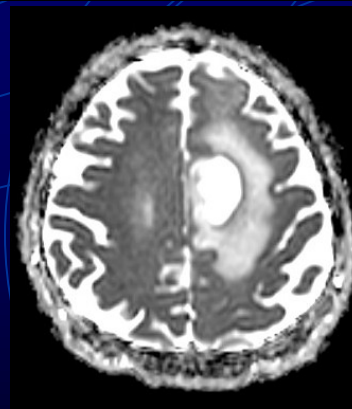


T2

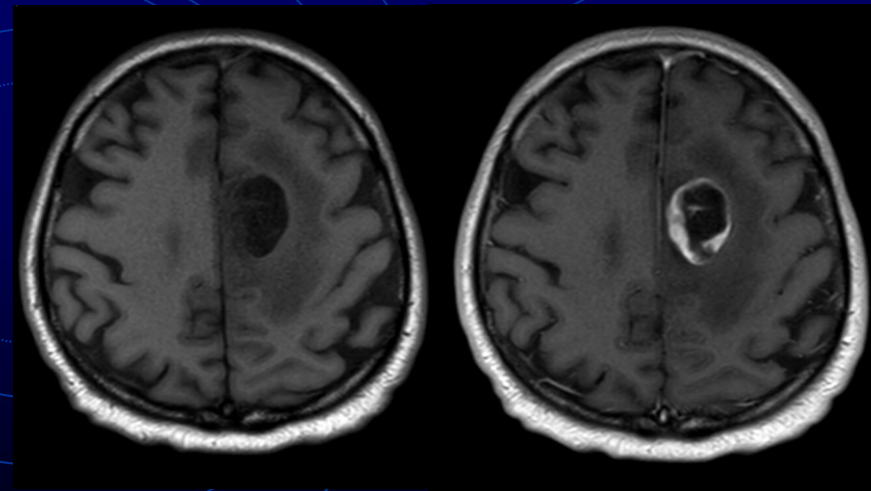
High-grade gliom



DWI



ADC

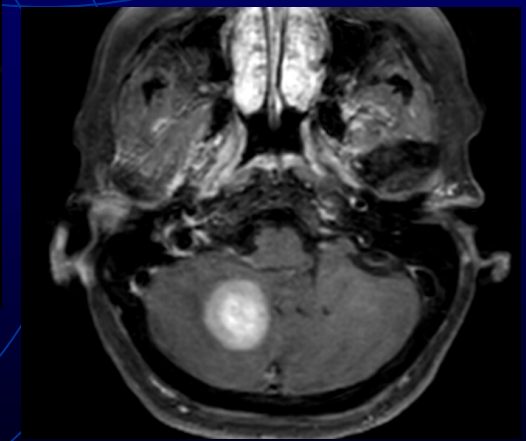
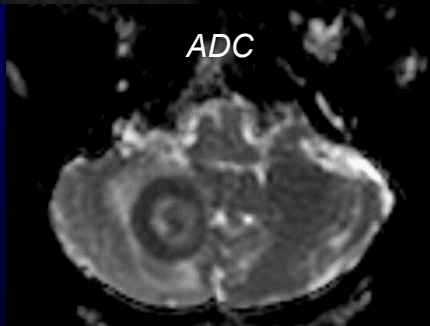
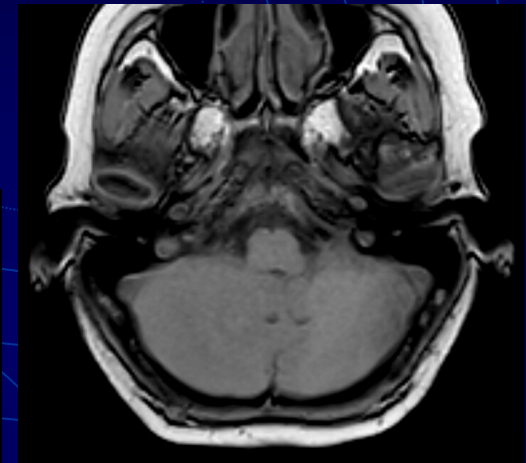
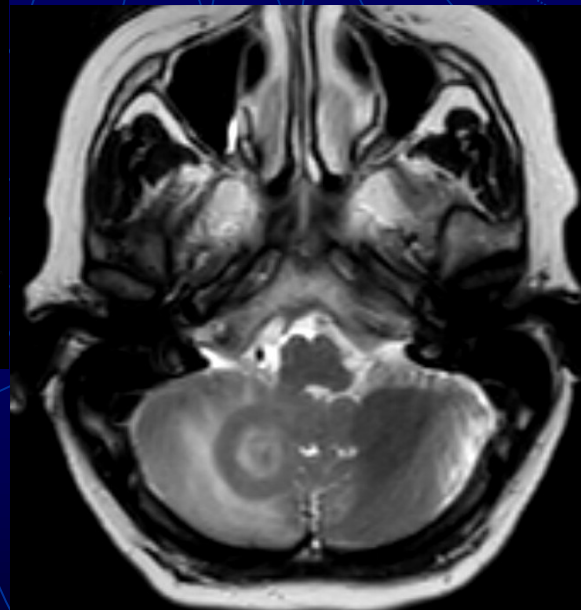
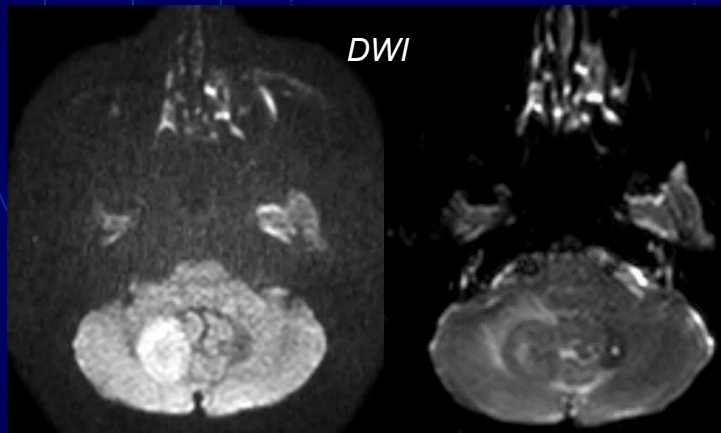


T1 nativ

T1 k.l.

Mozkové tumory

- Intraaxiální: gliomy, metastázy, hemangioblastom, meduloblastom (děti) ...
- Extraaxiální
- Intraventrikulární

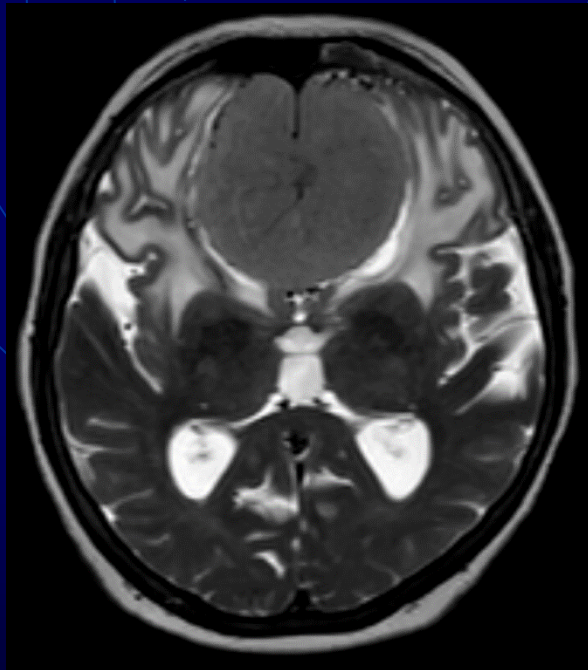


Lymfom

T1 k.i.

