

Zobrazovací metody I.
RTG, Počítačová tomografie (CT),
Digitální subtrakční angiografie (DSA),
Magnetická rezonance (MRI)

MUDr. Ondřej Volný¹

MUDr. Petra Cimflová²

prof. MUDr. Martin Bareš PhD¹

¹ I. neurologická klinika FN u sv. Anny a LF Masarykovy
univerzity

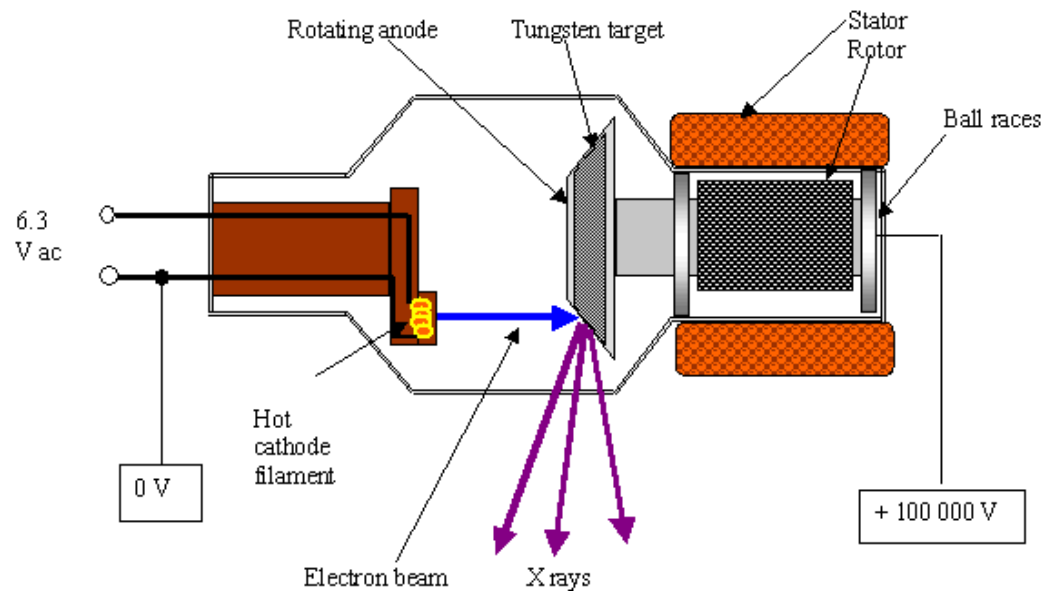
² Klinika zobrazovacích metod FN u sv. Anny a LF
Masarykovy univerzity

Neuroradiologie

- obor radiologie zabývající se změnami mozku a míchy

RTG

- **RTG záření – proud fotonů**, který vzniká dopadem rychle letících elektronů vylétajících z rozžhavené katody na wolframovou anodu



RTG přístroj



RTG v neuroradiologii

- vyloučení traumatu lebky (např. po pádech či úderech do hlavy)
- strukturální změny skeletu – osteolytické („rozpad“ kosti např. nádorem nebo kostní metastázou) nebo osteoplastické (patologická „novotvorba“ kosti)
- vyloučení cizího kovového tělesa (např. před plánovaným MRI, které by bylo kontraindikací provedení vyšetření)

RTG – předožadní snímek lebky



Normální nález

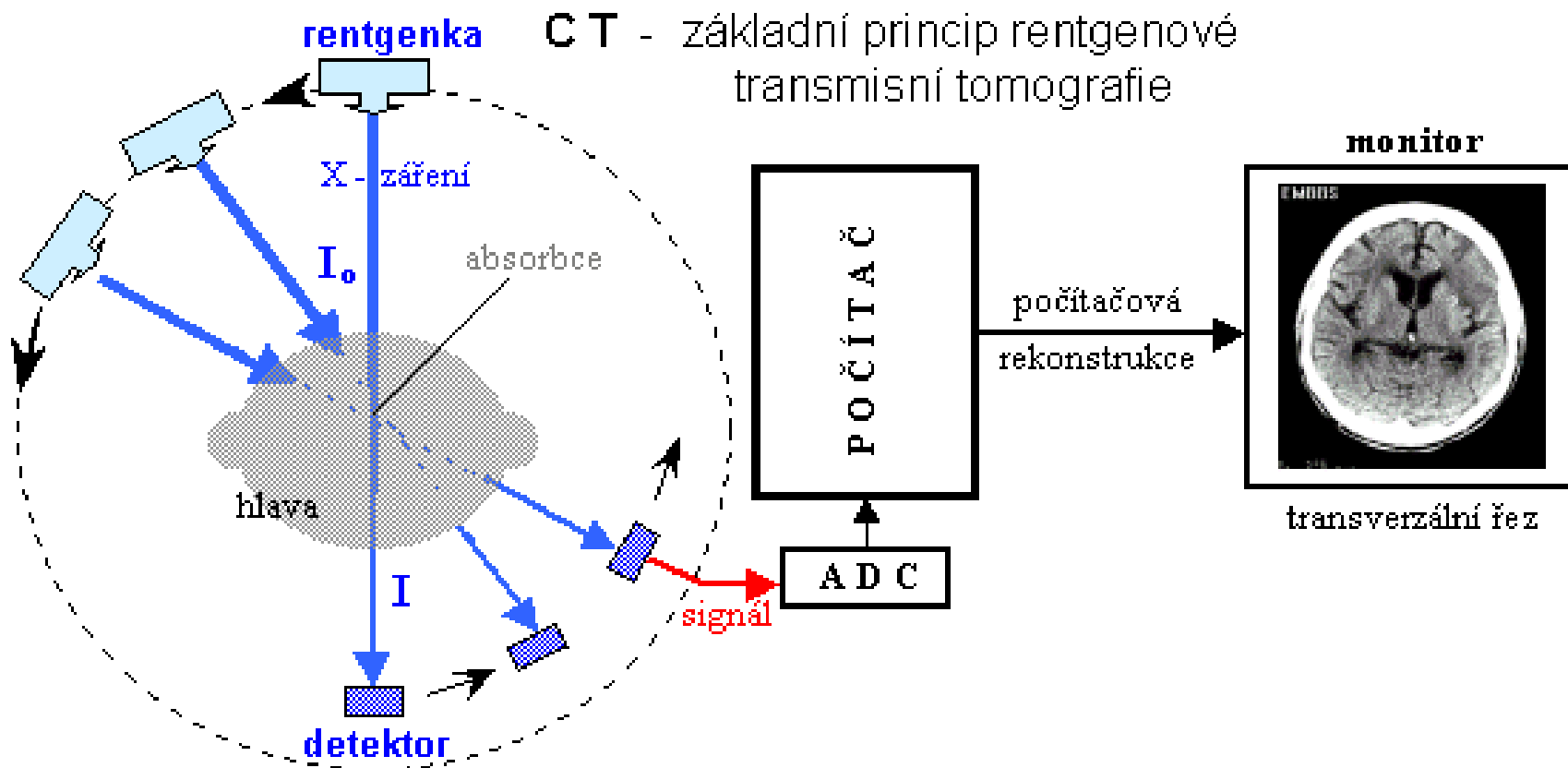


Fissura lebky (patologická štěrбина vzniklá následkem úrazu)

Počítačová tomografie – CT

- umožňuje zobrazení vyšetřované oblasti v sérii řezů pomocí RTG záření a následných rekonstrukcí
- úzce kolimovaný paprsek RTG záření dopadá na detektory uložené naproti rentgence
- systém rentgenka-detektor rotuje kolem stolu s ležícím pacientem
- následuje matematické zpracování získaných dat v několika rovinách (transversální, sagitální, koronární), výsledný obraz je dán rozdílnou absorpcí rtg záření v jednotlivých tkáních daného řezu

Schéma CT vyšetření



CT přístroj



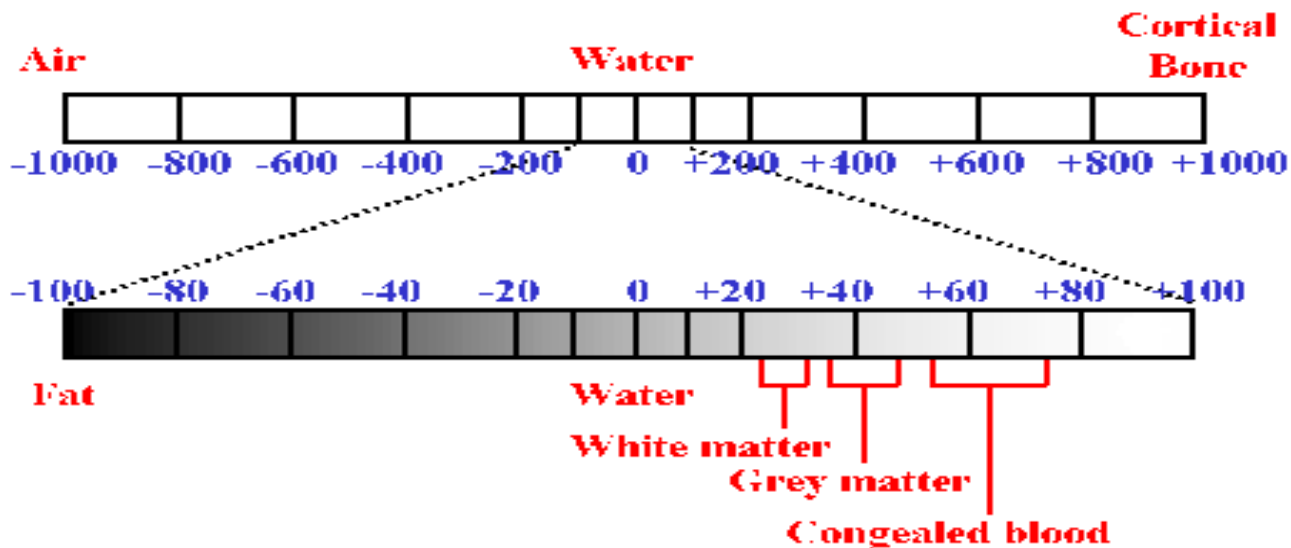
Wyšetřovací gantry s posuvným stolem
(kruhová část s umístěnou rotující rentgenkou a detektory)

Základní principy CT

- délka vyšetření 1 až 15 minut – závislost na rychlosti přístroje, rozsahu vyšetřované oblasti, typu vyšetření (nativní nebo s podáním kontrastní látky)
- nutný je klid pacienta během vyšetření
 - u nespolupracujících pacientů vyšetření při utlumené úrovni vědomí (sedace nebo celková anestezie)
- Možnosti vyšetření:
 - Nativní vyšetření (bez podání kontrastní látky/KL)
 - Aplikace jodové KL intravenózně – lepší odlišení cév od ostatních struktur, rozdílné sycení normálních a patologicky změněných tkání
 - Aplikace KL perorálně (ústy), per rectum (do konečníku) – vyšetření břicha a pánve pro spolehlivé odlišení střevních kliček od jiných útvarů

CT – základní principy

- **denzita** – míra oslabení (absorpce) záření v jednotlivých místech vyšetřovaného objektu vyjádřená v Hounsfieldových jednotkách (HU)
- **stupnice** od -1000 do +1000 HU
- -1000 vzduch, 0 voda, +1000 kortikalis kosti (u hutnějších materiálů stupnice pokračuje výše)
- počet HU je určen denzitou tkání

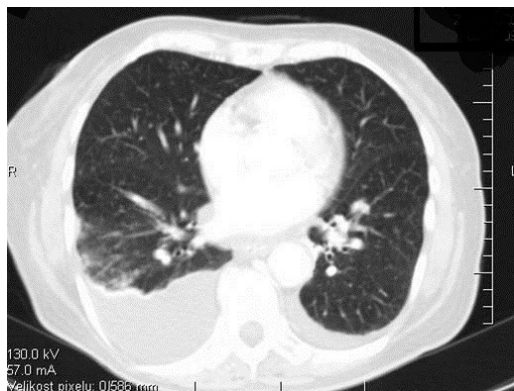


CT – základní principy

- lidské oko je schopno rozlišit pouze **250 odstínů šedi** – volba různých oken pro hodnocení jednotlivých tkání
- **Window width (WW)** – určuje rozsah zobrazených hodnot
- **Window level (WL)** – hodnota tzv. centrálního bodu

Plicní okno

(WL -750, WW 1000)



Mozkové okno

(WL 40, WW 80)



Kostní okno

(WL 400, WW 3000)



CT vyšetření

- **Používané termíny:**
 - **Hypodenzní** – nižší denzita, na obrazech „tmavší“
 - **Izodenzní** – stejná denzita
 - **Hyperdenzní** – vyšší denzita, na obrazech světlejší ve vztahu k normální denzitě orgánu
 - **Sycení KL** – změna denzity po aplikaci KL i.v.

