

## Radiologie a radiační ochrana

### **Anotace předmětu:**

Předmět je koncipován jako teoreticko-praktický.

Seznamuje studenty s odbornou činností a náplní oborů: radiodiagnostika, radiologie, radioterapie a nukleární medicína včetně ošetrovatelské péče, mezioborové spolupráce a radiační ochrany.

### **Garant předmětu:**

Mgr. Jiří Prokop (kapitola 1 až 6), MUDr. Ing. Tomáš Víták, Ph.D. (kapitola 7 až 12)

## 1 Úvod

### 1.1 Objev RTG záření a radioaktivity

Ve druhé polovině 19. století se začali fyzikové intenzivně zabývat šířením elektrického proudu v plynech a ve vakuu. Byl objeven nový druh paprsků a pojmenován katodové záření. Později se zjistilo, že se jedná o proud rychlých elektronů. Zkoumáním vlastností katodového záření se zabývala řada významných fyziků, zejména Hittorf, Crookes a Hertz. Postupně byly sestrojeny Geisslerovy barevně zářící trubice a Crookesova trubice. Je dost možné, že se badatelům při pokusech občas stalo, že některé světlotěsně zabalené fotografické desky, ležící poblíž zářících trubic, po vyvolání z neznámého důvodu zčernaly, nenapadlo je však pátrat po příčinách tohoto jevu. Na pravý důvod zčernání přišel až zkoumavý **Wilhelm Conrad Röntgen**.

K objevu neznámého záření došlo **8. listopadu 1895**. Toho dne Röntgen ve své laboratoři ověřoval vlastnosti katodového záření, které před ním objevili jiní vědci. Domníval se, že se mu podaří najít ještě jiné, dosud nepopsané jevy, vyvolané katodovými paprsky. Všiml si, že několik opodál ležících krystalků při každém zapojení trubice jasně fluoreskovalo. Röntgen se nejprve domníval, že obal trubice není zcela světlotěsný. Teprve když krystalky nahradil světlotěsně zabalenou fotografickou deskou, která po vyvolání zčernala, došel k závěru, že skutečně objevil nový druh záření, které nazval paprsky X.

Následující týden strávil Röntgen ve své laboratoři a zkoumal vlastnosti tajuplných paprsků. Podařilo se mu zjistit, že záření vzniká dopadem katodových paprsků na anodu, šíří se přímočaře, vzduch je prakticky nezeslabuje, pronikavost záření se zvýší zvětšením napětí na trubici, nevychyluje se elektrickým ani magnetickým polem, proniká i neprůhlednými látkami, látka je pohlcují tím víc, čím větší mají hustotu a v neposlední řadě přišel na to, že toto záření ionizuje vzduch.

Röntgen prozařoval a fotografoval pomocí paprsků X různé předměty. Jako první člověk spatřil díky tomuto záření kostru své ruky. Na zasedání Fyzikální a lékařské společnosti ve Würzburgu dne 28. prosince 1895 seznámil Röntgen se svým objevem vědeckou veřejnost. Již 23. ledna 1896 navrhl anatom A. von Kolliker, aby se paprsky X nazývaly Röntgenovým jménem. V současné době jsou tyto paprsky v Evropě označovány jako "rentgenové záření", v anglosaských zemích se používá původní název "X-ray".

Objev paprsků X byl 10. prosince 1901 oceněn Nobelovou cenou za fyziku. Röntgen se stal prvním nositelem této ceny. Celou finanční částku 50000 švédských korun uložil a ve své závěti stanovil, že roční úroky případnou univerzitě ve Würzburgu pro vědecké účely. Svě objevy si Röntgen nikdy nenechal patentovat a dal je k volnému využití. Po 1. světové válce

došlo v poraženém Německu k hyperinflaci, která zcela znehodnotila finanční prostředky Röntgena i jeho nobelovské nadace. V roce 1923 umírá v Mnichově na rakovinu.

Nový objev našel prakticky ihned široké uplatnění, nejprve v medicíně a zakrátko i v dalších oborech vědy a techniky. V průběhu jediného roku po objevu rentgenového záření bylo ve světě publikováno více než tisíc prací věnovaných tomuto záření.

V Čechách poprvé použil rentgenové záření k lékařským účelům roku 1897 dr. Rudolf Jedlička, na Slovensku prof. B. Alexander.

K dalším důležitým mezníkům patří zejména tyto události:

1896 - Došlo k dalšímu důležitému objevu. Když francouzský fyzik Henri **Becquerel** studoval vzorek solí uranu, zjistil, že tento vysílá záření stejného druhu jako jsou Röntgenovy paprsky. Becquerel tak objevil **přírozenou radioaktivitu** uranu přítomného v analyzovaném minerálu.