Mozkové tumory

- Intraaxiální
- **Extraaxiální:** meningeom, schwannom ..
- Intraventrikulární

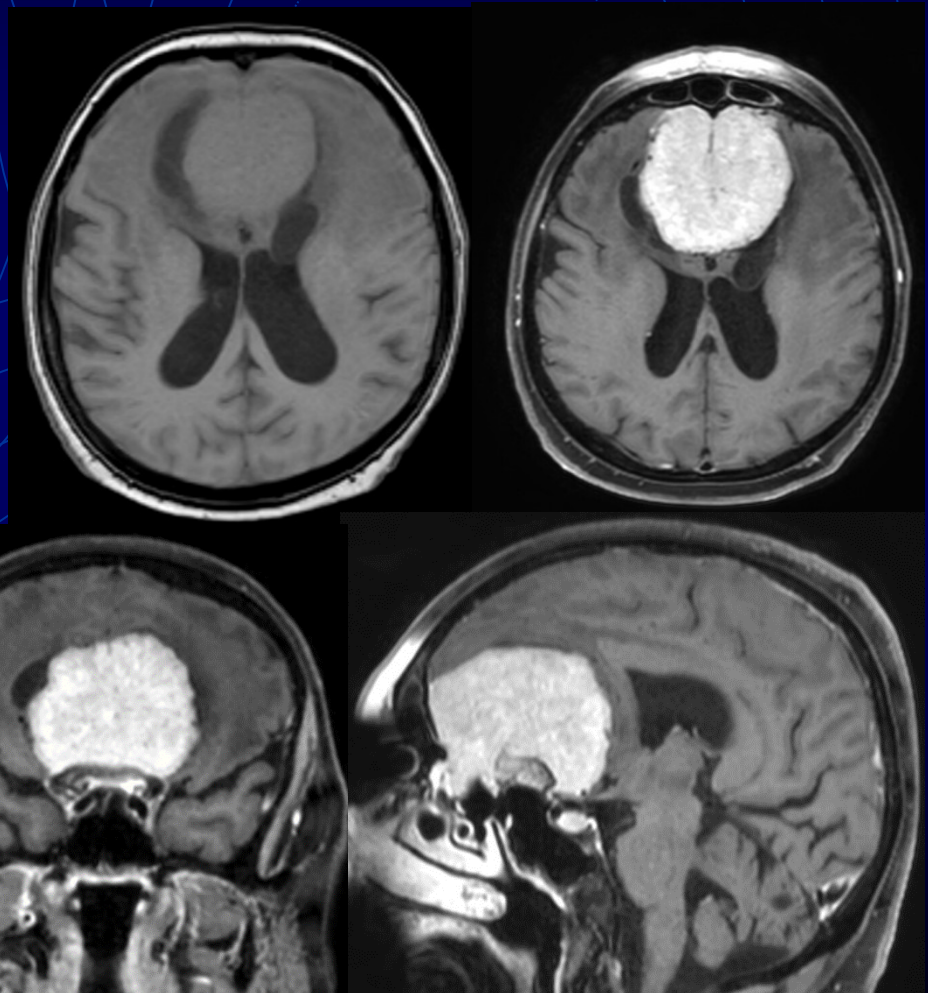


T2

Meningeom

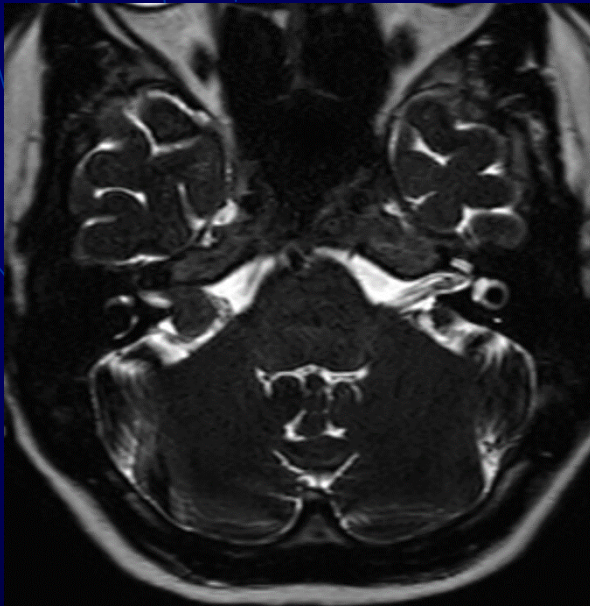
T1 FFE nativ

T1 k.l.