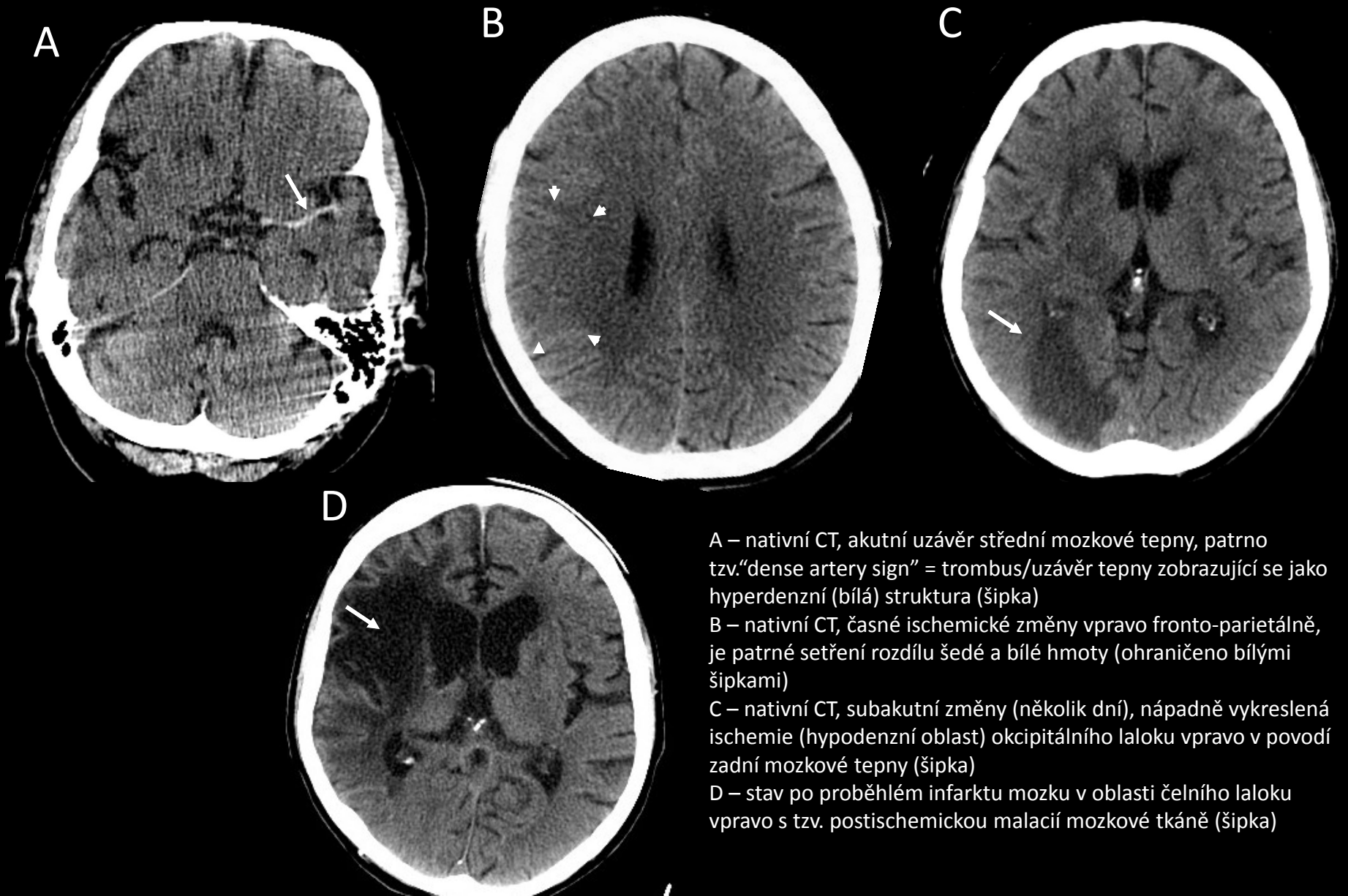
CT v neuroradiologii – hlavní indikace

- cévní mozková příhoda (rozlišení ischemické vs. hemorhagické CMP – spolehlivě odliší přítomnost **čerstvé krve v mozkové tkáni**, která je na snímku **hyperdenzní**)
- traumatické poškození mozku – kontuzní změny, edematózní změny (otok mozkové tkáně)
- nádory mozku a mozkové metastázy
- zlomeniny lebky a obličejového skeletu
- jiné změny skeletu – patologické změny struktury kostí
- detekce kalcifikací v mozkové tkáni (kalcifikace jsou v CT obraze hyperdenzní)

Nativní CT – normální nález (*video*)



Ischemická CMP – nativní CT



A – nativní CT, akutní uzávěr střední mozkové tepny, patrně tzv. "dense artery sign" = trombus/uzávěr tepny zobrazující se jako hyperdenzní (bílá) struktura (šipka)

B – nativní CT, časné ischemické změny vpravo fronto-parietálně, je patrné setřetí rozdílu šedé a bílé hmoty (ohraničeno bílými šipkami)

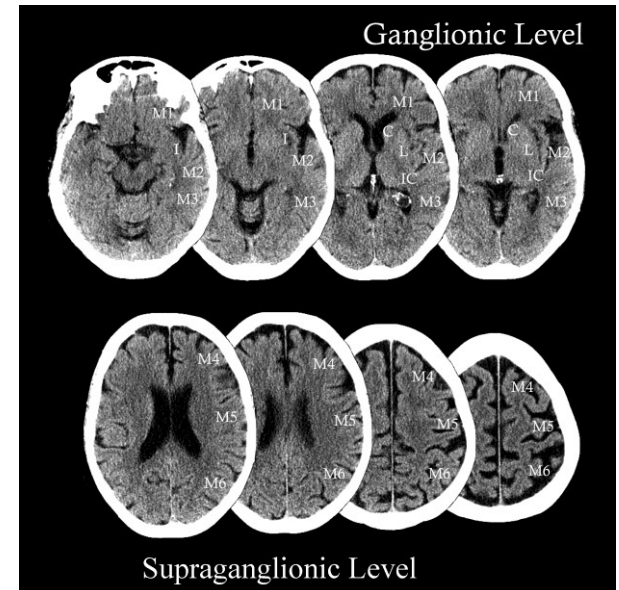
C – nativní CT, subakutní změny (několik dní), nápadně vykreslená ischemie (hypodenzní oblast) okcipitálního laloku vpravo v povodí zadní mozkové tepny (šipka)

D – stav po proběhlém infarktu mozku v oblasti čelního laloku vpravo s tzv. postischemickou malací mozkové tkáně (šipka)

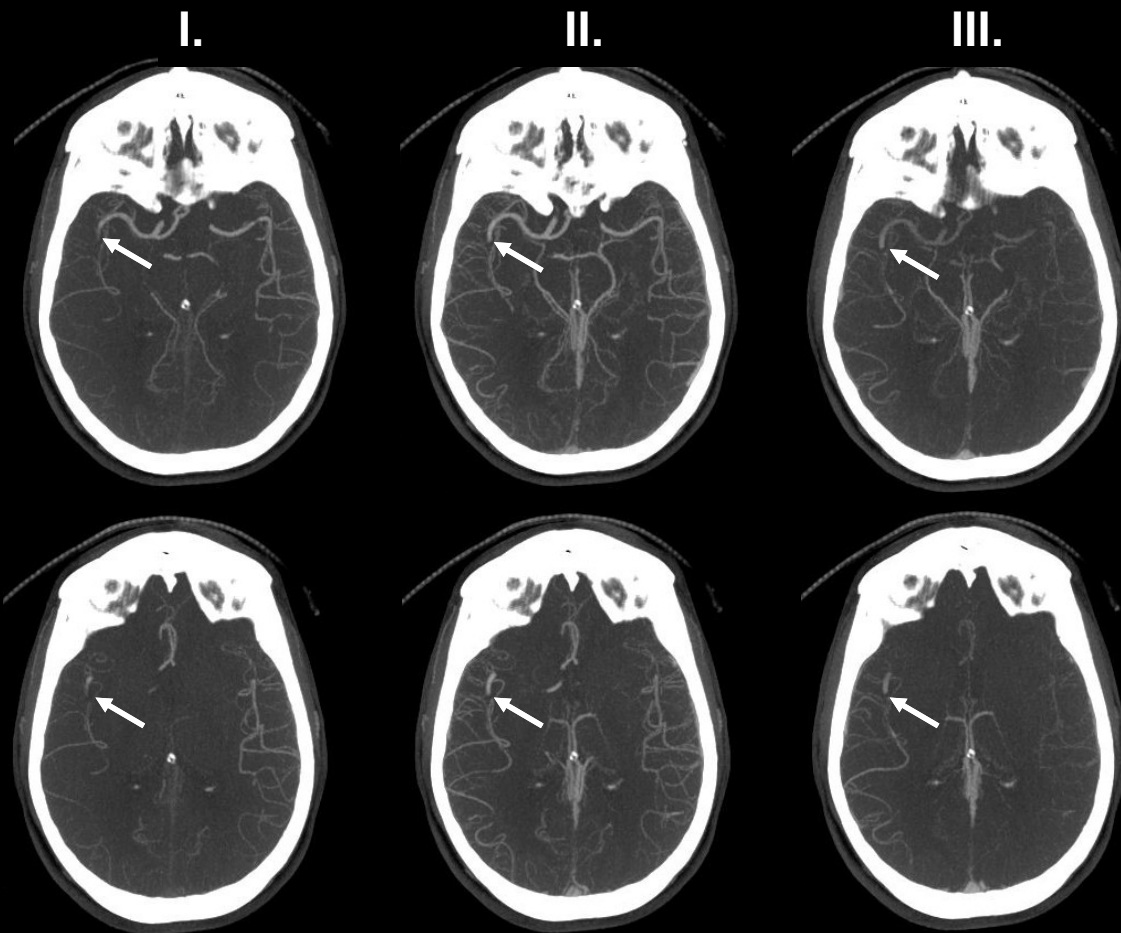
CMP- nativní CT

- v diagnostice a terapeutické rozvaze je klíčové vyloučení krvácení a hodnocení časných ischemických změn na nativním CT
- ASPECTS skóre – hodnotí rozsah časných ischemických změn v povodí arteria cerebri media, v modifikované verzi také pro hodnocení ischemických změn ve vertebrobasilárním povodí
 - možnost vyzkoušení odečítání ASPECTS skóre s vysvětlením, jak se ASPECTS hodnotí, je k dispozici na těchto stránkách

<http://www.aspectsinstroke.com/training-for-aspects/test/>



CT angiografie – CTA



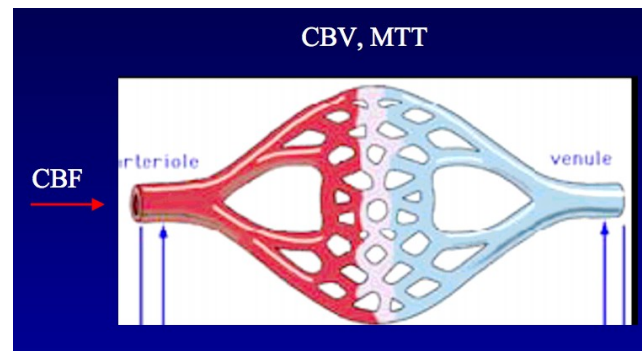
Uzávěr střední mozkové tepny vpravo (šipka), zobrazení cévního řečiště s použitím multifázické CT angiografie (skenování ve třech fázích s odstupem 8s umožňující zobrazení postupného plnění mozkového řečiště v arteriální fázi, časné žilní a pozdní žilní fázi a lepší hodnocení morfologie kolaterálního řečiště za uzávěrem tepny)

CT perfúze

- **Funkční vyšetření mozkové tkáně**
 - charakterizuje stav průtoku krve mozkovou tkání
- Slouží k identifikaci **jádra** – “**core**” (nevratně ischemicky poškozená tkáň) a **penumbry** (hypoperfundovaná tkáň, kterou lze při včasném zahájení léčby mozkového infarktu zachránit)
- K výpočtu CT perfúzních parametrů se využívají různé matematické modely (např. first pass effect – snímání koncentrace KL během prvního průchodu bolusu KL), současné modely využívají metodu *dekonvoluce* (proces výpočtu perfuze na základě změřených arteriálních a tkáňových koncentrací KL)

CTP parametry

- **CBF** (cerebral blood flow) – průtok krve objemem tkáně mozku, ml/min
- **CBV** (cerebral blood volume) – množství krve v určitém objemu tkáně mozku, ml/min/100g
- **MTT** (mean transit time) – doba průtoku KL sledovanou oblastí

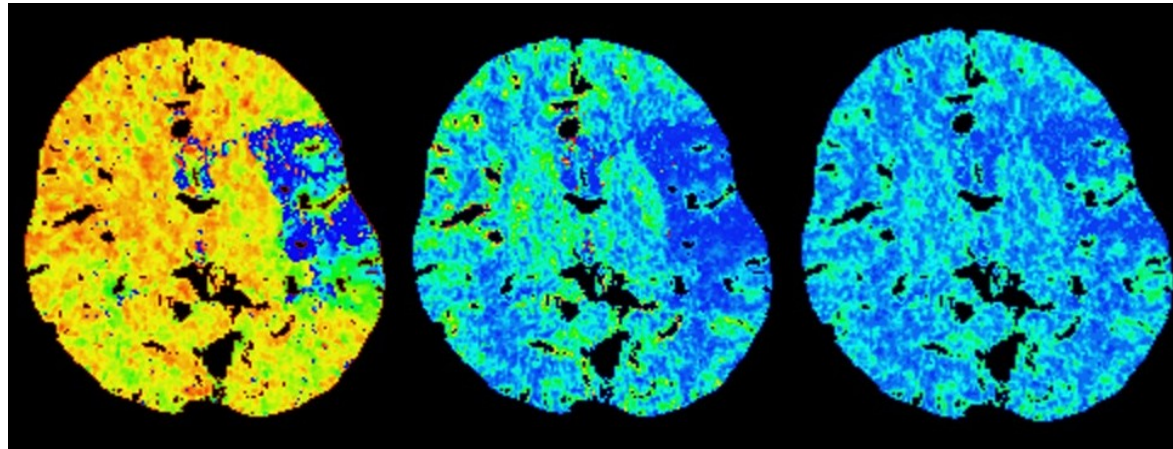


$$CBF = CBV / MTT$$

CTP parametry

- **TTP** (time to peak) – doba do max. denzity KL ve snímané oblasti mozku
- **T0** – vyjadřuje zpoždění přítoku KL do sledované oblasti mozku
- **Tmax** – $T0 + \frac{1}{2} MTT$
- **PS** (permeability surface area product) – vyjadřuje poškození hemato-encefalické bariéry, extravasaci KL z cévního řečiště do mozkové tkáně (slouží ke stanovení poškození hemato-encefalické bariéry = “prosakování kontrastu do mozkového parenchymu”)