1896 - Počátky zkoumání biologických účinků rentgenového záření, první pokusy o léčbu zhoubných nádorů

1897 - Rentgenové vyšetřování srdce, první továrně vyráběný rentgenový přístroj

1898 - Polsko-francouzskému manželskému páru Marii a Pierre Curieovým se podařilo ze smolince izolovat dva, dosud neznámé, radioaktivní prvky, a to polonium a rádium. Později byly objeveny další přirozené radioaktivní prvky, jichž je v současné době více než 50. Jsou to převážně izotopy těžkých prvků, které v periodické soustavě prvků leží mezi olovem a uranem.

1912 - Max von Laue dokázal pomocí rentgenového záření existenci krystalové mřížky pevných látek

1913 - W.H.Bragg a W.L.Bragg změřili vlnovou délku RTG záření

1913 - Firma Kodak začala vyrábět film, určený speciálně pro rentgenové přístroje

1913 - Vzniká vakuová rentgenka s wolframovým žhavicím vláknem (Coolidge lampa)

1914 - Vzniká rentgenka s rotující anodou (E.Pohl)

1925 - Definice jednotky dávky záření, která dostala název "rentgen" (dnes už se nepoužívá)

1928 - Z bezpečnostních důvodů se začaly používat rentgenové trubice, uzavřené v ochranném stínícím krytu

1930 - Navržen lineární tomograf, který zvýšil rozlišovací schopnost klasického rentgenového přístroje

1934 - Manželé Frédéric a Irène Joliot - Curieovy objevují umělou radioaktivitu při ostřelování hliníku proudem částic  $\alpha$

1948 - Zesilovač rentgenového obrazu umožnil používat nižší dávky záření při vyšetřování pacientů

1963 - Vypracována teorie počítačové tomografie, matematická rekonstrukce příčného řezu tělem (A.M.Cormak)

1971 - První komerční počítačový tomograf (CT) zahájil provoz

Röntgenův objev poskytl neocenitelné služby modernímu lékařství nejen k účelům diagnostickým, ale také pro léčení zhoubných nádorů. Práci lékaře si už bez rentgenového přístroje nedovedeme představit. Rentgenové paprsky nám však umožnily také nahlédnout do nejjemnější struktury látek a krystalů, významné uplatnění našly v průmyslu a řadě dalších oborů.



*W.C.Röntgen*

Zdroj: <http://cs.wikipedia.org>

*První RTG snímek ruky*

Zdroj: <http://www.deutsches-museum.de>

## 1.2 Vznik RTG záření

Přirozené rentgenové záření vzniká za teplot milionů stupňů Celsia např. na Slunci a šíří se kosmem.

Umělým zdrojem rentgenového záření je obvykle elektronka, nazývaná **rentgenka**. Z rozžhavené záporné katody vyletují elektrony směrem ke kladné anodě. Mezi katodou a anodou je připojeno vysoké napětí, které uděluje elektronům vysokou rychlost. Při dopadu elektronů na anodu se většina jejich energie mění v teplo, proto rentgenka musí být účinně chlazená. Pro vyšší účinnost anoda během činnosti rotuje. Část energie dopadajících elektronů se mění na energii rentgenového záření, které vystupuje z anody.