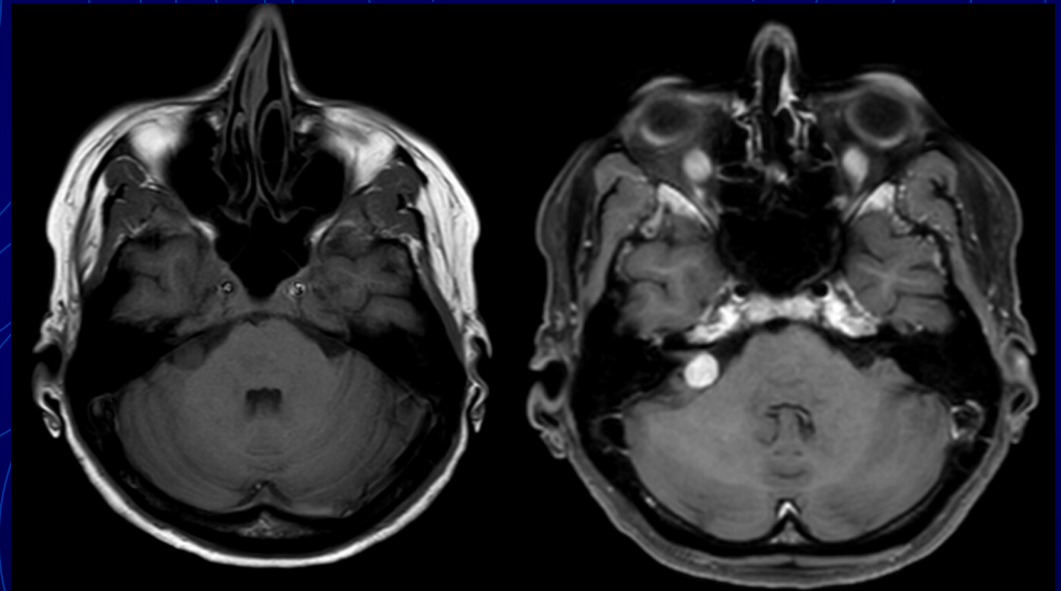
Mozkové tumory

- Intraaxiální
- **Extraaxiální:** meningeom, schwannom ..
- Intraventrikulární



T2 DRIVE

Schwannom

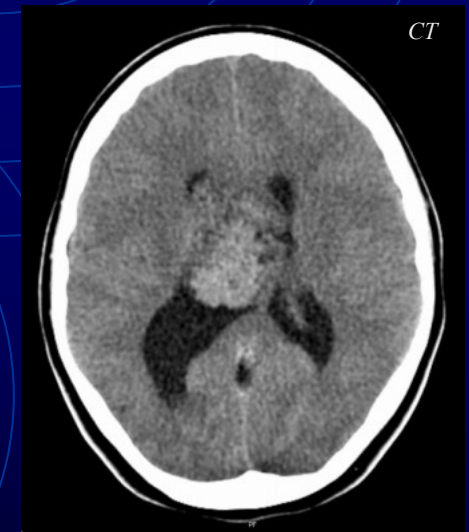
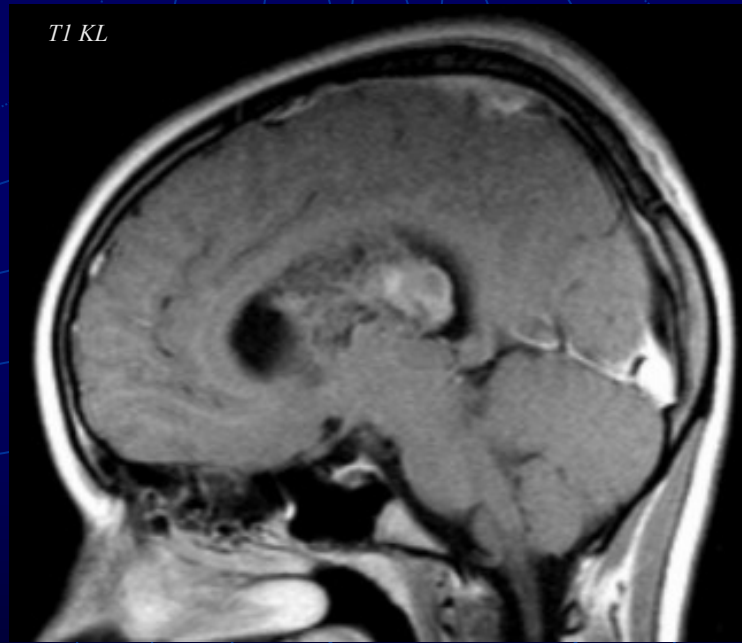
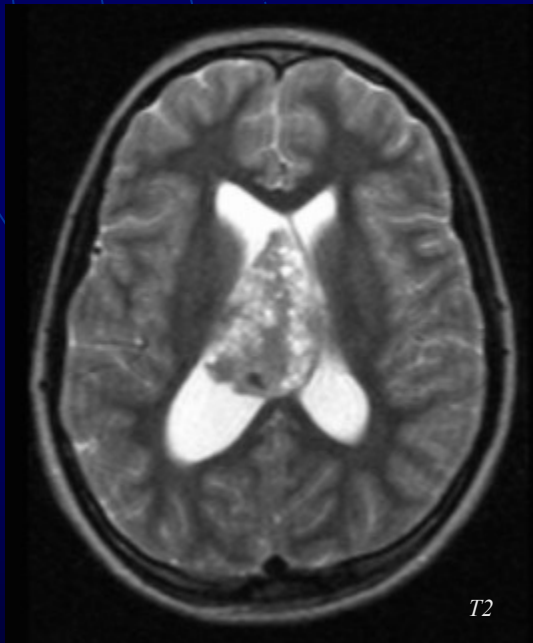


T1 nativ

T1 k.l.

Mozkové tumory

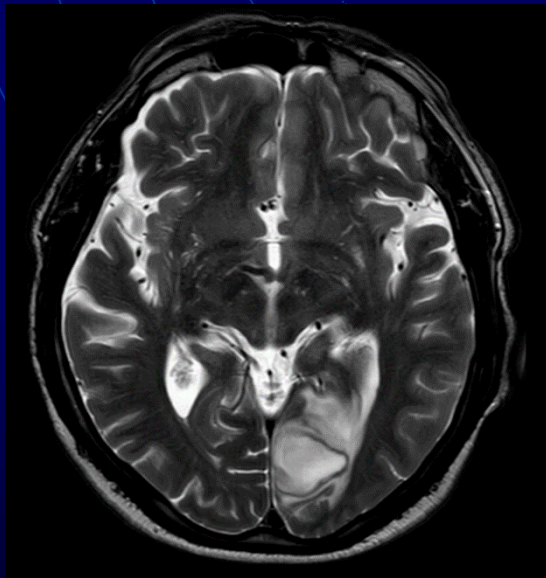
- Intraaxiální
- Extraaxiální
- **Intraventriculární:** ependyom, papilom chorioidálního plexu, centrální neurocytom ...



Centrální neurocytom

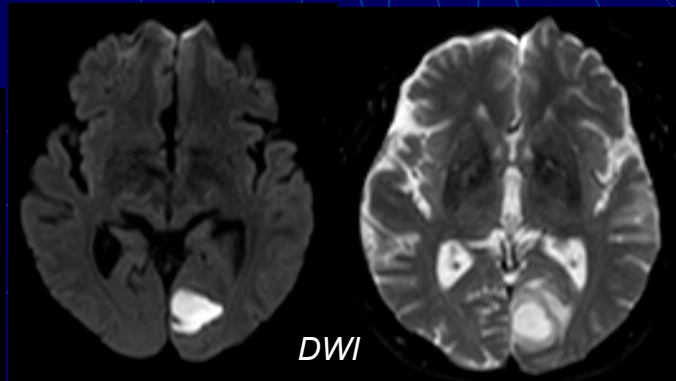
Záněty

- **Absces:** hlavní indikace neurozobrazení
- Cerebritis
- Ventrikulitis
- Empyém