CTP charakteristiky jádra a penumbry



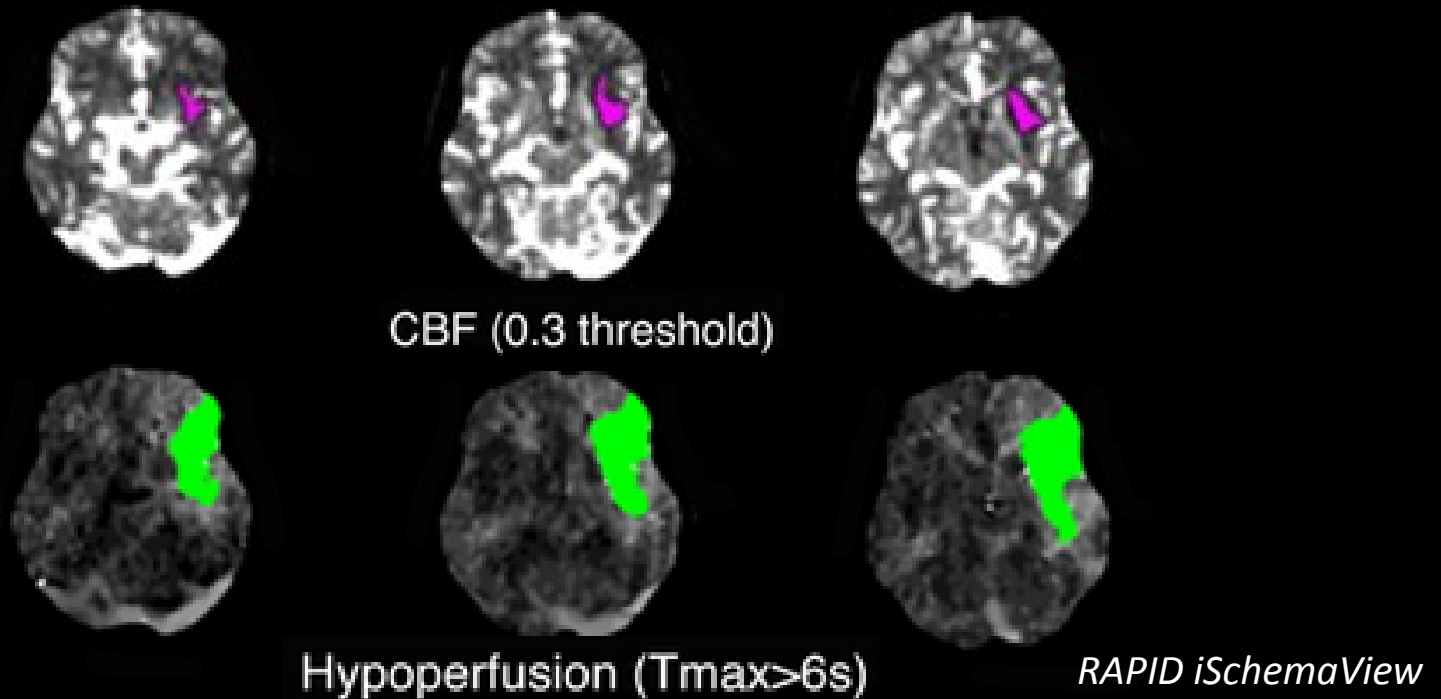
MTT

CBF

CBV

Parameter	MTT	CBF	CBV	Tmax
Penumbra	↑	↓	Norma/↑	↑
Jádro	↑	↓	↓	↑

CT perfúze – interpretace výsledků

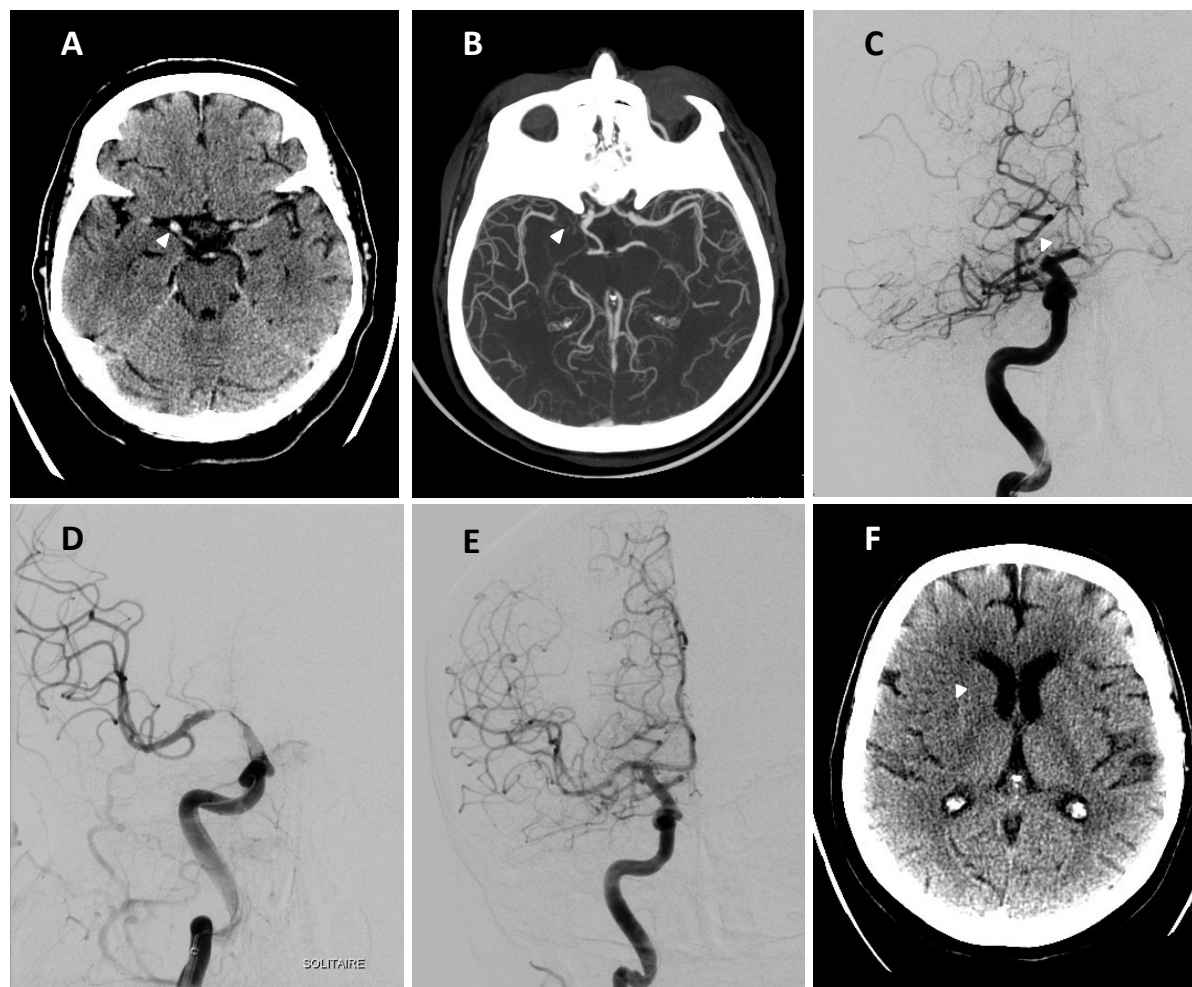


Hodnota CBF pod 30 % kontralaterální (nepostižené) hemisféry charakterizuje jádro ischemie (nevratně poškozený mozek)

Prodloužení $T_{max} > 6s$ charakterizuje hypoperfundovanou tkáň = tzv. ischemickou penumbru

Rozdíl těchto dvou map vyjadřuje objem mozkové tkáně, kterou je možné včasnou léčbou ovlivnit a včasným otevřením tepny zachránit

CMP – modelový příklad



Na nativním CT (A) nejsou patrné časné ischemické změny (setřeni rozdílů šedé a bílé hmoty), je zřetelná hyperdenzní střední mozková tepna (ACM) vpravo (šipka), na CT angiografii (B) je patrný uzávěr – defekt v plnění ACM vpravo. Pacient byl indikován k mechanické rekanalizaci (otevření tepny instrumentáři), na vstupním nástřiku je patrný blok v plnění arteriálního stromu v povodí ACM vpravo (C), za pomoci stent-retrieveru (D) bylo dosaženo zprůchodnění tepny a obnovení plného průtoku v jejím povodí (E). ”

Na kontrolním nativním CT (F) jsou jen minimální postischemické změny v povodí ACM vpravo (šipka).

CT v rozlišení nitrolebních krvácení

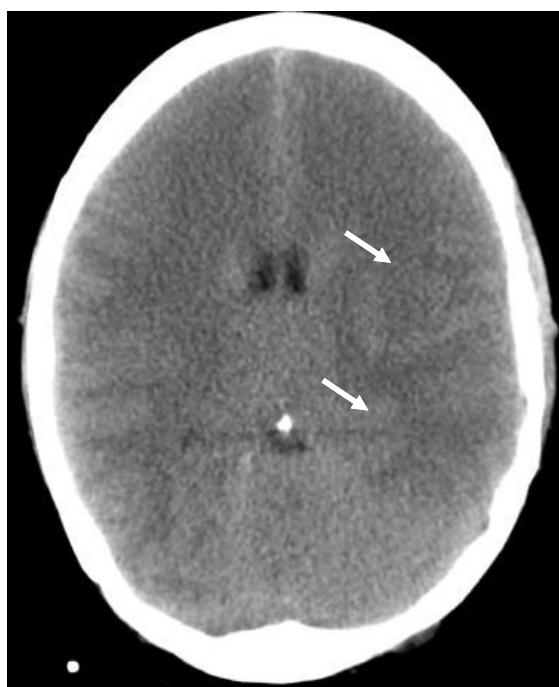
- Epidurální ↗
- Subdurální
- Subarachnoidální ←
- Intracerebrální
 - do mozku
- Intraventrikulární
 - do mozkových komor



CT mozku – traumatické změny



Tříštivá fraktura spánkové kosti vlevo (šipky), tzv. "kostní" okno



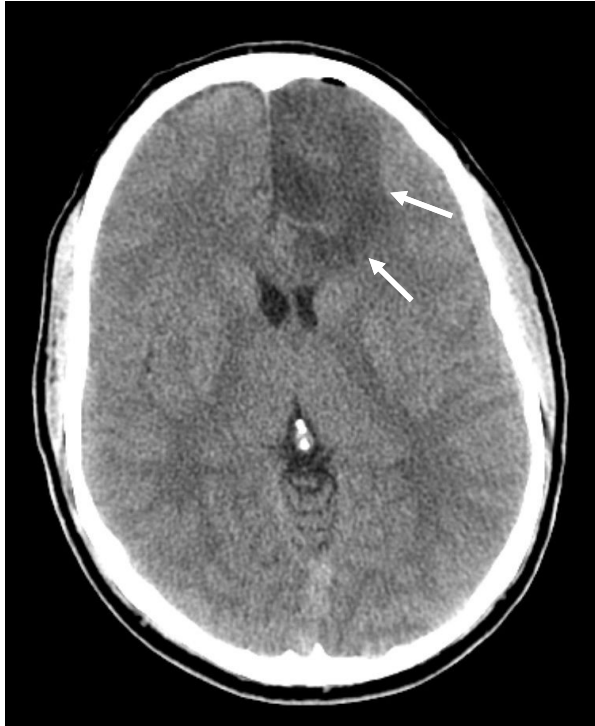
Mozkový edém se zánikem sulků a útlakem komorového systému následkem úderu



Kontuzní změny ("pohmoždění" mozku) s prokvácením (patrný hyperdenzní = světlejší okrsky)

CT mozku – tumory

Lymfom – v oblasti čelního laloku vlevo je kulovité hyperdenzní (světlejší) ložisko s okolním edémem, který je hypodenzní (tmavší okolí), ložisko se **postkontrastně sytí** (má vyšší denzitu než v nativním obraze)



Gliom - vlevo v oblasti čelního laloku hypodenzní ložisko s útlakem okolních struktur