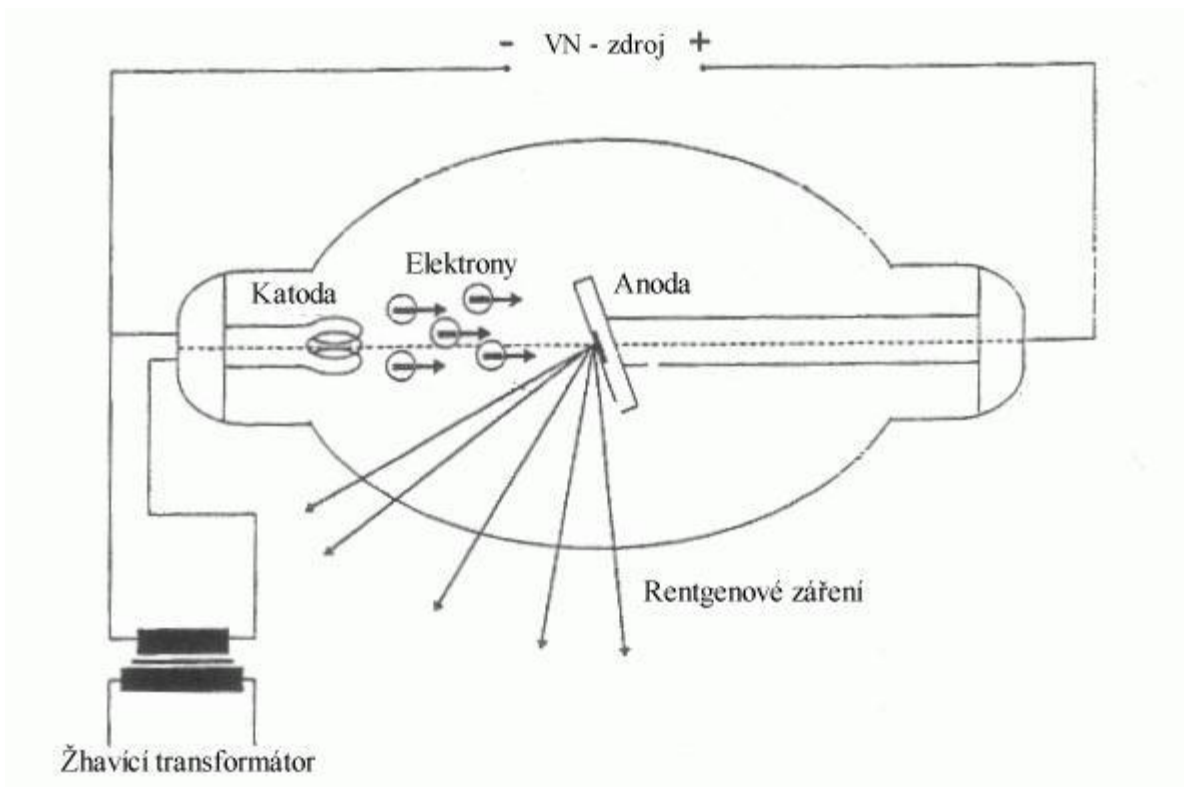


Schéma rentgenk

Zdroj: <http://www.cz7asm.wz.cz>



Rentgenky

Zdroj: <http://www.crtsite.com>

### 1.3 Vlastnosti RTG záření

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou v rozmezí  $10^{-12}$  m až  $10^{-8}$  m (1 pm až 10 nm). Velmi krátká vlnová délka je příčinou toho, že rentgenové záření má některé vlastnosti podstatně odlišné např. od viditelného světla.

#### 1.3.1 Schopnost pronikat hmotou

RTG záření je velmi pronikavé elektromagnetické vlnění s dosahem několika desítek metrů. Proniká hmotou i vakuem, jeho **intenzita slábne se čtvercem vzdálenosti** od zdroje záření, šíří se přímočaře. Pronikavost záření závisí na velikosti napětí mezi anodou a katodou rentgenky. Podle jeho velikosti dělíme rentgenové záření na tvrdé (velmi pronikavé), jehož vlastnosti se blíží záření gama a měkké (méně pronikavé). Při průchodu látkou se RTG záření pohlcuje. Pohlcování rentgenového záření různými materiály závisí na jejich protonovém čísle. Čím větší je protonové číslo atomů materiálu, tím víc tento materiál záření pohlcuje. Pohlcování rentgenového záření závisí též na tloušťce pohlcující vrstvy. Této vlastnosti se používá jak v **medicině** při RTG vyšetřeních, tak i při průmyslovém využití – **defektoskopii**, která je založena na tom, že vnitřní vady znamenají změnu tloušťky pohlcující vrstvy a tím i změnu intenzity procházejícího rentgenového záření. Dále se setkáváme s rentgeny pro kontrolu zavazadel, zejména na letištích, které mají podobnou konstrukci jako defektoskopické přístroje. Tato vlastnost též pomáhá odhalovat padělky uměleckých předmětů, bez poškození obrazů zjišťovat použité malířské techniky a pátrat po historických souvislostech jejich tvorby. Tyto informace potřebují pro svou práci např. restaurátoři obrazů. Ti získávají pomocí rentgenového záření také potřebné informace o nitru opravovaných dřevěných soch.

RTG záření umožňuje s využitím moderní výpočetní techniky studovat též vnitřní strukturu nejrůznějších látek, počínaje jednoduchými anorganickými sloučeninami až po strukturu molekul DNA

#### 1.3.2 Luminiscenční efekt

RTG záření vyvolává luminiscenci (**světélkování**) některých látek. Zjednodušeně to je děj, při kterém záření o kratší vlnové délce vyvolává v látce určitého složení vznik šíření o delší vlnové délce, čímž vzniká viditelné světlo. Látky, které světélkují, se nazývají luminofory. Světélkování krystalků kyanidu platnatobarnatého Röntgena k objevu nového záření a dlouhou dobu bylo luminiscenční stínítko základním prvkem rentgenového přístroje. Dnes je nahrazují polovodičové detektory, televizní systémy a digitální zpracování obrazu.

#### 1.3.3 Fotochemický efekt

Při vniknutí ionizujícího záření do fotografického materiálu obsahujícího halogenidy stříbra dochází v místech s ionizací k fotochemické reakci, při které se uvolňuje stříbro. Vzniká latentní obraz, který je při vyvolání zviditelněn pomocí hustoty zrníček koloidního stříbra. Již Röntgen využíval při svých výzkumech toho, že ozářená fotografická deska po vyvolání zčernala. Zčernání je tím větší, čím větší intenzitu má dopadající záření. Až do vynálezu polovodičových detektorů patřila emulze RTG filmu k hlavním indikátorům rentgenového záření.