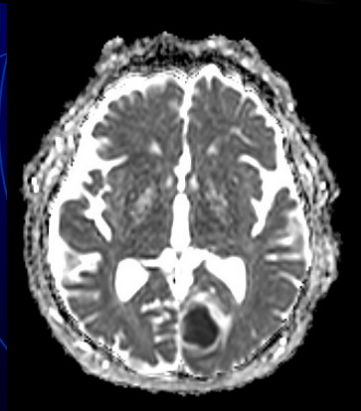


T2

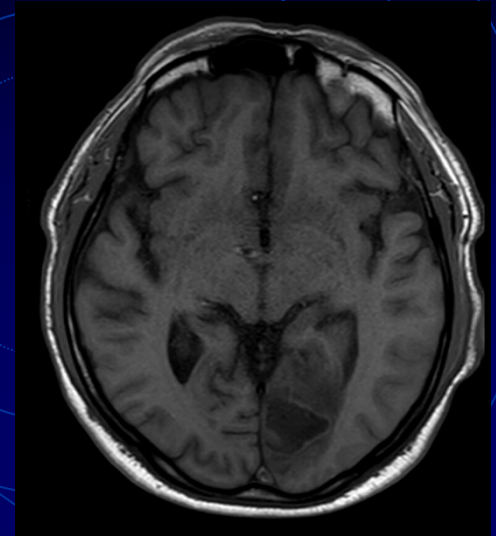
Absces



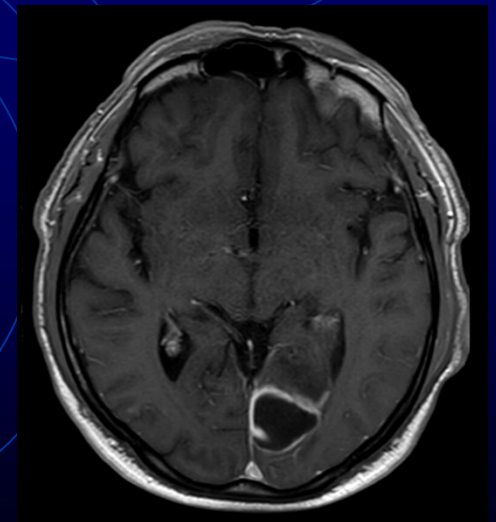
DWI



ADC

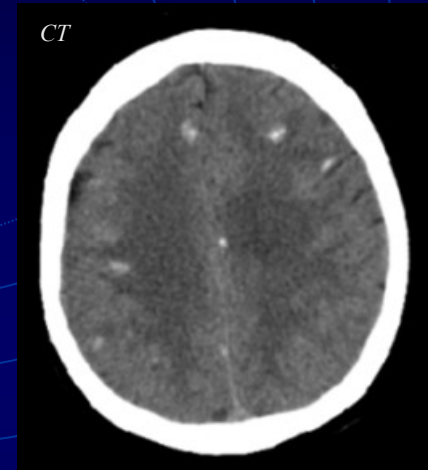
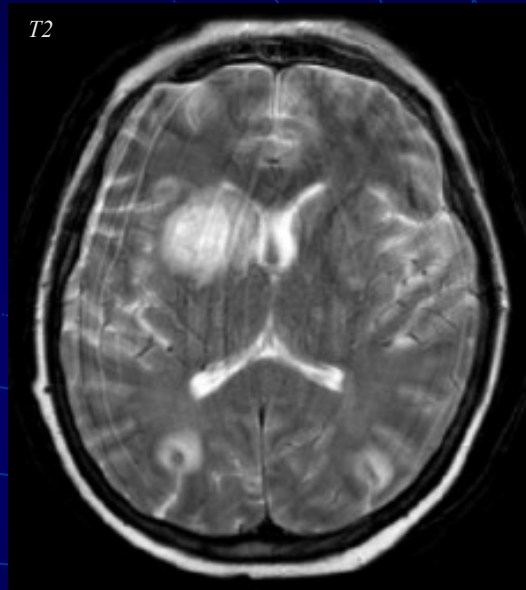
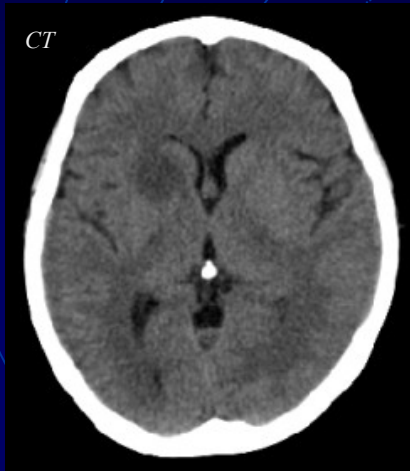


T1 nativ



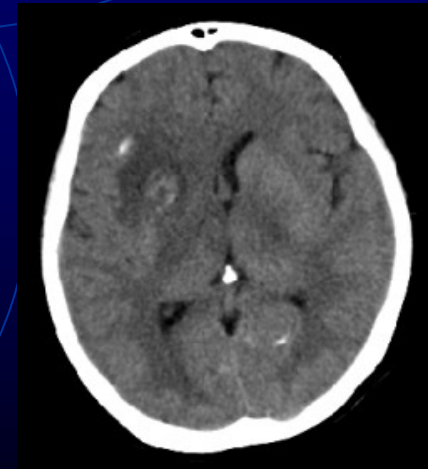
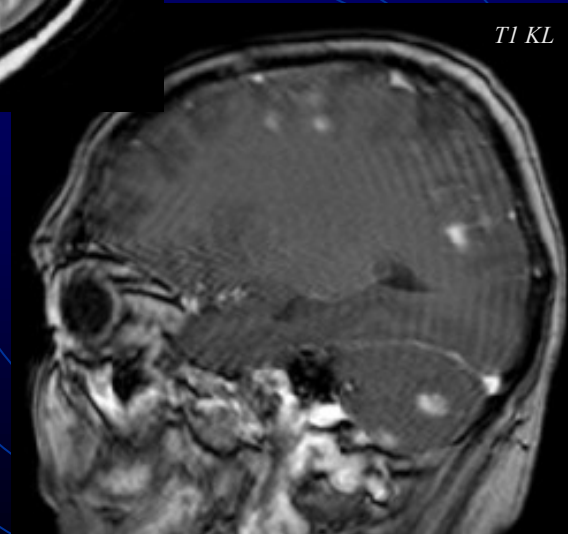
T1 k.l.

Záněty



Za 3 týdny

Toxoplazmová encefalitida



Roztroušená skleróza

- Zobrazení T2 (FLAIR) **hyperintenzních ložisek** v bílé (ev. i šedé) hmotě mozku a míchy
- MR je zásadní součást diagnostického algoritmu
- Hodnocení podle **McDonaldových kritérií** (počet a lokalizace ložisek)

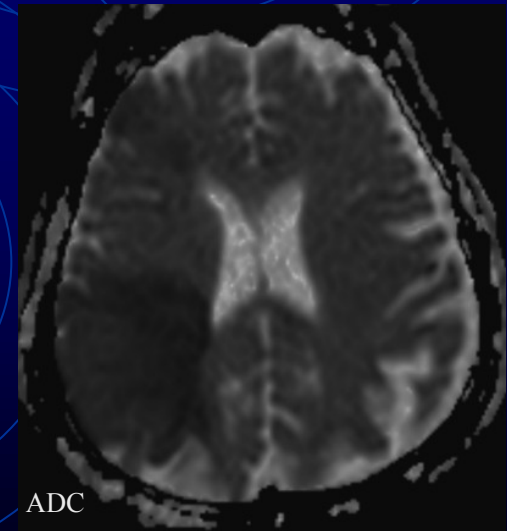
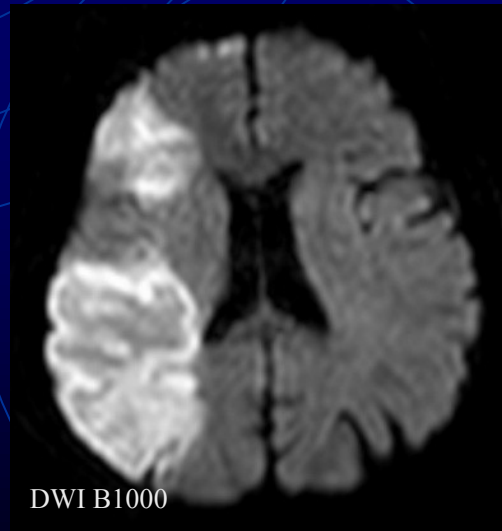
FLAIR sag.



STIR sag.

Mozková ischemie

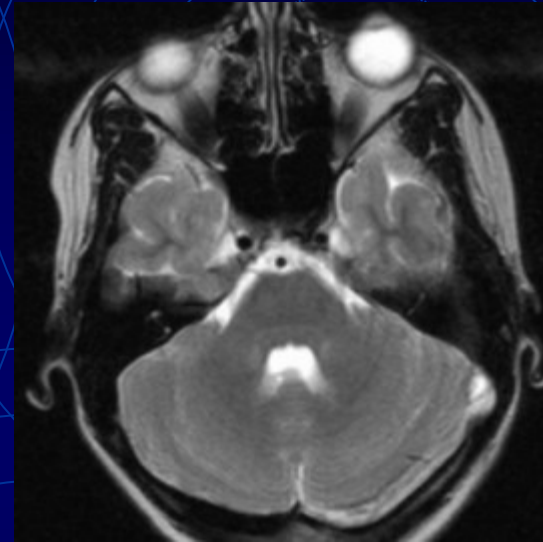
- Detekce **čerstvých ischemických změn** mozku (již od prvních minut od vzniku iktu) – restrikce difuze v obraze DWI
- Lepší zobrazení ischemických změn v zadní jámě lební
- Obvykle není indikováno v akutní fázi iktu (horší dostupnost, dlouhé vyšetření → **CT**)