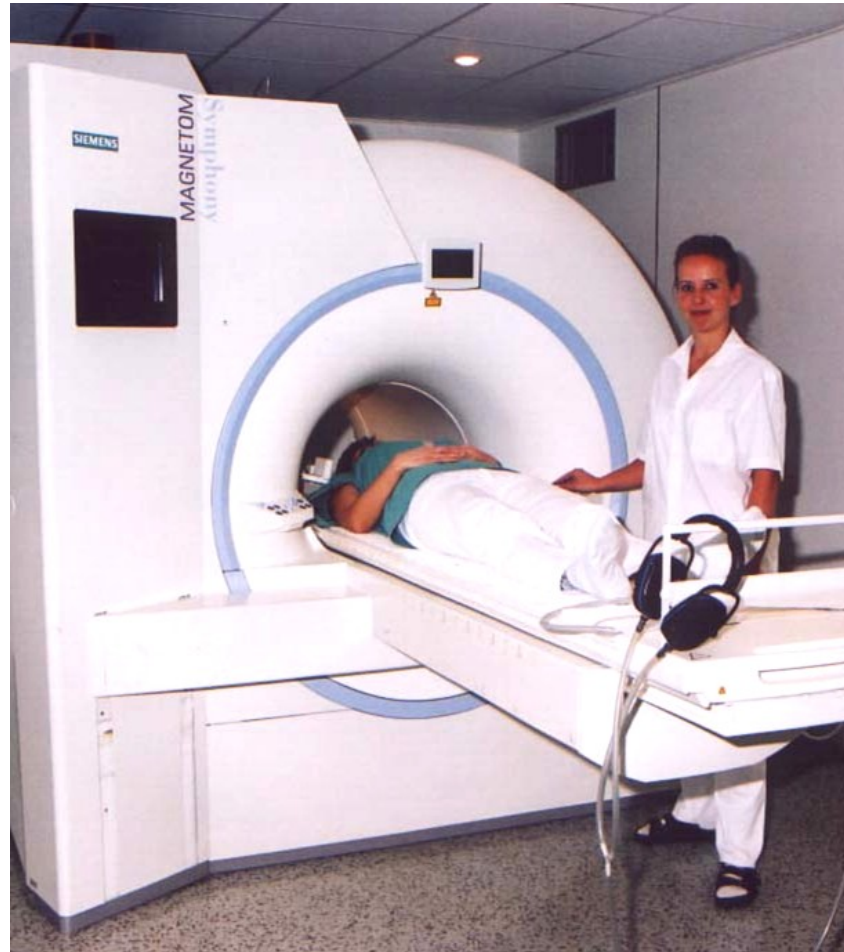


Nativní CT



Postkontrastní CT

Magnetická rezonance



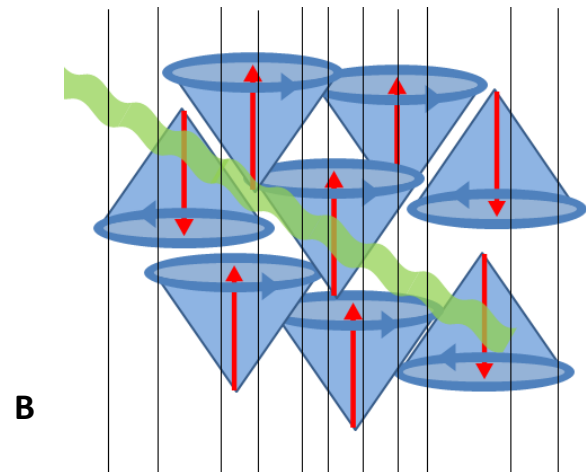
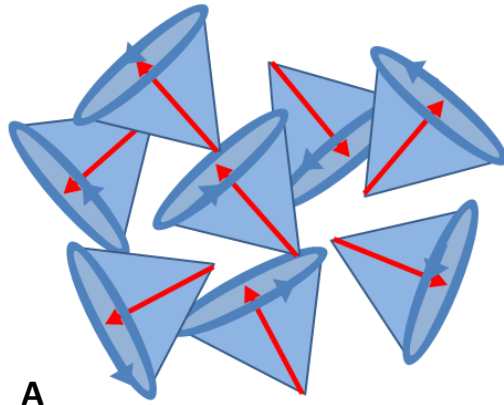
MR přístroj je tvořen velmi silným magnetem vytvářejícím magnetické pole o síle 0,1-3T (pro vědecké účely až 9,4T; pro malá zvířata až 21T)

MR – princip zobrazení

- K zobrazování se využívá přítomnosti magnetického momentu atomů jader s lichým nukleonovým číslem (^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{23}Na , ^{31}P)
 - Atomové jádro se skládá z protonů a neutronů, které rotují kolem své vlastní osy = mají **spin**, **kladně nabitě protony tak vytváří magnetické pole a vykazují magnetický moment**
 - Atomová jádra se sudým nukleonovým číslem se nechovají k okolí magneticky, jejich magnetické momenty se vzájemně ruší (nemají spin)
- Vzhledem k vysokému obsahu vody v organismu (více než 60 %) se k zobrazení využívá právě atomu vodíku ^1H
- Protony umístěné v magnetickém poli dále vykazují precesní pohyb (pohyb po povrchu kužele) o tzv. Larmorově frekvenci, protony jsou v různých fázích precese (nerotují synchronně)
 - Velikost Larmorovy frekvence závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole a gyromagnetickém poměru jádra atomu

MR- princip zobrazení

- Po umístění protonů do konstantního magnetického pole dochází k souhlasné orientaci magnetických momentů (os rotace) s vnějším magnetickým polem (většina orientována paralelně, část orientována antiparalelně – výsledný magnetický moment paralelně s vnějším magnetickým polem charakterizovaný *vektorem podélné (longitudinální) magnetizace*)
- Poté je vyslán **elektromagnetický impuls** o frekvenci blízké Larmorově frekvenci
 - vede k synchronizaci precesního pohybu protonů – **vznik vektoru příčné (transverzální) magnetizace**
 - vede ke změně podílu paralelně a antiparalelně orientovaných protonů (přijaly energii a přestoupily do energeticky náročnějšího antiparalelního stavu) – výsledkem **snížení vektoru podélné magnetizace**



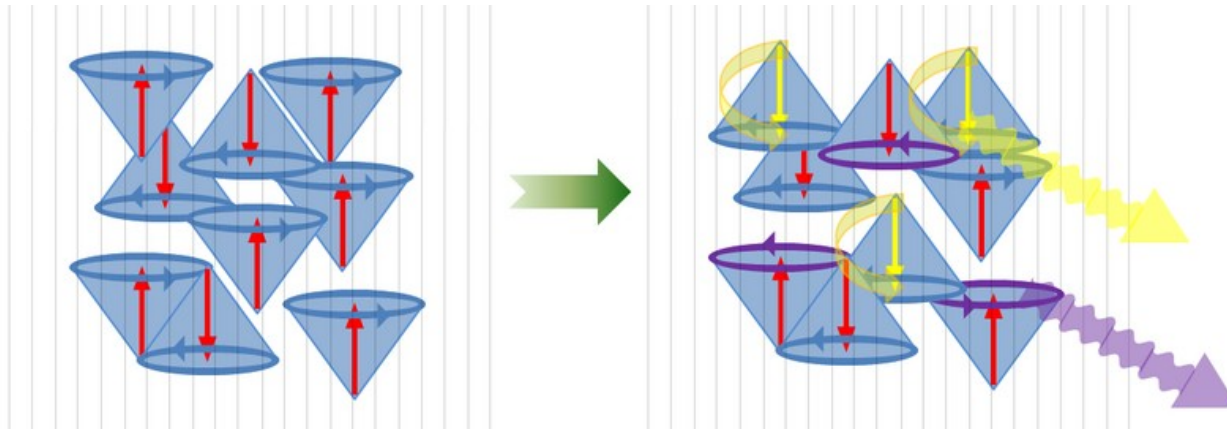
MR – základní principy

Typy elektromagnetických pulzů:

- **90° pulzy** – otáčí vektor magnetizace o 90°, vzniká tak příčná magnetizace; čas mezi pulzy = *time to repeat (TR)*
- **90° a 180° pulzy** – po skončení 90° pulzu začne klesat příčná magnetizace, v čase $TE/2$ je vyslán 180° pulz měnící precesi o 180° a příčný vektor se opět zvyšuje, za další $TE/2$ dochází k opětovné synchronizaci protonů a zesílení signálu
 - *time to echo (TE)* = 2 x $TE/2$... čas ozvěny – čas, za který se opětovně zesílí signál

MR – základní principy

- Po skončení pulzu se protony vrací do svého původního (energeticky výhodnějšího) stavu, současně dochází k desynchronizaci precese



Obrázek: po skončení pulzu postupný návrat do původního stavu – žlutě znázorněna změna magnetických momentů (T1), fialově změna precesní fáze (T2)

- Podélná **relaxace T1** – čas, za který dojde k obnovení vektoru podélné magnetizace na 63%
- Příčná **relaxace T2** – čas, za který klesne vektor příčné magnetizace na 37%

Více informací zde: http://www.stat.columbia.edu/~martin/Tools/MRI_Made_Easy.pdf

Creative Commons Petr 3.0 Česko; Žižka J. et al. *Moderní diagnostické metody. III. Díl, Magnetická rezonance*

Výhody MR diagnostiky

- nulová radiační zátěž
- kontrastní látky používané u MR mají nežádoucí účinky jen vzácně (ve srovnání s kontrastními látkami pro CT vyšetření)
- vyšetřování se provádí ve více rovinách (CT v jedné rovině, jiné roviny se přepočítávají)

Nevýhody MR diagnostiky

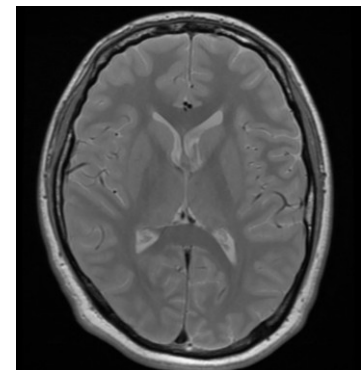
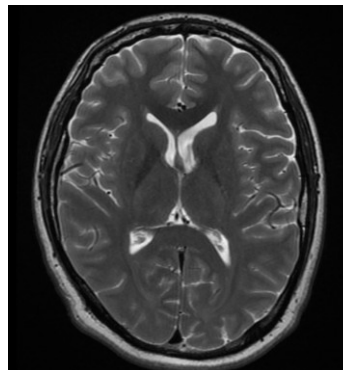
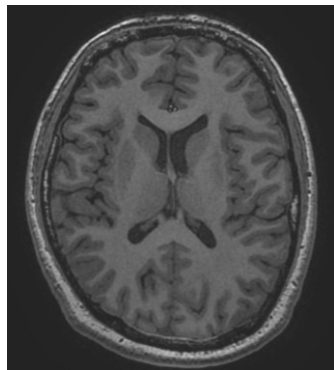
- kontraindikací je veškerý magnetický kovový materiál: pacemaker, endoprotézy kloubů, kovové střepliny
- nelze vyšetřit nespolupracující pacienty (při neklidu či klaustrofobii)
- relativně dlouhá doba vyšetření (minimálně 8-10 min, může trvat 60 min i déle/dle protokolu)
- horší dostupnost MR pracovišť – např. delší objednací termíny

Hlavní indikace MR

- Akutní ischemie (lepší rozlišení akutního mozkového infarktu než nativním CT)
- Nádory a metastázy mozku
- Diagnostika roztroušené sklerózy
- Epilepsie – diagnostika abnormálních struktur, které jsou podkladem epileptických záchvatů
- Vyšetření páteře
 - degenerativní změny páteře
 - nádory míchy a páteřního kanálu

MR – základní sekvence

	T1 vážený obraz (T1WI)	T2 vážený obraz (T2WI)	Proton Density (PD)
	krátký TR (<1000ms) krátký TE (<45ms)	dlouhý TR (>2000ms) dlouhý TE (>60ms)	dlouhý TR (>2000ms) krátký TE (<45ms)
<i>tuk</i>	hypersignální	středně až hypersignální	středně až hypersignální
<i>voda</i>	hyposignální	hypersignální	středně až hypersignální
<i>mozek</i>	šedá hmota nižší signál (tmavší) než bílá hmota	šedá hmota vyšší signál (světlejší) než bílá	šedá hmota vyšší signál (světlejší) než bílá
	Hodnocení zvýšení signálu patologických tkání po podání KL	Citlivost ke zvýšené přítomnosti vody = zobrazení edému	Přechod mezi T1 a T2, signál vody se zvyšuje, ale nedosahuje intenzity v T2, již patrná reverze signálu šedé a bílé hmoty



MRI – T2 FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery)

- Potlačení signálu vody (likvoru) – proto jsou mozkové komory tmavé
- Identifikace ischemických změn bílé hmoty mozkové (šipka), změn při roztroušené skleróze (tzv. plaky), zvýraznění edému, subarachnoidálního krvácení

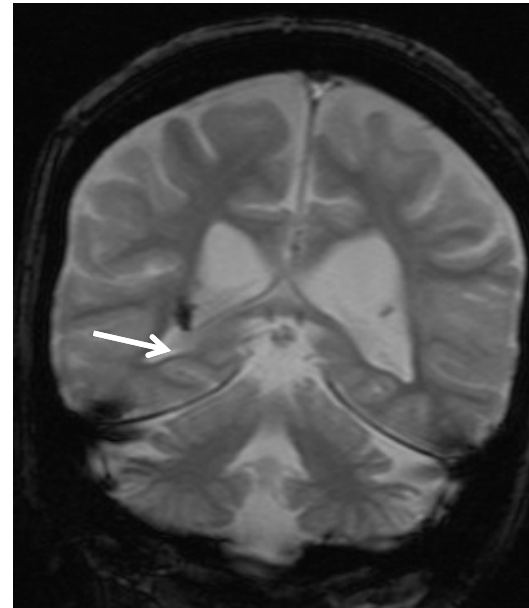


MRI – GRE (tzv. gradientní sekvence)