### 1.3.4 Ionizační efekt

RTG záření je schopno přímo nebo nepřímo ionizovat prostředí, tzn. podél své dráhy odtrhávat elektrony z elektronového obalu atomu či molekuly, čímž vzniká kladný ion. Uvolněný elektron vytvoří s jiným atomem nebo molekulou ion záporný. Na této vlastnosti je založena např. funkce některých typů indikátorů rentgenového záření. Ionizace je počáteční fyzikální proces, který prostřednictvím navazujících fyzikálních, chemických a biologických dějů může vést k negativním zdravotním důsledkům.

### 1.3.5 Biologický efekt

RTG záření vyvolává v živých organismech biologické, chemické a genetické změny. Těto vlastnosti se využívá například při ozařování zhoubných nádorů.

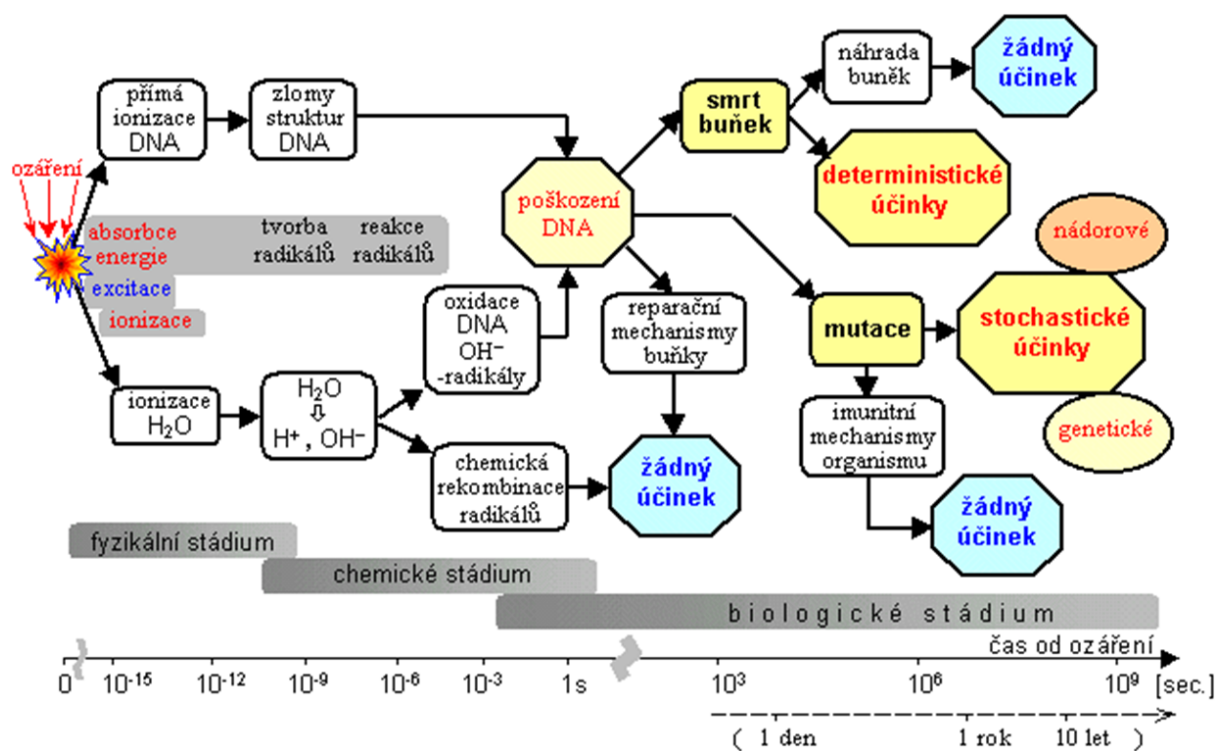


Schéma biologického působení RTG záření

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

Účinky RTG záření dělíme na stochastické a deterministické.

#### Stochastické účinky

Stochastické účinky jsou **bezprahové** (mohou vzniknout při jakékoliv dávce) a mají pravděpodobnostní charakter, tzn. u jedinců z ozařeného souboru osob se poškození či onemocnění vyskytnou náhodně s určitou pravděpodobností, která roste s dávkou. Tudíž na absorbované dávce závisí pouze pravděpodobnost výskytu nádorového či genetického poškození. S malými dávkami záření se organismus s naprostou většinou úspěšně vyrovná svými reparačními mechanismy, existuje však určitá pravděpodobnost, že některá poškození se opravit nepodaří, resp. při opravě dojde k "chybě", která může vyústit v mutace. Pokud se

mutované buňky dále dělí, mohou vzniknout pozdní trvalé následky genetického nebo nádorového charakteru