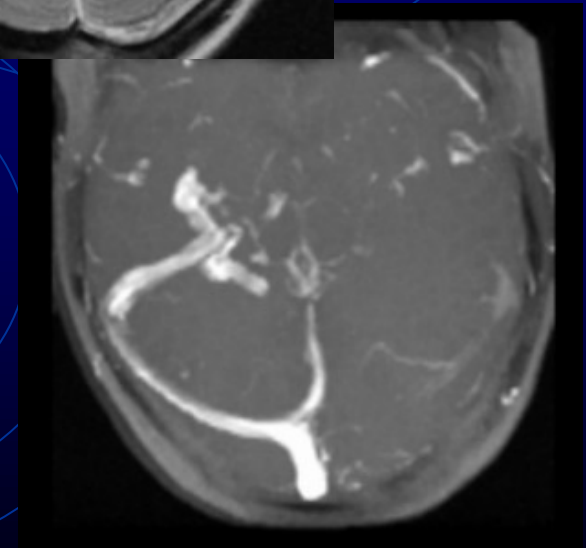
Čerstvá ischemie v povodí a. cerebri media vpravo

Trombóza žilních splavů

- **Venózní MR angiografie** – metoda volby pro zobrazení nitrolebních žilních splavů
- Nativní i kontrastní techniky MR zobrazení
- Alternativně lze použít kontrastní CT zobrazení (defekty náplně ve splavech)



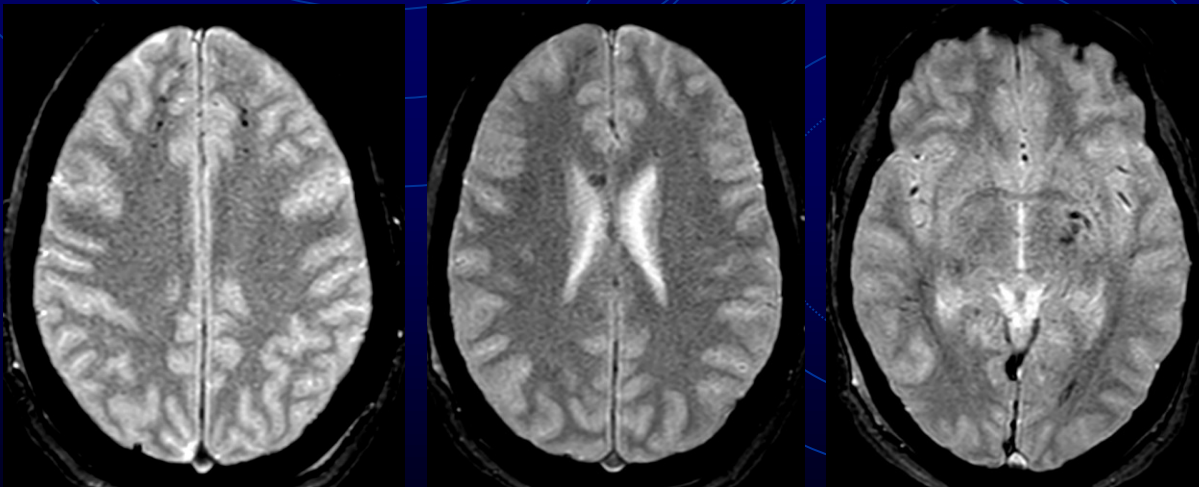
T2 trans.



Ven. MRAG

Trauma - DAP

- Difuzní axonální poranění (DAP) – traumatické poškození bílé hmoty mozku na podkladě střížných sil (zejm. při rotaci a deceleraci)
- Mnohočetné mikrohemoragie na rozhraní bílé a šedé hmoty, v oblasti kalózního tělesa nebo mozkového kmene
- **Citlivá detekce na některých MR sekvencích (T2*, SWI)** – susceptibilní artefakty. MR - metoda volby, CT málo senzitivní



Obraz DAP v obraze T2 FFE (T2): mnohočetné mikrohemoragie (hypointenzity) zejm. v obou čelních lalocích, v obl. kalózního tělesa a basálních ganglií vlevo*

MR páteře: degenerativní změny

- **MR - metoda volby** pro zobrazení degenerativního onemocnění páteře
- Možnost zobrazení dlouhých segmentů páteře v sag. rovině
- Vysoký tkáňový kontrast → detailní zobrazení skeletu (zejm. abnormalit kostní dřeně), plotének, vazů a nervových struktur
- CT není indikováno
- **Morfologické abnormality**
 - Degenerace plotének – chondróza (osteocondróza)
 - Výhřezy plotének, stenóza páteřního kanálu – komprese míchy či kořenů
 - Zúžení neuroforamin (spondylartróza)
 - Posuny obratlů..

MR páteře: degenerativní změny

- **Degenerace disku**
 - snížení obsahu vody - snížení T2 signálu („black disk“)
 - trhliny anulus fibrosus – koncentrické, transvezální nebo radiální (prekursor hernie)
 - posuny plotének

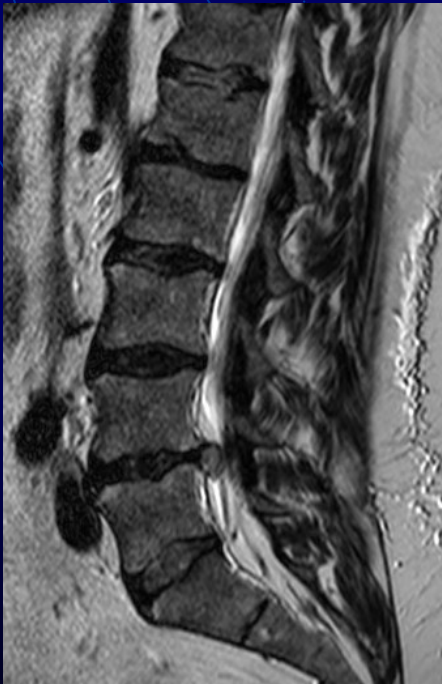


Chondróza plotének L4-S1, drobná trhlina v dorzální části anulárního prstence ploténky L4/5

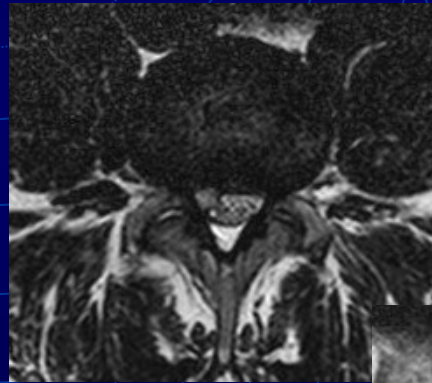
MR páteře: degenerativní změny

- **Hernie disku**
 - ruptura anulus fibrosus, vycestování materiálu disku do epidurálního prostoru

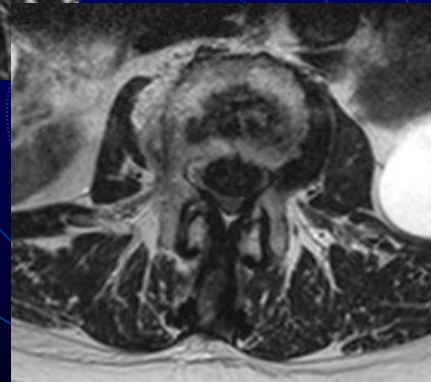
Preforaminální hernie



T2 sag.



T2 trans.