- Lépe zobrazuje krev a rozpadové produkty hemoglobinu obsahující železo – způsobují ztrátu signálu
 - Odlišení kalcifikací, krvácení, depa paramagnetických látek (Parkinsonova nemoc)



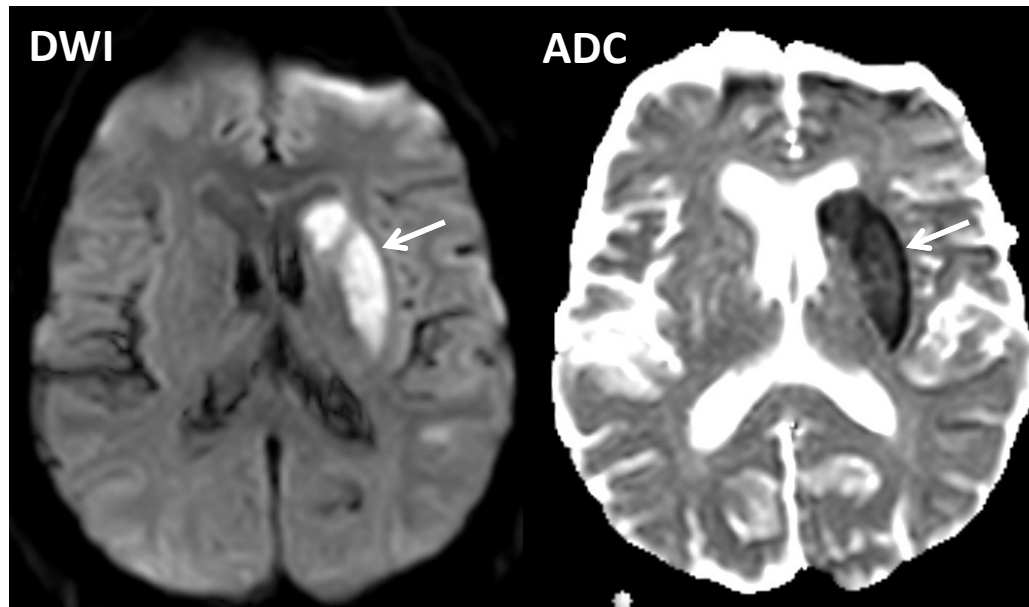
Intracerebrální hematom – ztráta signálu v místě hematomu



Kalcifikovaný subependymální hamartom – ztráta signálu v místě kalcifikované léze

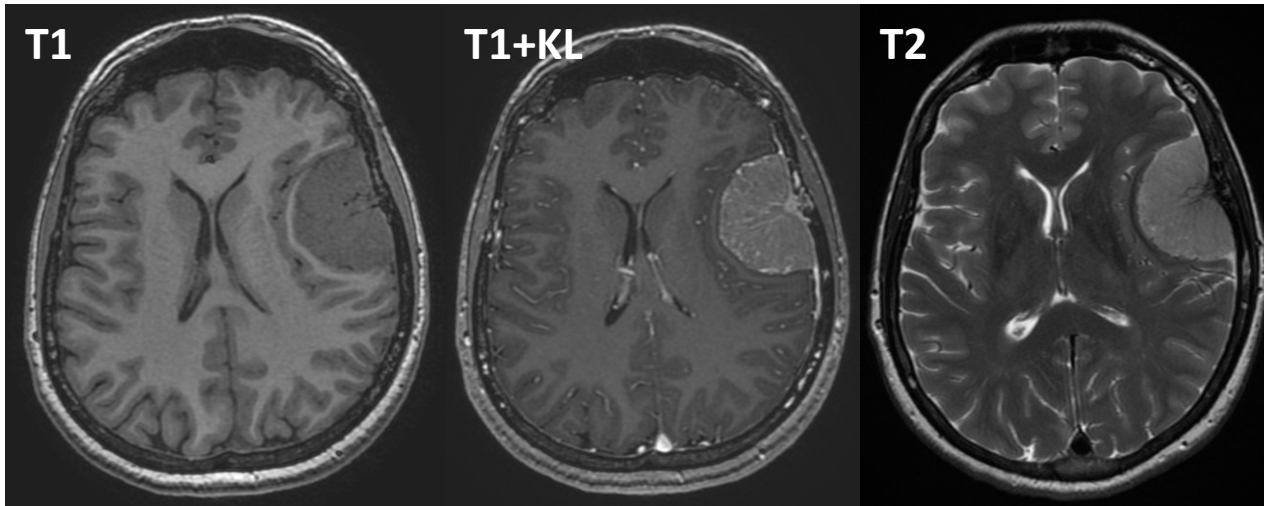
MRI – DWI/ADC (diffusion weighed imaging/apparent diffusion coefficient)

- Zobrazuje změny signálu způsobené difúzí molekul vody
- Kvantitativní hodnocení difúze molekul vody = odráží stupeň difúze
- Vysoce buněčné tkáně vykazují nízkou difúzi
- Hodnocení **ischemických změn** a jejich stáří, charakteristika nádorů, traumatické změny



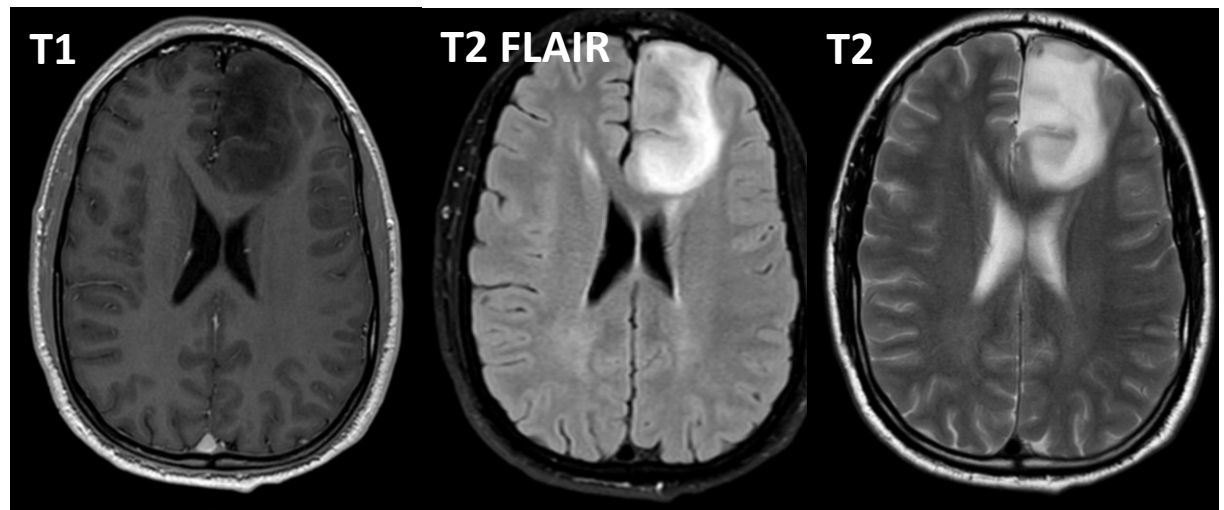
Restrikce difúze (snížení difúze molekul) v oblasti bazálních ganglií vlevo (šipka) se na DWI zobrazuje jako okrsek zvýšeného signálu, na ADC mapách je v odpovídající oblasti výpadek signálu – typický obraz akutní ischemie (mozkového infarktu)

MR – tumory

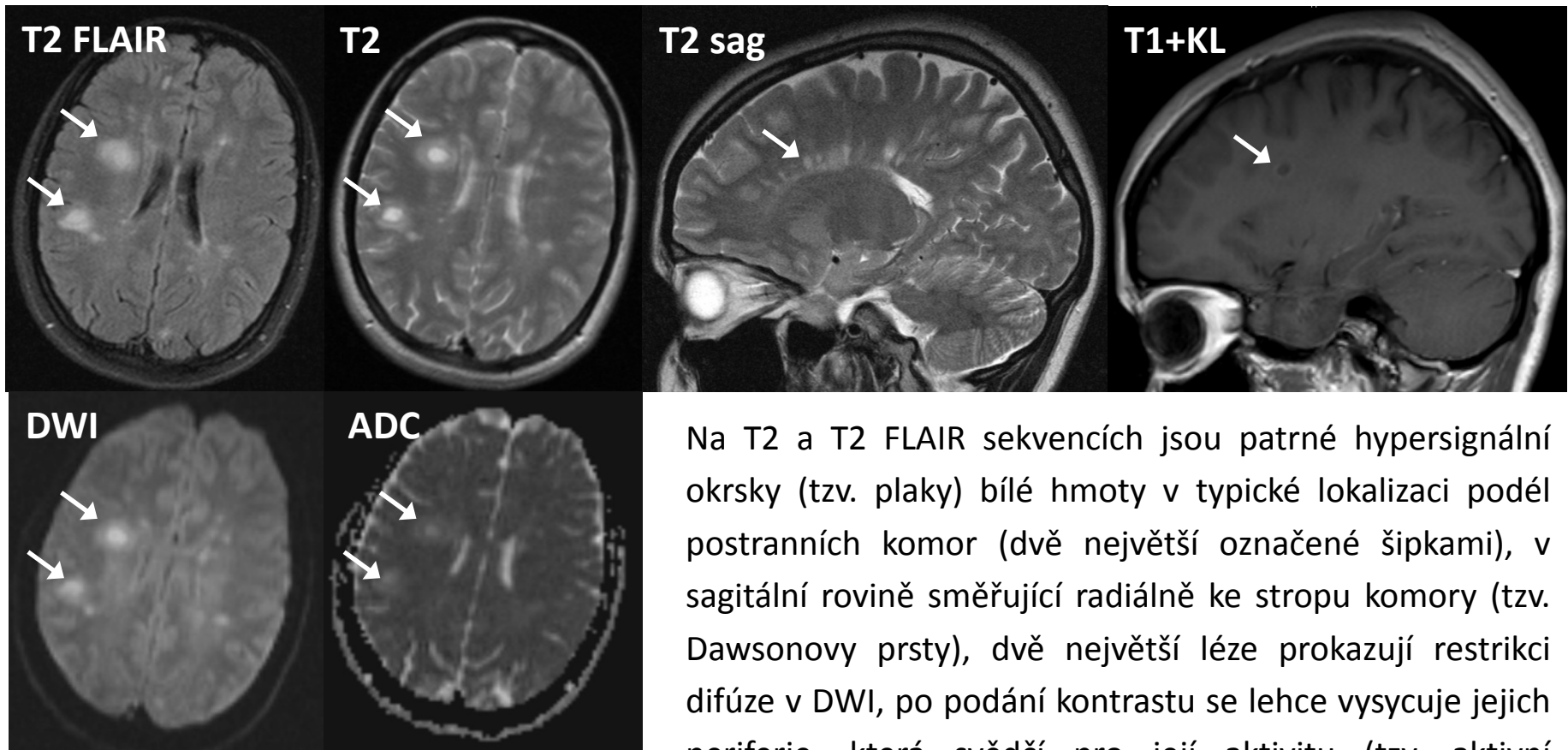


Meningeom – vlevo ložisko nasedající na mozkové pleny vtlačující se mezi struktury mozku, postkontrastně se homogenně sytí (zvýšení signálu v T1)

Gliom – vlevo neostře ohraničená patologie infiltrující čelní lalok s okolním edémem, který je hypersignální v T2 FLAIR a T2 sekvenci