### Deterministické účinky

Při vysokých dávkách záření je počet poškozených molekul biologicky aktivních látek již natolik vysoký, že buňky ani organismus nejsou schopny je zcela opravit. Větší část buněk hyne, vzniká nemoc z ozáření. Poškození tkáně je zde přímo úměrné obdržené dávce záření, není již náhodné, je naopak předvídatelné. Deterministické účinky se klinicky projevují až po **dosažení určité prahové dávky**, přičemž jednak s rostoucí dávkou roste jednak pravděpodobnost vzniku poškození, tak u daného jedince se zvyšuje závažnost poškození. Základním patogenním mechanismem je snížení počtu buněk (deplece buněk) v ozářené tkáni. Na škodlivém účinku se podílejí i toxické látky, vznikající při zániku a rozkladu velkého počtu buněk. Pokles počtu buněk se stoupající dávkou proto zpočátku nezpůsobuje v ozařované tkáni žádné funkční potíže, teprve při vyšších dávkách vede deficit buněk k somatickým projevům. Každá tkáň má obecně jinou prahovou dávku projevu deterministických účinků, závislou na radiosenzitivitě buněk. Nejcitlivější na ozáření jsou buňky zárodečné. Nejzávažnějším onemocněním způsobeným ozářením je akutní radiační syndrom známý také jako otrava radiací nebo nemoc z ozáření.

## 1.4 Radioaktivita

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy. Příslušná veličina popisující radioaktivitu se nazývá aktivita a je definována jako počet jader, který se přeměňuje za jednotku času, nebo ekvivalentně jako úbytek počtu jader (dosud nepřeměněných) za jednotku času. Jednotkou aktivity je 1 rozpad za 1 sekundu. Tato jednotka byla na počest francouzského průkopníka v oblasti radioaktivity Becquerela nazvána 1 Becquerel. Čím větší je radioaktivita dané látky (vzorku) v Bq, tím více jader za sekundu se nám přeměňuje a tím intenzivnější záření látka do svého okolí vysílá. **Poločas přeměny radionuklidu** udává dobu, za kterou klesne počet atomů radionuklidu na polovinu původního počtu atomů. Zrychlení poločasu rozpadu radioaktivních látek není možné. Radioaktivní záření je okem neviditelné.

Radionuklidy vyzařují tři druhy jaderného záření, označované jako záření alfa, beta a gama.

### 1.4.1 Záření alfa

Záření  $\alpha$  je proud jader atomů helia a nese tedy kladný náboj. Částice mají velkou rychlost a tedy i značnou kinetickou energii (2-8 MeV) a tím pádem silné ionizační účinky. Působí na ně elektrické a magnetické pole, pohlcuje je list papíru nebo několik cm vzduchu. Zářič alfa je nebezpečný při požití nebo vdechnutí, protože v organismu ho nic neodstíní. Při této jaderné přeměně se vyzařuje částice  $\alpha$ , která je jádrem hélia  ${}^4\text{He}_2$  – obsahuje tedy 2 protony  $p^+$  a 2 neutrony  $n^0$ . Z mateřského jádra s N nukleony a Z protony částice  $\alpha$  odnáší 2 protony a 2 neutrony, takže **protonové číslo se sníží o 2** a dceřiné jádro v Mendělejevově periodické tabulce prvků bude posunuto o **2 místa doleva** směrem k jednodušším prvkům.

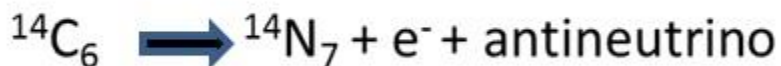
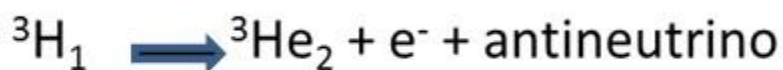
Příklad přeměny:



### 1.4.2 Záření beta -

Záření  $\beta^-$  je proud elektronů o energii až 10 MeV, které vyletují z jádra atomu. Pohybují se rychlostí blízkou rychlosti světla. Vychylují se v elektrickém i magnetickém poli a jsou pohlcovány tenkým plechem. Při přeměně  $\beta^-$  se nukleonové číslo nemění, avšak jelikož se jeden neutron změnil na proton, **protonové číslo se zvýší o 1** - dceřiné jádro se posune o **jedno místo doprava** v Mendělejevově periodické tabulce.

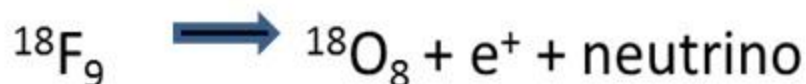
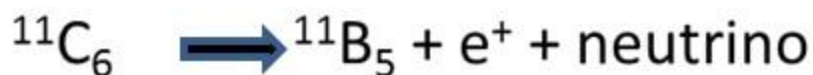
Příklady přeměny:



### 1.4.3 Záření beta +

Záření  $\beta^+$  je proud pozitronů (antielektronů), které nesou kladný náboj a jsou emitovány z jádra atomu. Pohybují se rychlostí blízkou rychlosti světla. Vychyluje se v elektrickém i magnetickém poli. Při radioaktivitě  $\beta^+$  se nukleonové číslo nemění (stejně jako u  $\beta^-$ ), avšak **protonové číslo se zmenší o 1** - dceřiné jádro se posune o **jedno místo doleva** v Mendělejevově periodické tabulce.