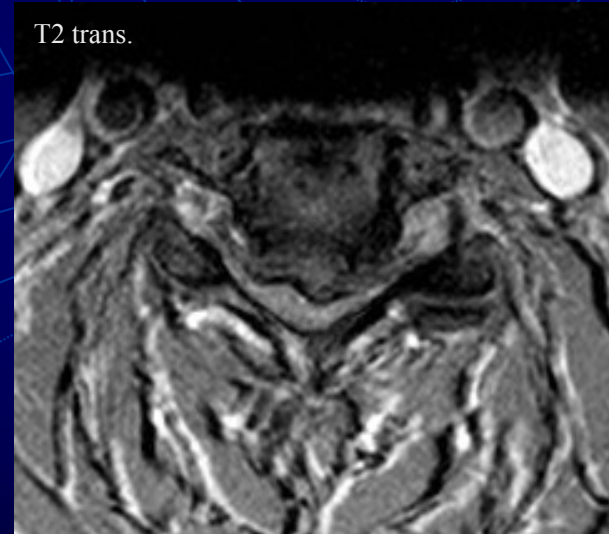
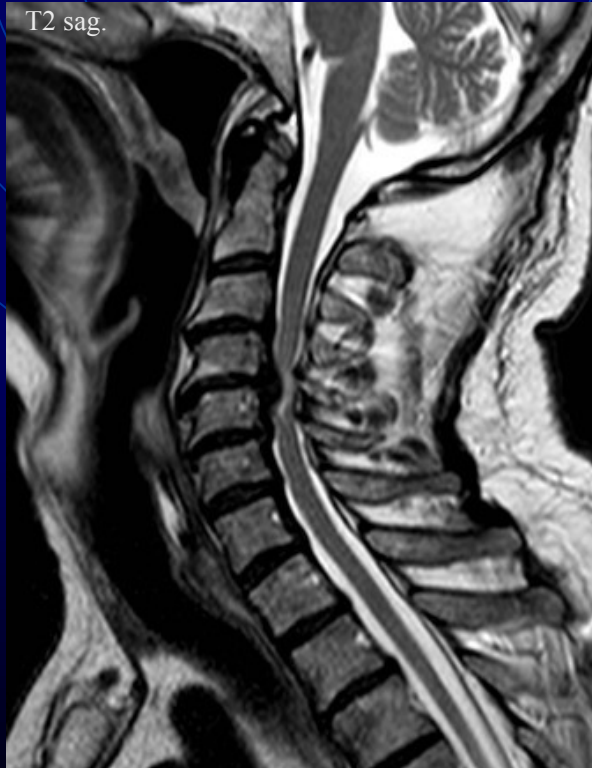
Objemná med. hernie



T2 sag.

MR páteře: degenerativní změny

- Cervikální spondylogenní myelopatie
 - Komprese míchy při degenerativní stenóze páteřního kanálu
 - Zvýšení T2 signálu míchy v pokročilém stádiu (myelopatie)



Hernie disku, myelopatie

MR páteře: trauma

- **Diskoligamentózní poranění**
 - průkaz ruptury ligament, posuny obratlů
 - poranění disku – traumatická herniace, komprese míchy
 - epidurální hematom
 - indikace MR
 - podezření z RTG / CT
 - klinická symptomatika, kterou nevysvětluje nález na CT

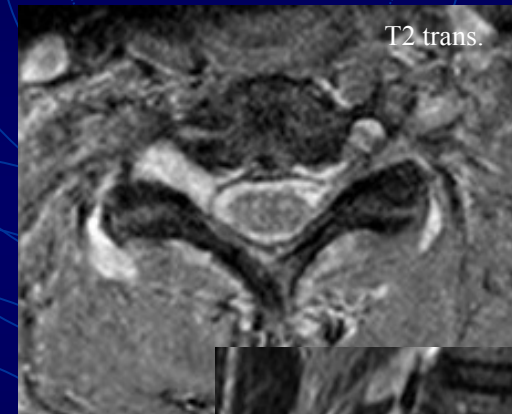
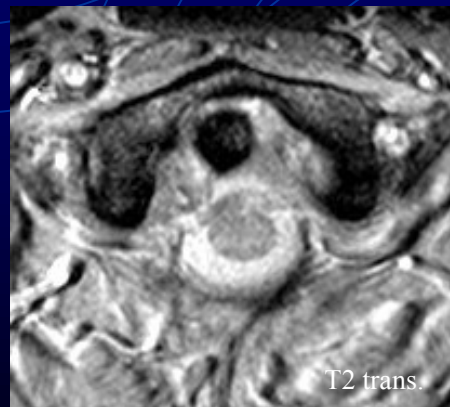
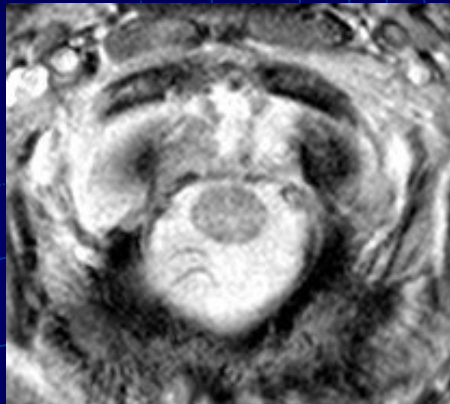
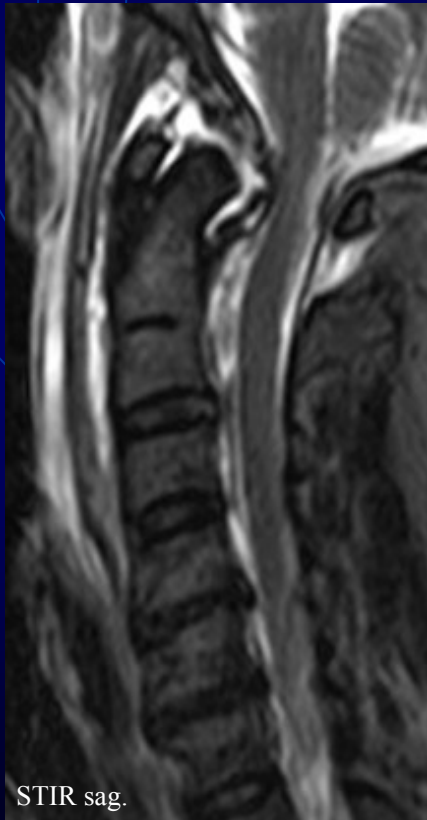


STIR sag.