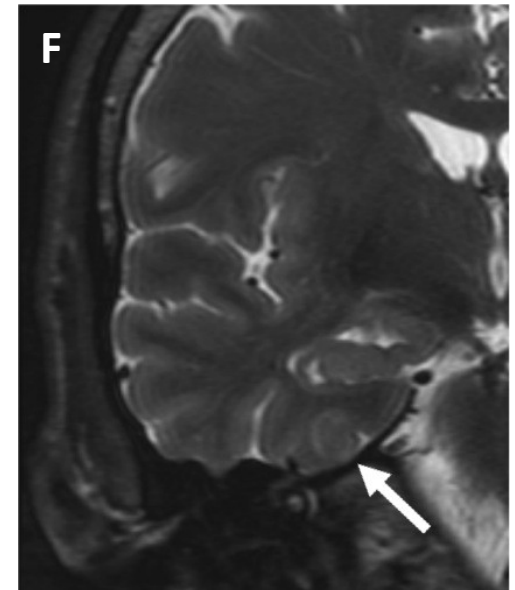
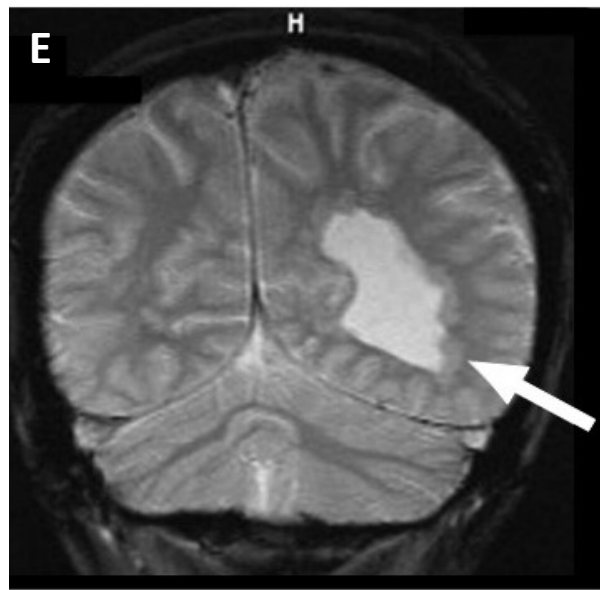
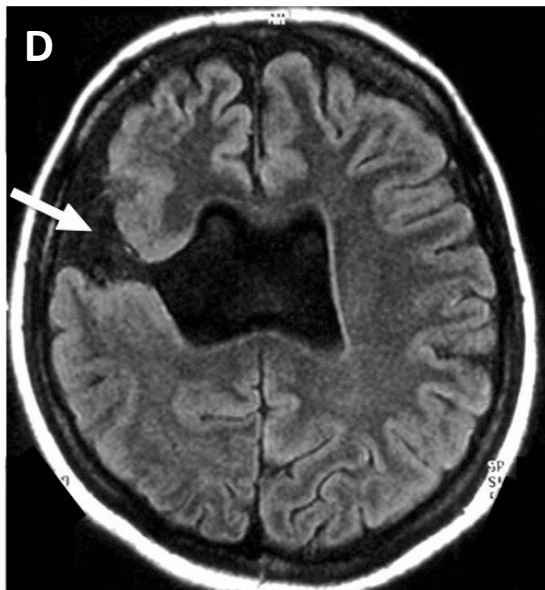
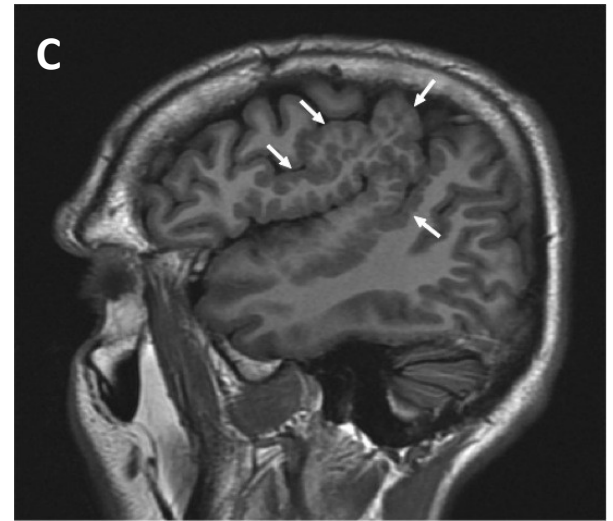
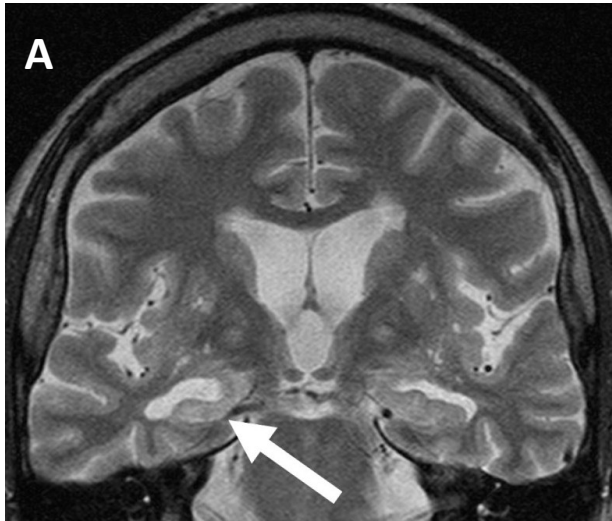


MR – roztroušená skleróza



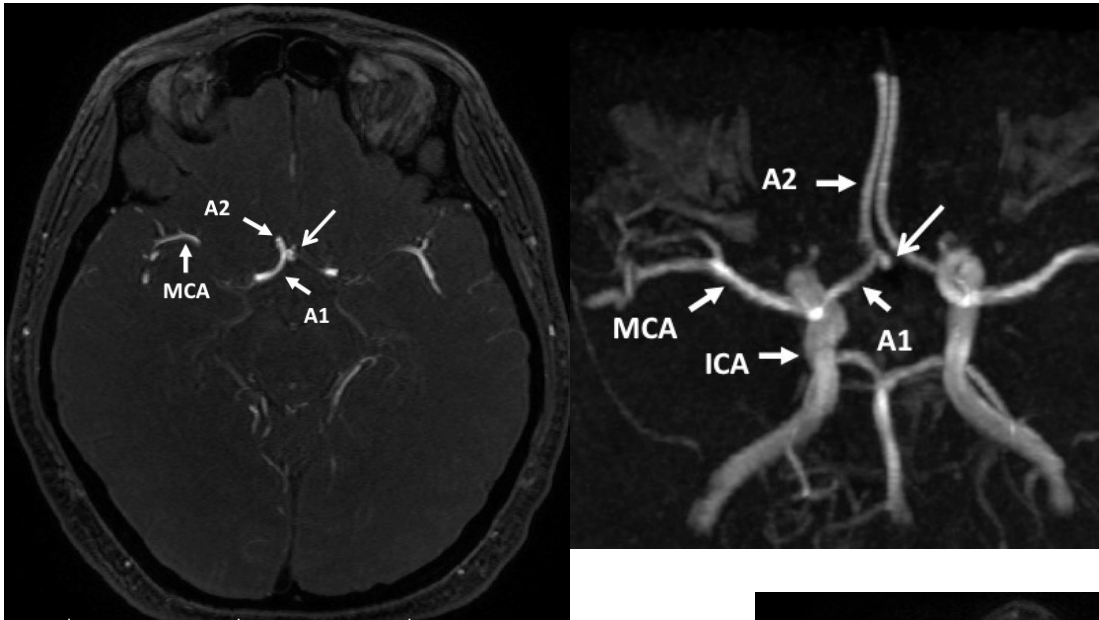
Na T2 a T2 FLAIR sekvencích jsou patrné hypersignální okrsy (tzv. plaky) bílé hmoty v typické lokalizaci podél postranních komor (dvě největší označené šipkami), v sagitální rovině směřující radiálně ke stropu komory (tzv. Dawsonovy prsty), dvě největší léze prokazují restrikcí difúze v DWI, po podání kontrastu se lehce vysycuje jejich periferie, která svědčí pro její aktivitu (tzv. aktivní demyelinizační plaka). **20 letý pacient byl na neurologické ambulanci vyšetřen pro pocit brnění a oslabení levostranných končetin.**

MR – diagnostika epilepsie, příklady



MR angiografie, MR venografie

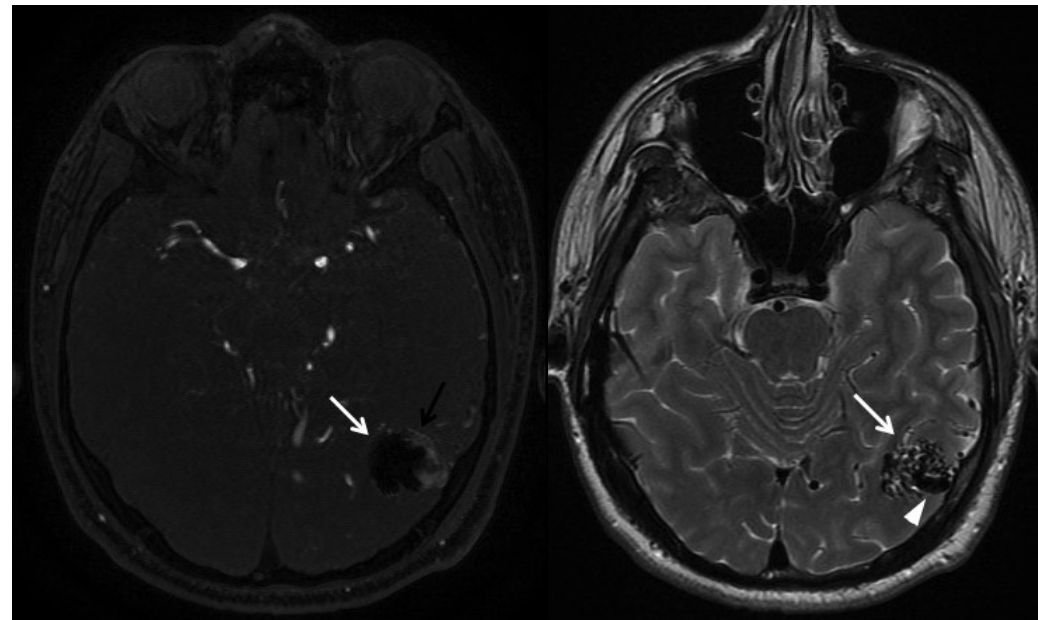
- Zobrazení mozkových cév (tepen, žil a splavů tvrdé pleny mozkové) **bez radiační zátěže**
- **Využívá pohybu jader:**
 - **bez nutnosti podání kontrastních látek** – metody založeny na změnách fáze precesního pohybu částic a velikosti vektoru magnetizace, které vedou ke ztrátě (metoda *Phase Contrast*) nebo zisku signálu (metoda *Time of Flight, TOF*)
- **Hlavní indikace:**
 - zobrazení aneurysmat (výduť cévní stěny – při prasknutí způsobuje subarachnoidální krvácení), arteriovenózních malformací (patologická “klubka” cév spojená s rizikem prasknutí a mozkového krvácení)
 - uzávěr či stenóza (zúžení) intrakraniálních tepen (mohou vést k ischemické cévní mozkové příhodě)
 - trombóza žilních splavů a kortikálních žil
 - diagnostika vaskulitid (zánětlivé postižení cévní stěny)



MR angiografie (TOF) a 3D rekonstrukce zobrazující **drobné aneurysma** přední mozkové tepny
A1, A2 – segmenty přední mozkové tepny; ICA – vnitřní krkavice; MCA – střední mozková tepna

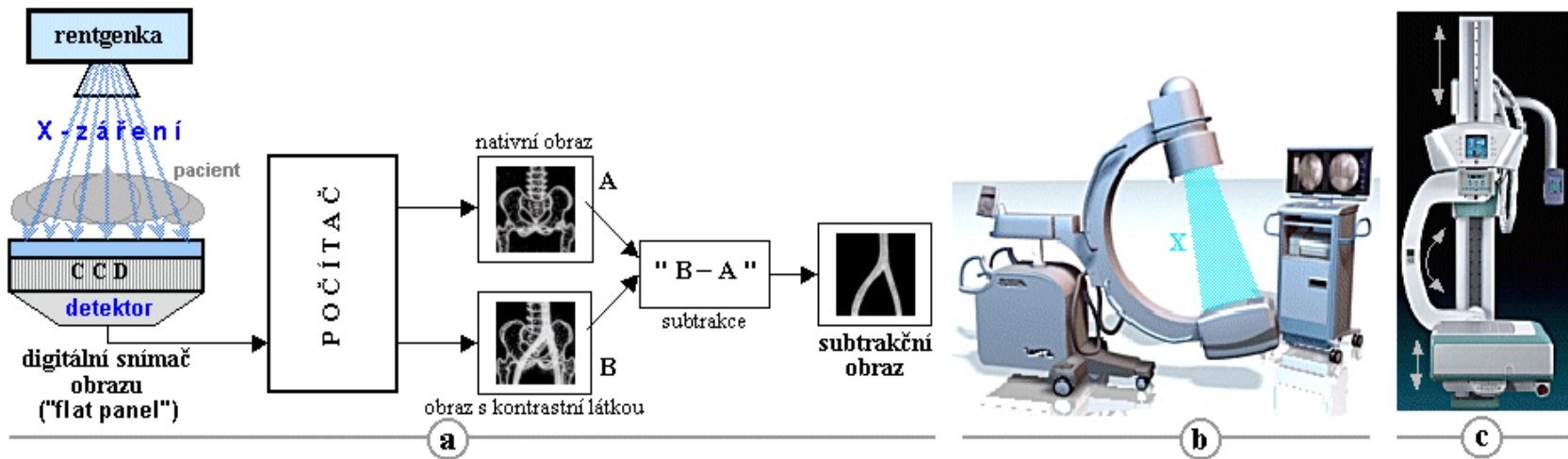
MR angiografie (TOF) a T2 vážený obraz zobrazující **arteriovenózní malformaci** (šipka) s rozšířenou odvodnou žílou (hlavička šipky)

MR angiografie po embolizaci zobrazuje již jen reziduální plnění při periferii malformace.