Příklady přeměny:

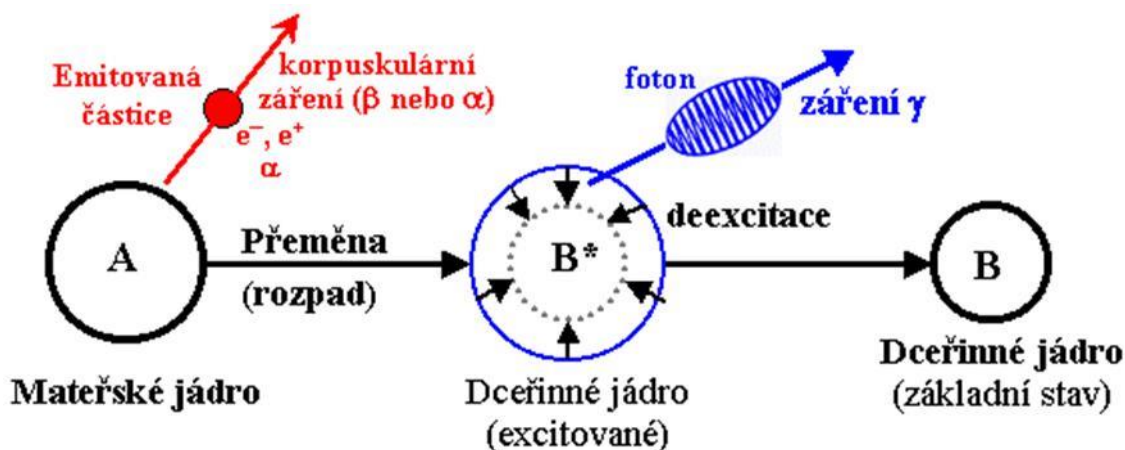


### 1.4.4 Záření gama

Záření gama je elektromagnetické vlnění o vlnové délce kratší než má rentgenové záření. Je nejpronikavější. V magnetickém a elektrickém poli se neodchyluje. Má silné ionizační účinky. Záření gama neexistuje samostatně, ale vždy provází jaderné děje, při nichž vzniká záření



alfa nebo beta. Zdrojem záření je jádro izotopu, který právě vznikl přeměnou radionuklidu. Dceřiné jádro B po radioaktivní přeměně má vyšší energii – je tedy v energeticky excitovaném stavu B\*, ve kterém ale nevydrží dlouho a okamžitě nastává deexcitace, při níž se příslušný energetický rozdíl vyzáří ve formě kvanta (fotonu) tvrdého elektromagnetického záření, tedy záření gama. Vyzářením kvant gama se stabilizují energetické poměry v jádře. Dceřiné jádro B pak již zůstává v základním stavu.



Vznik gama záření

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

## 1.5 Radiační ochrana

Nejen ve zdravotnictví, ale i v řadě dalších oborů přicházejí pracovníci do styku s ionizujícím zářením. Aby nedocházelo k poškození zdraví jich samotných a samozřejmě též pacientů a dalších osob, musí se při své práci řídit příslušnými předpisy a zákony. Nejdůležitějším zákonem v radiační ochraně je zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (Atomový zákon) a Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.

### 1.5.1 Principy radiační ochrany

Cílem radiační ochrany je vyloučit deterministické účinky a riziko stochastických účinků udržovat na rozumně přijatelné úrovni. Tohoto cíle je dosahováno uplatněním následujících principů:

#### Zdůvodnění činnosti

Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, musí dbát na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout.

#### Optimalizace ochrany

Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo provádí zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.

## Limitování ozáření

Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity.

## Zajištění bezpečnosti zdrojů

Bezpečnostní kultura musí usměrňovat přístupy a chování při používání zdrojů. Ochrana a bezpečnost zdrojů má být zajištěna řádným řízením, dobrou technikou, systémem zabezpečení jakosti a výcvikem a vzděláváním personálu.

### 1.5.2 Veličiny a jednotky používané v radiační ochraně

**Dávka** je podíl střední sdělené energie, kterou předá ionizující záření látce a hmotnosti této látky. Jednotkou je 1 Gy (gray).

**Ekvivalentní dávka** je součin radiačního váhového faktoru a dávky. Radiační váhový faktor bere v úvahu použité záření. Nejvyšší váhový faktor (až 20) mají alfa částice, neutrony a protony, nejnižší váhový faktor (1) mají fotony a elektrony. Jednotkou je 1 Sv (sievert).