Luxace intervertebrálního kloubu

MR páteře: trauma

- Diskoligamentózní poranění



Trauma cervikokraniálního přechodu

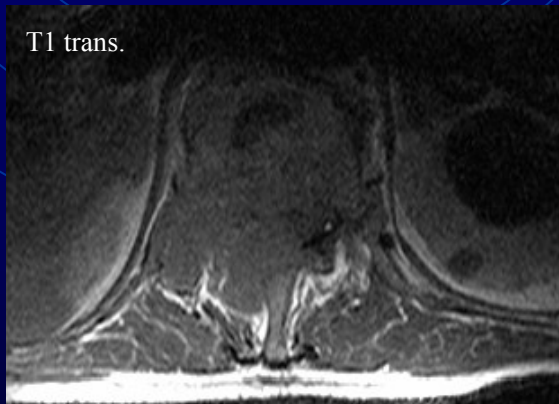
Avulze kořenů brachiálního plexu

MR páteře: nádory

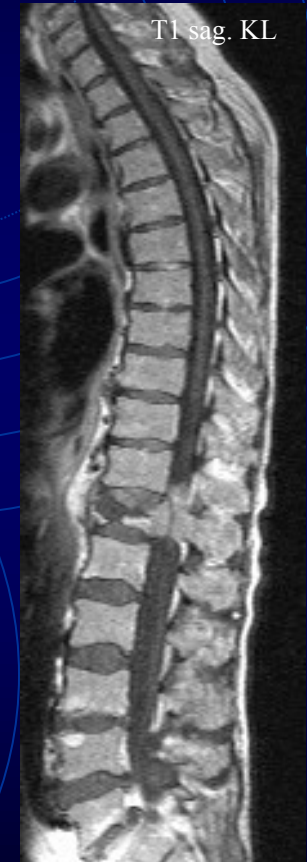
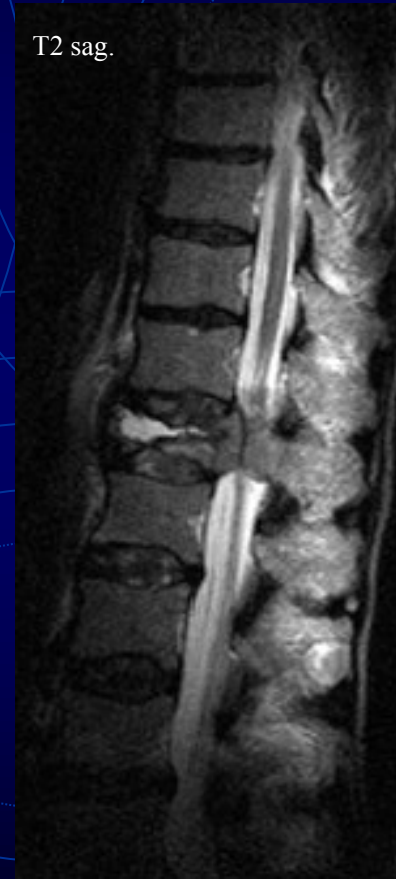
- MR je **metodou volby** při podezření na tumor míchy
- Citlivá detekce ložisek či infiltrace kostní dřeně (vyšší senzitivita v porovnání s CT), zobrazení extraoseální složky tumoru (komprese neurostruktur)
- **Rozdělení**
 - Extradurální – tumory skeletu – benigní / maligní, primární / sekundární (metastázy)
 - Intradurální extramedulární – kořeny, obaly (**schwannom, meningiom**) – benigní / maligní
 - Intradurální intramedulární – tumory míchy (**ependyom, gliom..**)

MR páteře: nádory

- **Metastázy**
 - Nejčastější maligní tumor páteře
 - Primární tumory: prso, prostata, plic, ledviny, štítná žláza, lymfom
 - Extraoseální složka může být příčinou komprese míchy

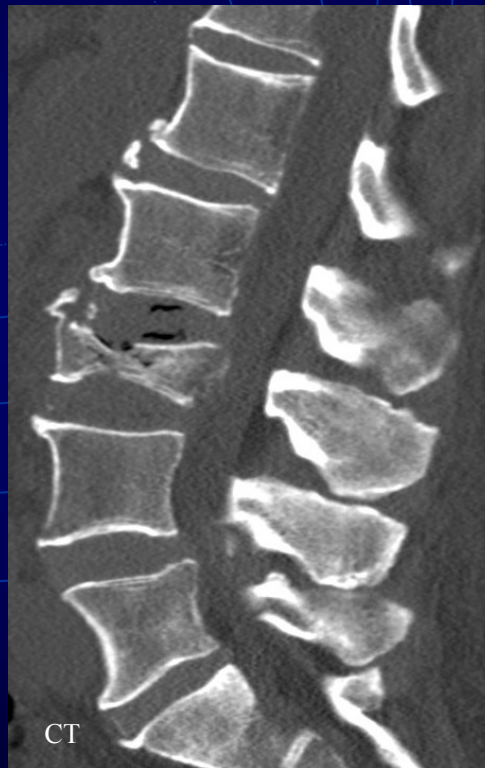


Metastáza karcinomu plic

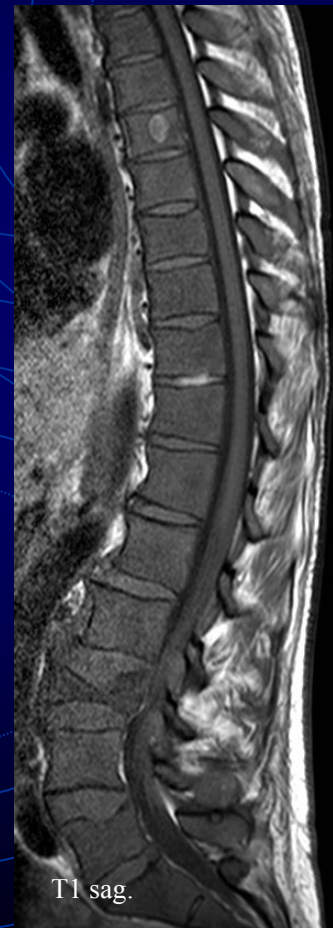


MR páteře: nádory

- Vyšší senzitivita MR pro detekci infiltrace kostní dřeně než RTG a CT



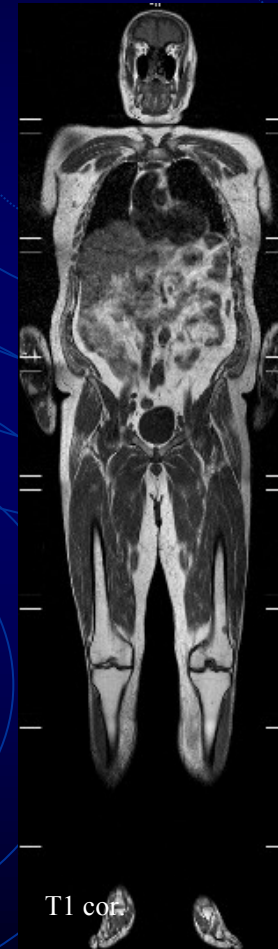
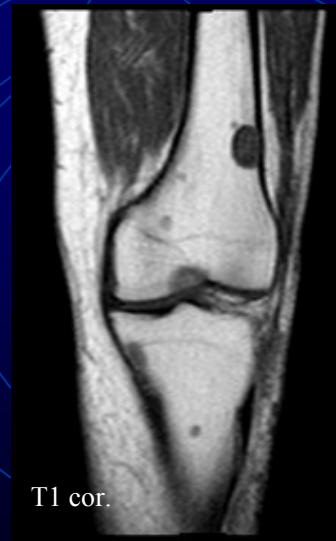
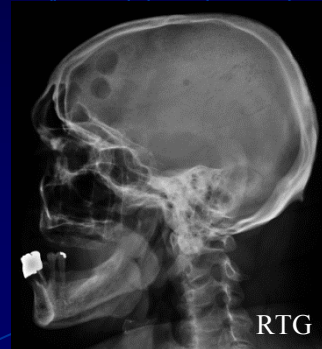
Z archivu MOÚ



Maligní melanom – difuzní infiltrace kostní dřeně,
patologická fraktura obratlového těla L3