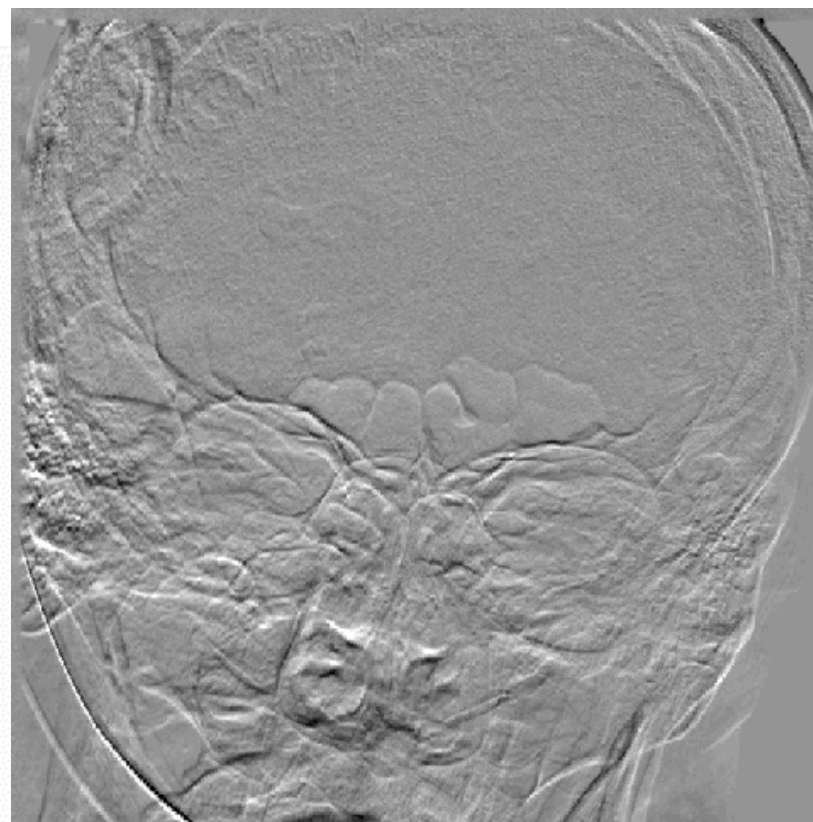


Digitální subtrakční angiografie (DSA)

- vyšetření se provádí na zvláštním pracovišti – **angiografický sál (angiolinka, angiosuit)**
- veškeré instrumentárium (katétrý, vodiče) se zavádí pod **skioskopickou (rtg)** kontrolou
- rentgenka a naproti ní umístěný zesilovač na tzv. C-rameni umožní provádět skioskopii a snímkování v různých projekcích
- pacient leží na pohyblivém stole – **plovoucí deska**
- **tlaková stříkačka** umožňuje rychlou aplikaci KL koordinovanou se snímkováním

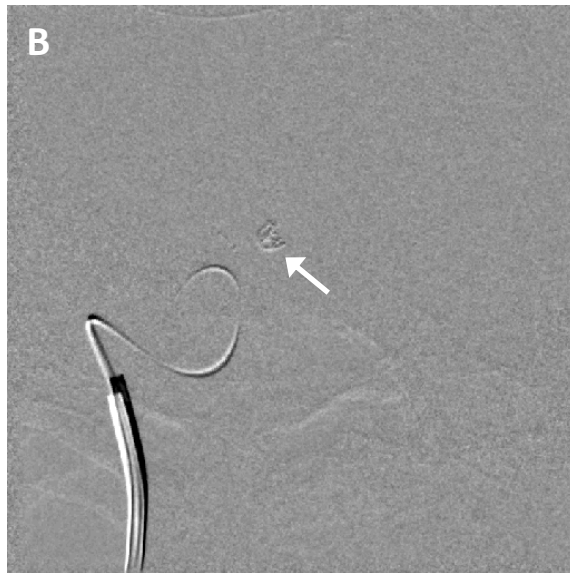
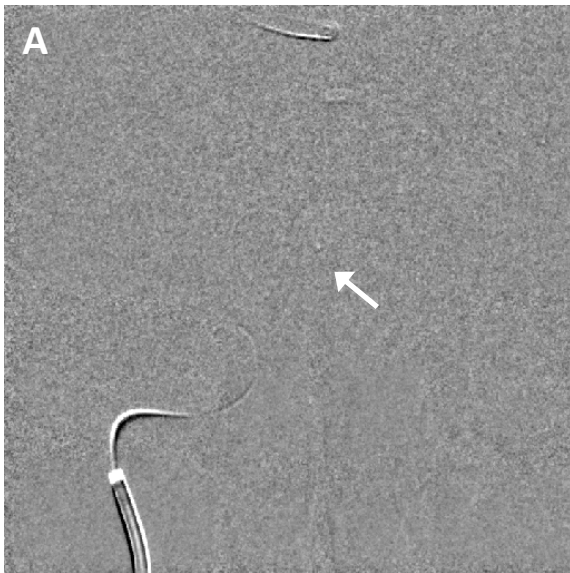


Akutní mozkový infarkt – mechanická rekanalizace (video)



Mechanická rekanalizace uzávěru střední mozkové tepny vlevo, **na video sekvenci vlevo** nástřik z levé vnitřní karotidy před výkonem, kde je patrný stop v plnění (bílá šipka). Na kontrolním nástřiku vpravo **po úspěšném zprůchodnění** tepny zřetelné plnění povodí do periferie.

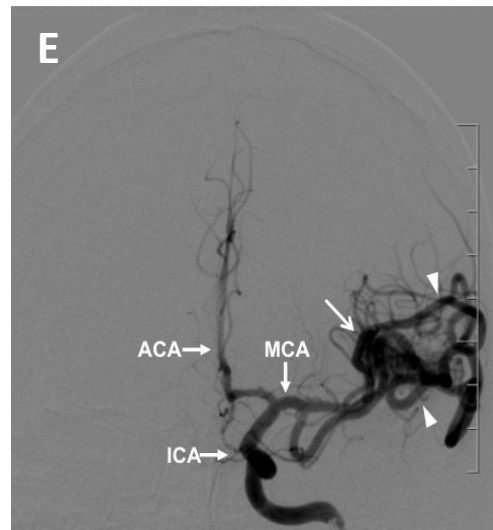
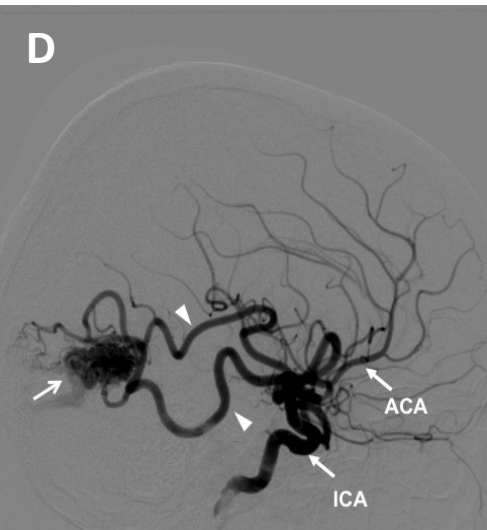
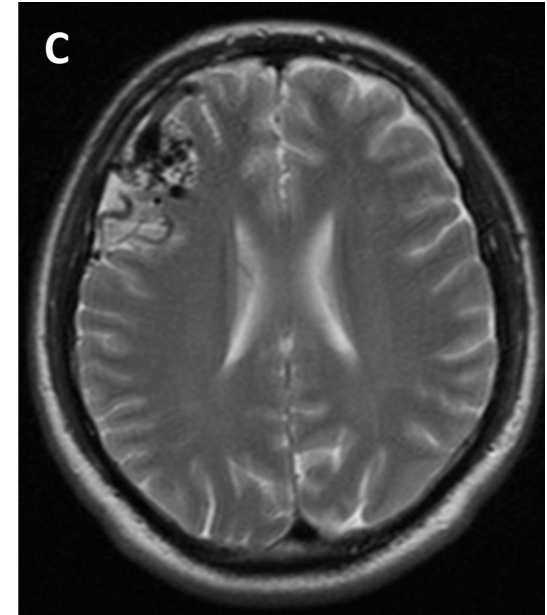
Aneurysma – coiling (video)



Aneurysma přední komunikanty (šipka) – nástřík po zavedení mikrokatetru do vaku aneurysmatu (A), kontrolní nástřík (B) v průběhu coilingu – implantace spirál do vaku k vyřazení aneurysmatu z oběhu a finální nástřík (C) po kompletním vyplnění vaku spirálami.

Pacient přivezen akutně RZP pro náhle vzniklé kruté bolesti hlavy – na vstupním vyšetření CT zjištěno subarachnoidální krvácení (přítomnost krve mezi mozkovými obaly)

Arteriovenózní malformace (video)



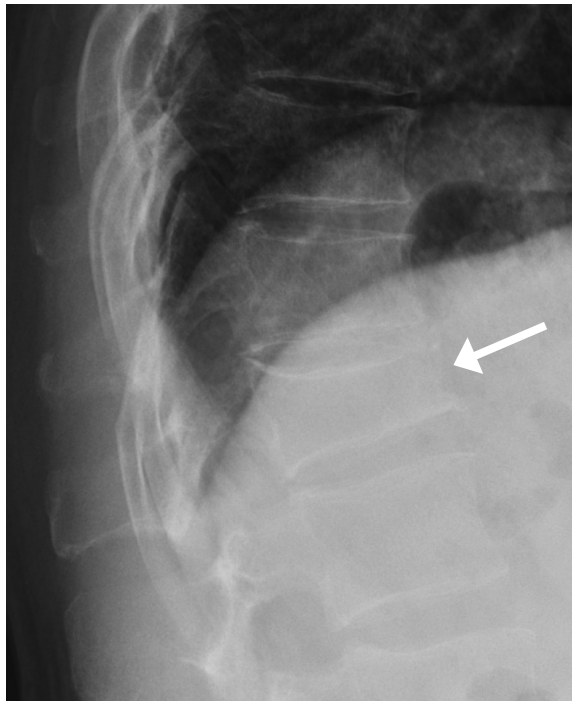
Arteriovenózní malformace v povodí pravé střední mozkové tepny, diagnostická DSA (A) a kontrola (B) po neurochirurgickém výkonu (naložení klipů), stejné ložisko na T2 sekvenci (C).

V dolní řadě snímky z DSA (D, E) zobrazující klubko arteriovenózní malformace (šipka) v povodí levé střední mozkové tepny (MCA) s rozšířenými přívodnými tepnami (hlavičky šipek).

Páteř a mícha

Prostý snímek páteře

- Důležitá role k vyloučení traumatických změn (zlomenina obratle)
- Nelze hodnotit vztah míchy a míšních kořenů k okolním strukturám
 - orientační výpovědní hodnota



Kompresivní fraktura
obratlového těla



Předklon

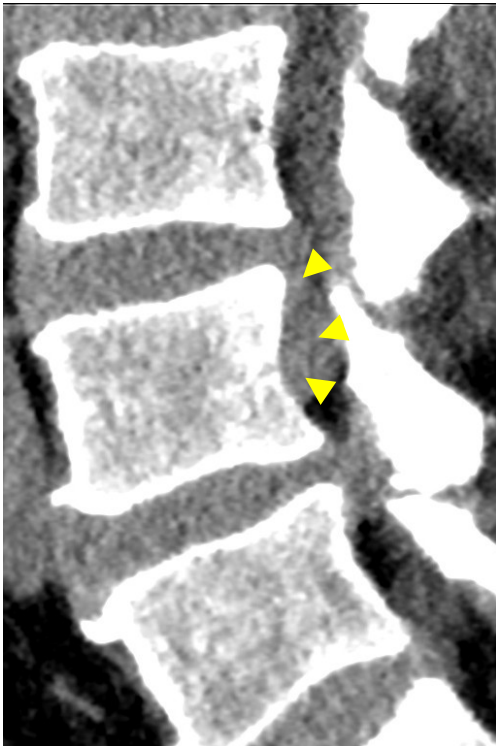


Záklon

Fukční snímky bederní páteře (v předklonu a zákonu)
k posouzení posunu obratlového těla L4 ventrálně

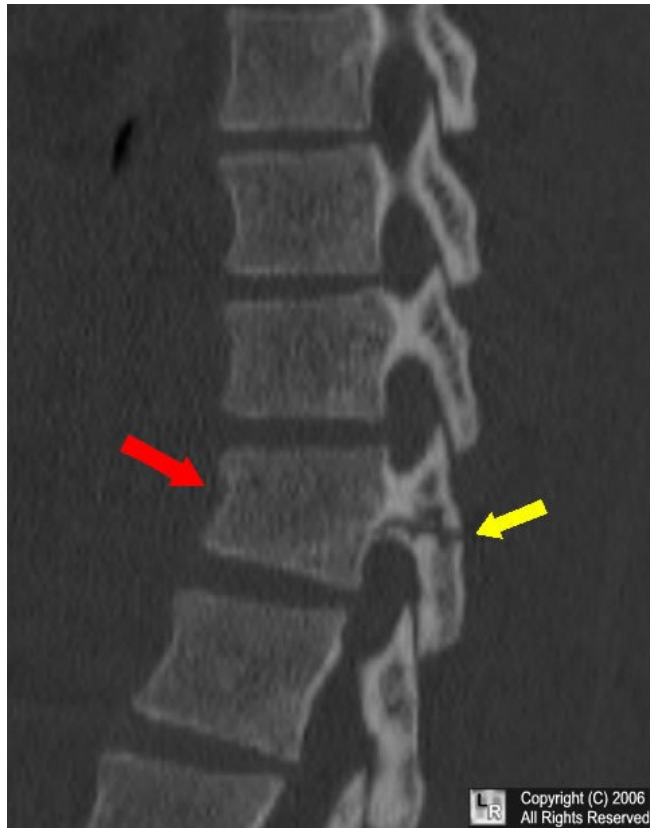
CT páteře

- Vyhřeznutí meziobratlové ploténky (**pacient přichází pro bolesti zad vystřelující do pravé dolní končetiny s rozvojem po zvedání těžkého břemene v předklonu**)
 - meziobratlové ploténky hyperdenzní ve srovnání se strukturami míšního kanálu
- Detekce a hodnocení zlomenin obratlů
- Nezobrazuje akutní míšní poranění (myelopatii) – při podezření na poranění míchy MRI