**Efektivní dávka** je součin součinů tkáňových váhových faktorů a ekvivalentní dávky v ozářených tkáních nebo orgánech. Tkáňový váhový faktor vyjadřuje radiosenzitivitu orgánu z hlediska stochastických účinků ionizujícího záření. Nejvyšší tkáňový váhový faktor mají gonády a červená kostní dřeň.

### 1.5.3 Limity ozáření

Limity ozáření jsou závaznými kvantitativními ukazateli pro celkové ozáření z radiačních činností, jejichž překročení není ve stanovených případech přípustné. Dělí se na limity obecné, limity pro radiační pracovníky a limity pro učně a studenty.

#### Obecné limity

Obecné limity se vztahují na celkové ozáření z radiačních činností, tj. činností při využívání umělých i přírodních zdrojů záření, nevztahují se na profesní, lékařské a havarijní ozáření.

#### Limity pro radiační pracovníky

Limity pro radiační pracovníky se vztahují na profesní ozáření, tj. na ozáření, kterému jsou vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci radiační pracovníci. Vztahují se na součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává u jednoho nebo souběžně u více držitelů povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření, nebo které vykonává také jako samostatný držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření.

#### Limity pro učně a studenty

Limity pro učně a studenty jsou pro osoby mladší než 16 let stejné jako limity obecné a pro osoby starší, než 18 let stejné jako limity pro radiační pracovníky. Vztahují se na ozáření, kterému jsou vědomě, dobrovolně a po poučení o rizicích s tím spojených vystaveny osoby po dobu své specializované přípravy na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření.

## Limity ozáření:

limitovaná veličina	obecný limit	limit pro radiační pracovníky	limit pro učně a studenty
součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření	1 mSv/rok	100 mSv/5 roků 50 mSv/rok	6 mSv/rok
ekvivalentní dávka v oční čočce	15 mSv/rok	150 mSv/rok	50 mSv/rok
průměr. ekvivalentní dávka v 1cm <sup>2</sup> kůže	50 mSv/rok	500 mSv/rok	150 mSv/rok
ekvivalentní dávka v prstech až předloktí a v chodidlech až po kotníky	-	500 mSv/rok	150 mSv/rok

### 1.5.4 Lékařské ozáření z hlediska radiační ochrany

Optimalizace radiační ochrany při lékařském ozáření se dosahuje zejména zavedením systému jakosti. Cílem optimalizace je:

- při radiodiagnostickém (RTG, CT, AG) vyšetření správné použití zobrazovací metody tak, aby dávky ve tkáních byly co nejnižší, aniž by se tím omezilo získání nezbytných radiodiagnostických informací,
- při nukleárně-medicínském vyšetření aplikace pouze nezbytného množství radioaktivní látky požadované čistoty a aktivity, které zaručuje dostatečnou diagnostickou informaci při co nejnižší zátěži pacienta,
- při radioterapeutických výkonech ozáření cílového objemu, na který je léčba zářením zaměřena, v rozsahu nezbytném k dosažení požadovaného účinku, přičemž ozáření ostatních tkání má být tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout bez omezení léčby.

V radiodiagnostice a nukleární medicíně jsou vypracovány diagnostické referenční úrovně, které jsou úrovněmi dávek, popřípadě úrovněmi aplikované aktivity používané při diagnostických postupech v rámci lékařského ozáření, jejichž překročení se při vyšetření dospělého pacienta o hmotnosti 70 kg při použití standardních postupů a správné praxe neočekává.

Pro všechny standardní typy lékařského ozáření musí být vypracován písemný postup (standard), jehož dodržování jednotlivými radiologickými pracovišti je posuzováno klinickým auditem. Součástí postupu musí být způsob stanovení a hodnocení dávek pacientů. Při lékařském ozáření musí být přijaty všechny rozumné kroky ke snížení pravděpodobnosti vzniku nehody nebo aplikace neplánované dávky pacientovi.

Každé zdravotnické zařízení zajišťuje vhodný výběr zdravotnických prostředků a volbu postupů, které jsou určeny pro lékařské ozáření dětí a ozáření spojená s vysokými dávkami u pacientů při radioterapii, intervenční radiologii a počítačové tomografii. U těchto činností se musí věnovat zvýšená pozornost hodnocení ozáření pacientů nebo jiných osob podstupujících lékařské ozáření.

V radiační ochraně pracovníků v radiodiagnostických a radioterapeutických oborech, tak jako i v jiných oblastech aplikací ionizujícího záření se využívá třech fyzikálních metod: ochrany časem, vzdáleností a stíněním.