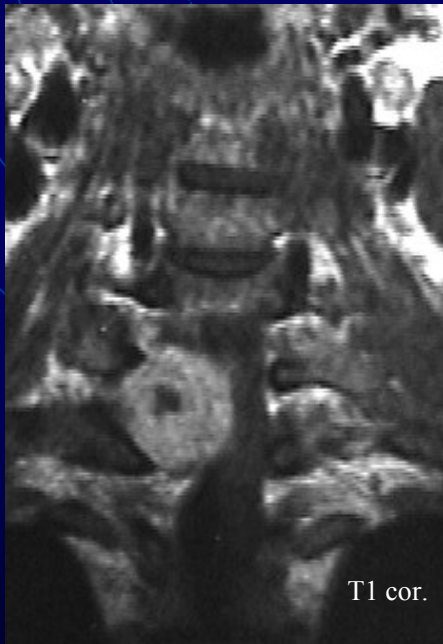
MR páteře: nádory

- **Mnohočetný myelom**
 - nejčastější primární kostní tumor, časté postižení osového skeletu
 - Celotělové MR vyšetření skeletu
 - Cílené zobrazení páteře

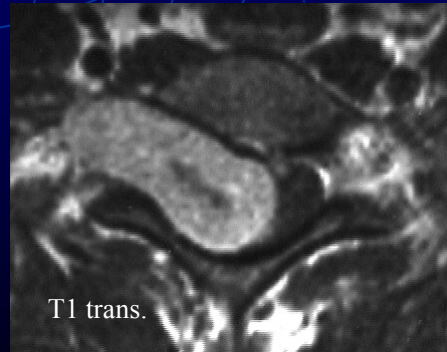


MR páteře: nádory

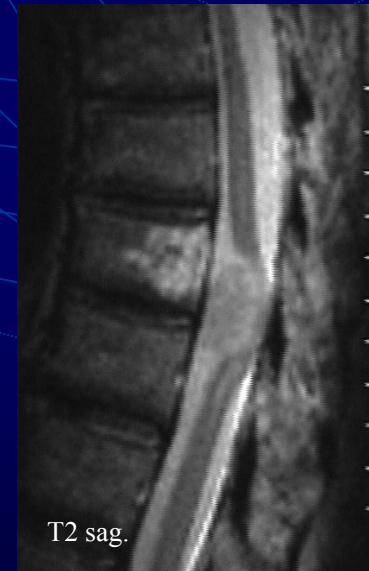
- Intradurální extramedulární tumory
 - Nejčastější původ: nervové kořeny, meningy
 - Mohou způsobovat kompresi míchy



Schwannom



T1 trans.



Meningeom



T1 sag. KL

MR páteře: nádory

- Tumory míchy



T2 sag.

Ependymom



T1 sag. KL



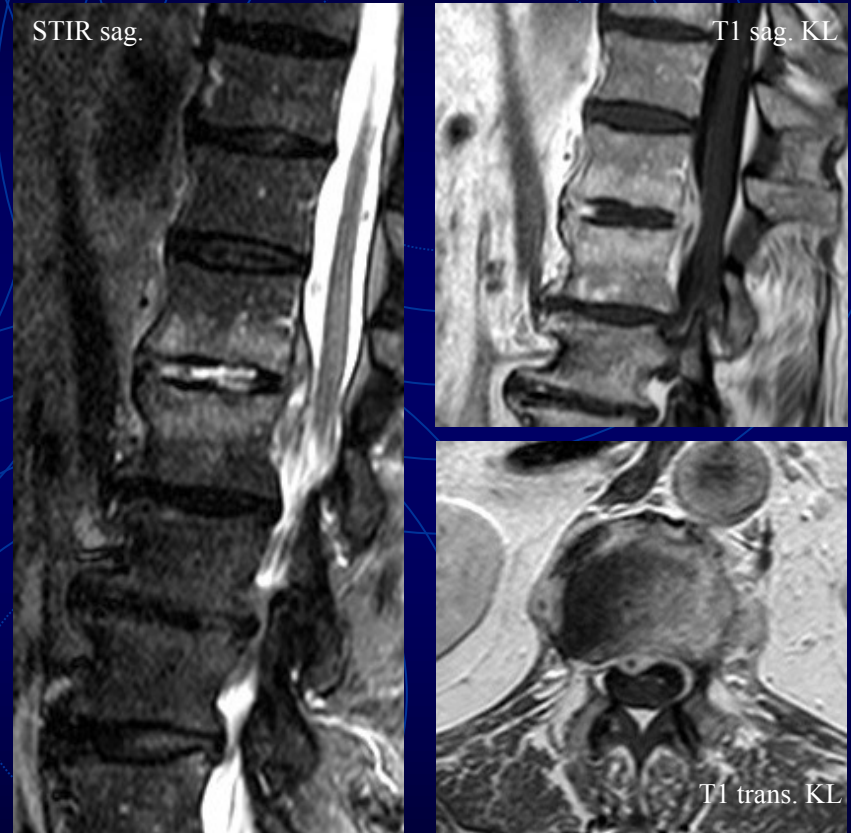
T2 sag.

High-grade gliom

MR páteře: záněty

Spondylodiscitis

- Zánětlivé poškození ploténky a krycích ploch obratlových těl
- MR: patol. signál disku a kostní dřeně sousedních obratlů – edém, postkontrastní sycení, zobrazení abscesů epidurálně a paravertebrálně
- RTG i CT málo senzitivní
- Lze použít kostní scintigrafii nebo PET

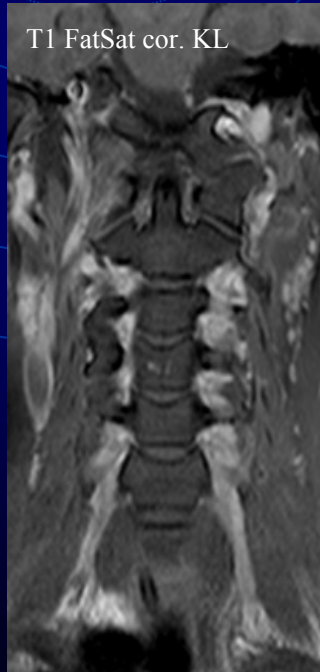


Spondylodiscitis s drobným epidurálním abscesem

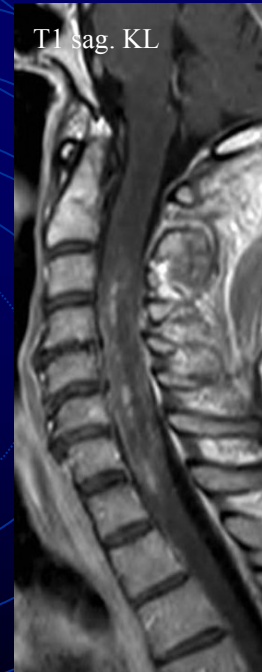
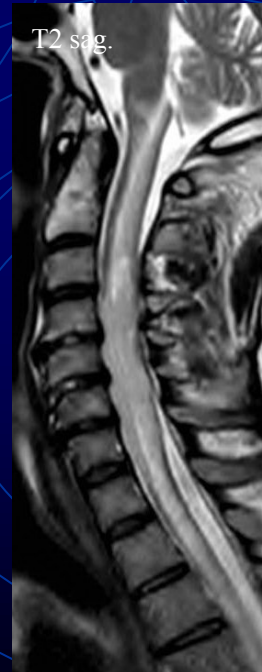
MR páteře: záněty

- **Záněty míchy**
 - Infekční (klíšťová encefalomyelitida, TBC..)
 - Neinfekční (akutní transverzální myelitida, ADEM, sarkoidóza..)
 - Nezbytné vyšetření mozkomíšního moku

Klíšťová radikulomyelitida



Akutní transverzální myelitis



za 4 týdny



The background is a solid dark blue color. Overlaid on this are three sets of concentric circles in a lighter blue color. Each set consists of five circles of varying diameters, centered in a triangular arrangement: one in the top-left, one in the top-right, and one in the bottom-center. The circles overlap with each other and with the text.

Děkuji za pozornost