Vyhřeznutí meziobratlové ploténky paramediálně vpravo (ohraničeno žlutými šipkami) způsobující útlak pravého míšního kořenu

CT – zlomenina obratlového těla



Kompresivní fraktura (snížení výšky přední hrany obratlové těla (červená šipka) a fraktura trnového výběžku (žlutá šipka)

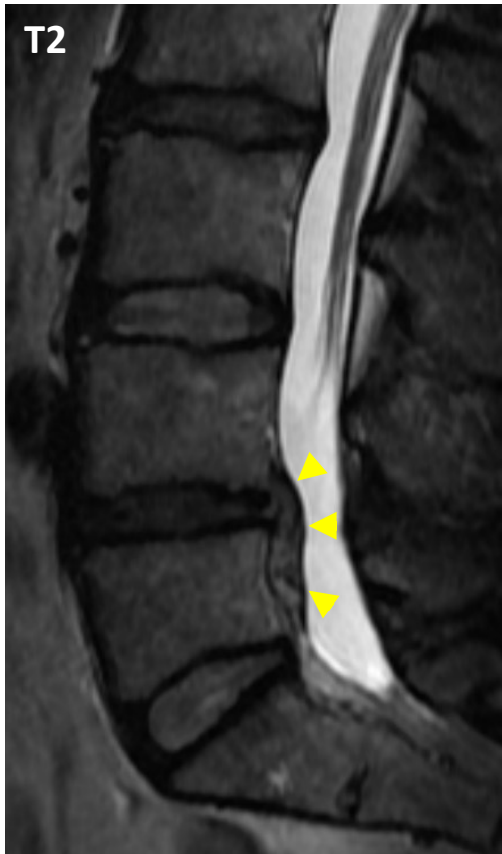


Tříštvá fraktura

MR páteře

- Degenerativní změny páteře
- Nádory míchy a páteřního kanálu
- Diagnostika roztroušené sklerózy
- Poranění
- Zánětlivé změny meziobratlových plotének (spondylodiscitida)

MR – vyhřeznutí ploténky



Vyhřeznutí meziobratlové ploténky mediálně až paramediálně vpravo (ohraničeno žlutými šipkami) se sekvestrací hernie (uvolnění části vyhřeznuté ploténky) podél zadní hrany obratlového těla L5.

MR – nádorové onemocnění páteřního kanálu



Meningeom – v T1 váženém obraze je izosignální k signálu míchy, postkontrastně se homogenně sytí (dobře prokrvený/cévně zásobený), mícha je odtlačena dorsálně (*), na myelografii je patrná restrikce signálu (stopka v proudění likvoru, který je oproti signálu z tumoru a míchy světlejší).

MR – nádorové onemocnění páteřního kanálu



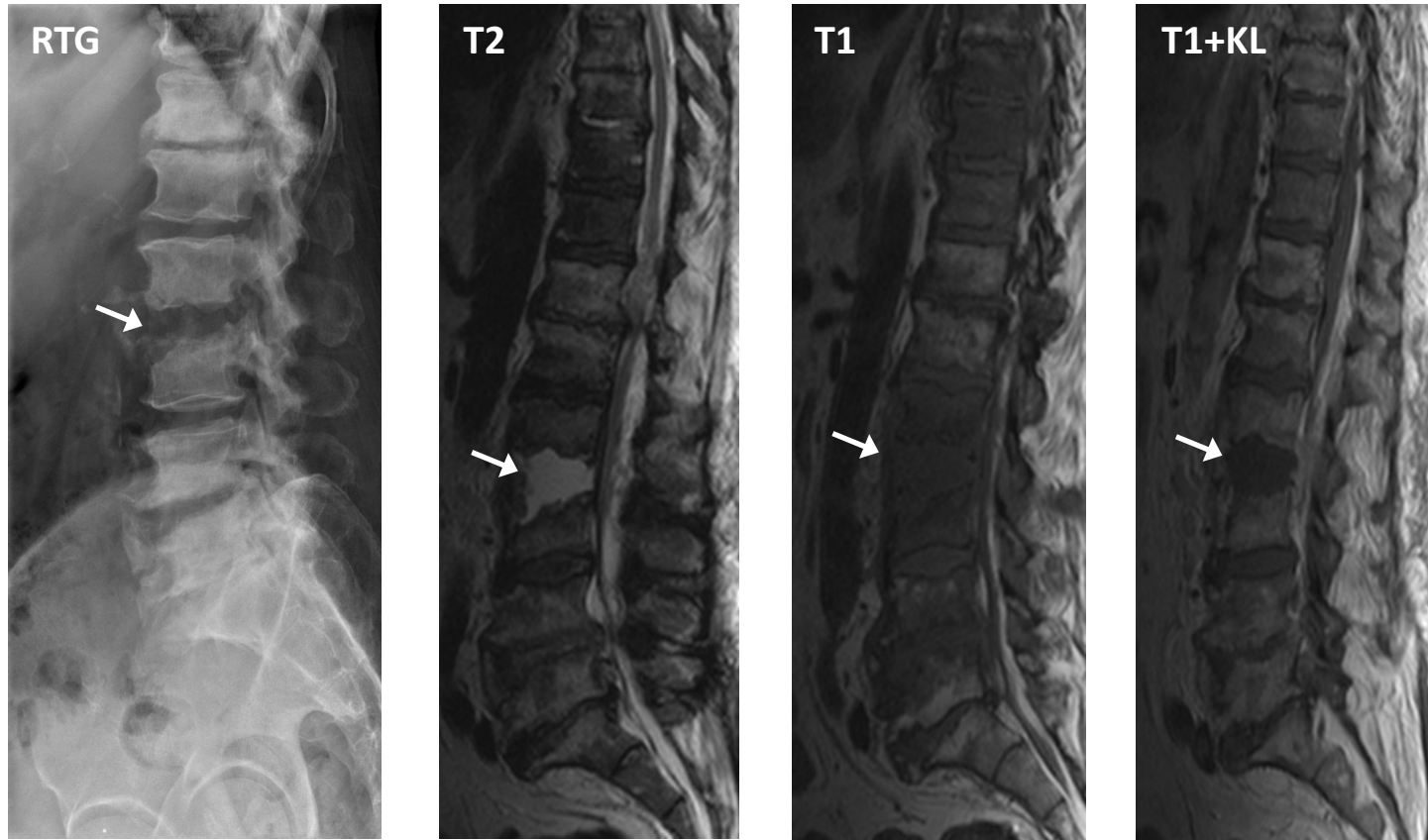
Ependymom (nádor z výstelky mozkových komor a canalis centralis) – okrouhlá postkontrastně se sytící léze způsobující symetrickou expanzi míchy, v T2 obraze typicky hypersignální, v T1 má stejnou intenzitu signálu jako mícha nebo je lehce hyposignální.

MR – metastatické postižení Th pateře



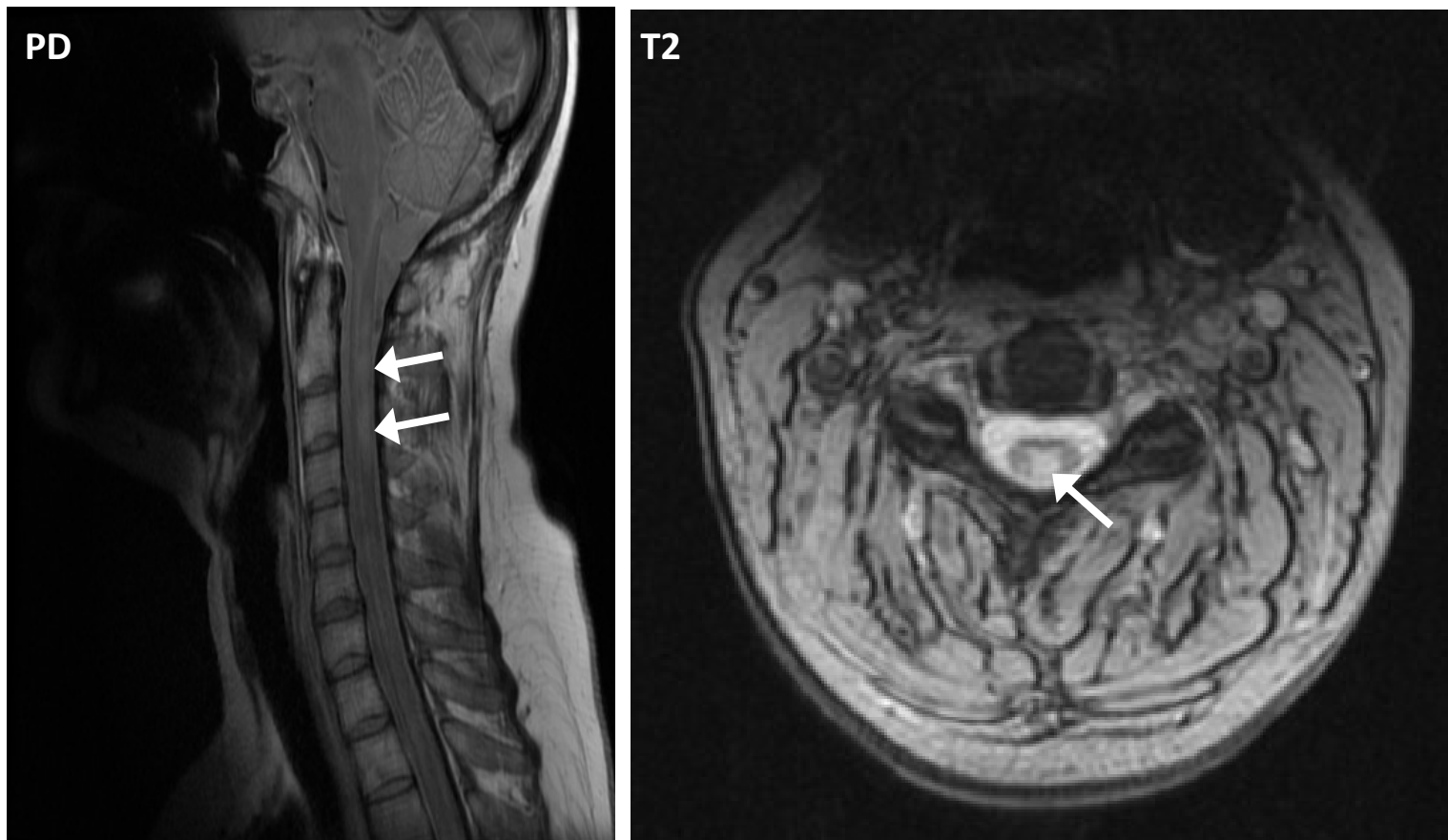
Infiltrace obratlových těl metastatickým procesem s jejich deformací a útlakem míšního kanálu a míchy

MR – spondylodiscitida



Zánětlivé změny meziobratlových plotének (**spondylodiscitida**) postihující i přilehlá obratlová těla, charakteristické zvýšením signálu v T2 váženém obraze a snížením signálu v T1 váženém obraze. (**Pacient přichází pro bolesti v zádech a zvýšenou teplotu**)

MR – roztroušená skleróza



Hypersignální okrsky (tzv. plaky) v oblasti krční míchy (šipky) charakteristické pro roztroušenou sklerózu.

MR - traumatické změny



Kontuzní poranění míchy patrné jako nehomogenita v oblasti míchy, její zduření a zvýšení signálův místě kontuze



Epidurální hematom v T2* gradientní sekvenci, kde se zobrazuje jako výpadek signálu

Otázky k opakování

- Co je **RTG záření** a jak vzniká? (slide 3)
- Jaká jsou hlavní **vyžití (indikace) RTG snímku** v neuroradiologii? (slide 5)
- Jaké jsou **možnosti vyšetření** na CT? (slide 10)
- Jaká je **denzita vody** a **kosti** v Hounsfieldových jednotkách? (slide 11)
- Co znamená termín **hyperdenzní**? (slide 13)
- Jak vypadá **čerstvá krev** na CT? (slide 14 a 24)
- Která CT vyšetření jsou nezbytná v diagnostice **cévní mozkové příhody**? (slide 16, 17)
- Které parametry **CT perfúze** charakterizují ischemickou **penumbru**? (slide 21, 22)
- Jaké jsou dva základní **vektory magnetizace**, které se využívají pro měření signálu a jak vznikají? (slide 29)

Otázky k opakování

- Vysvětli zkratky **TR** a **TE** používané u MRI? (slide 30)
- Jaké jsou **výhody** magnetické rezonance oproti CT vyšetření? (slide 32)
- Co patří mezi **kontraindikace** MR vyšetření? (slide 33)
- Jaký **signál** má **voda** v T1 a v T2 váženém obraze? (slide 35)
- Která sekvence MR se využívá pro hodnocení **krvácení**? (slide 37)
- K čemu se využívají **DWI/ADC** mapy? (slide 38)
- Jaký je princip **MR angiografie/venografie**? (slide 42)
- K čemu se využívají funkční **RTG snímky** páteře? (slide 49)
- Která vyšetření lze využít při podezření na **vyhřeznutí meziobratlové ploténky**? (slide 50, 53)