### Ochrana časem

Dávka pracovníka je tím větší, čím déle pobývá v blízkosti zdroje záření (skiaskopie, CT, AG) nebo pacienta, v jehož těle se nachází radiofarmakum (nukleární medicína). Při skiaskopických, angiografických a nukleárně-medicínských metodách je pro personál pobývající ve vyšetřovně výhodné zkracovat nutnou dobu pobytu na minimum, u nukleárně-medicínských metod k tomu přistupuje ještě snížení času potřebného pro manipulaci s radiofarmakou při samotné aplikaci pacientovi. Celková doba pobytu personálu ve vyšetřovně by měla být nezbytně nutná v souvislosti s přípravou pacienta a zajištěním potřebné péče. Metoda ochrany časem zahrnuje též střídání pracovníků, zvláště na nejvíce exponovaných místech v oborech nukleární medicíny.

### Ochrana vzdáleností

Dávka resp. dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Při skiaskopických a angiografických metodách je pro personál pobývající ve vyšetřovně výhodné pohybovat se v co největší vzdálenosti od svazku záření, při vyšetřování na oddělení nukleární medicíny v co největší vzdálenosti od zdroje, což je v tomto případě radiofarmakum aplikované přímo pacientovi. Nesmí to být ovšem na úkor provedení přípravy pacienta a dohledu nad ním při vyšetření. Doporučuje se, aby při nukleárně-medicínských vyšetřeních pracovník pobýval ve vzdálenosti 1 – 2 m od pacienta, nepohybliví a nespolupracující pacienti však někdy vyžadují přítomnost pracovníka v těsné blízkosti.

### Ochrana stíněním

Je velmi účinná, i když má, ve srovnání s metodami ochrany časem a vzdáleností, často nevýhodu, že může být finančně velmi nákladná. Patří sem zejména dostatečná tloušťka zdiva, barytové omítky ve vyšetřovnách a ozařovnách, dveře pobité olovnatým plechem a olovnaté sklo v pozorovacím okénku vyšetřovny. Při vyšetřování pomocí radiodiagnostických metod je nejdůležitější ochranou absence pobytu ve vyšetřovně během expozice, kdy z rentgenky vychází RTG záření. Radiační pracovník i doprovázející personál musí být během snímkování ve vedlejší místnosti – ovladovně, pouze v nejnutnějších případech může doprovázející personál z důvodu větší bezpečnosti nepohyblivého a nespolupracujícího pacienta přidržovat, ovšem za předpokladu dodržení pravidel radiační ochrany. Při skiaskopických a angiografických metodách je personál pobývající ve vyšetřovně povinen nosit zástěru a krční límec z materiálu dostatečně pohlcujícího RTG záření. Nejvhodnějším materiálem pro odstínění RTG záření používaného v radiodiagnostice a gama záření používaného v nukleární medicíně je olovo pro jeho snadnou zpracovatelnost, dostupnost a cenu, pro pozitronové radionuklidy používané při vyšetření PET (pozitronová emisní tomografie) je vhodnější wolfram, který má větší hustotu a tím i větší absorpční schopnost než olovo. Nevýhodou wolframových stínění je jejich vyšší hmotnost a cena.

## 2 Přehled zobrazovacích metod

Zobrazováním lidského těla se zabývá obor nazývaný **radiologie**. Radiologie patří mezi základní klinické lékařské obory, sdružující **radiodiagnostiku, nukleární medicínu a radioterapii**. Specializačními podobory jsou neuroradiologie, urologie, intervenční

radiologie a pediatriká radiologie. Radioterapie se zabývá léčbou zhoubných i nezhoubných procesů.

V moderní medicíně hraje radiologie velmi významnou roli. Jako první zobrazovací metoda se vyvinula skiografie, následována rychle skiaskopíí a angiografií. Během posledních desítek let vznikly díky technickému pokroku, zejména ve výpočetní technice, nové metody zobrazování a vývoj pokračuje i nadále. Převratnou novinkou bylo zejména vyvinutí výpočetní tomografie a také zavedení ultrasonografie a magnetické rezonance do běžné praxe. Pro zobrazování orgánů a tkání lidského těla můžeme využít RTG i gama záření, mechanické energie i energie magnetického pole. Mezi metody využívající RTG záření patří skiografie, skiaskopie, angiografie a výpočetní tomografie, gama záření využíváme u metod nukleární medicíny, mechanickou energii u ultrasonografie a energii magnetického pole u vyšetřování pomocí magnetické rezonance.

## 2.1 Skiografie

**Skiografie je pořizování snímků pomocí RTG záření.** Při skiografii prochází z rentgenky emitované RTG záření vyšetřovanou oblastí na kazetu s rentgenovým filmem, u digitální radiografie na kazetu se speciální fólií nebo přímo na detektor. Dnes už většina pracovišť přechází a digitální provoz. Výhodou digitální radiografie proti klasickému snímkování je možnost dodatečné úpravy obrazu a archivace snímků v elektronické podobě s možností snímků snadno a velice rychle zasílat na ostatní oddělení i do jiných nemocnic. **Pro přenos, archivaci a zpracování digitální obrazové dokumentace v medicíně se používá systém se zkratkou PACS** (Picture Archiving and Communications Systems).

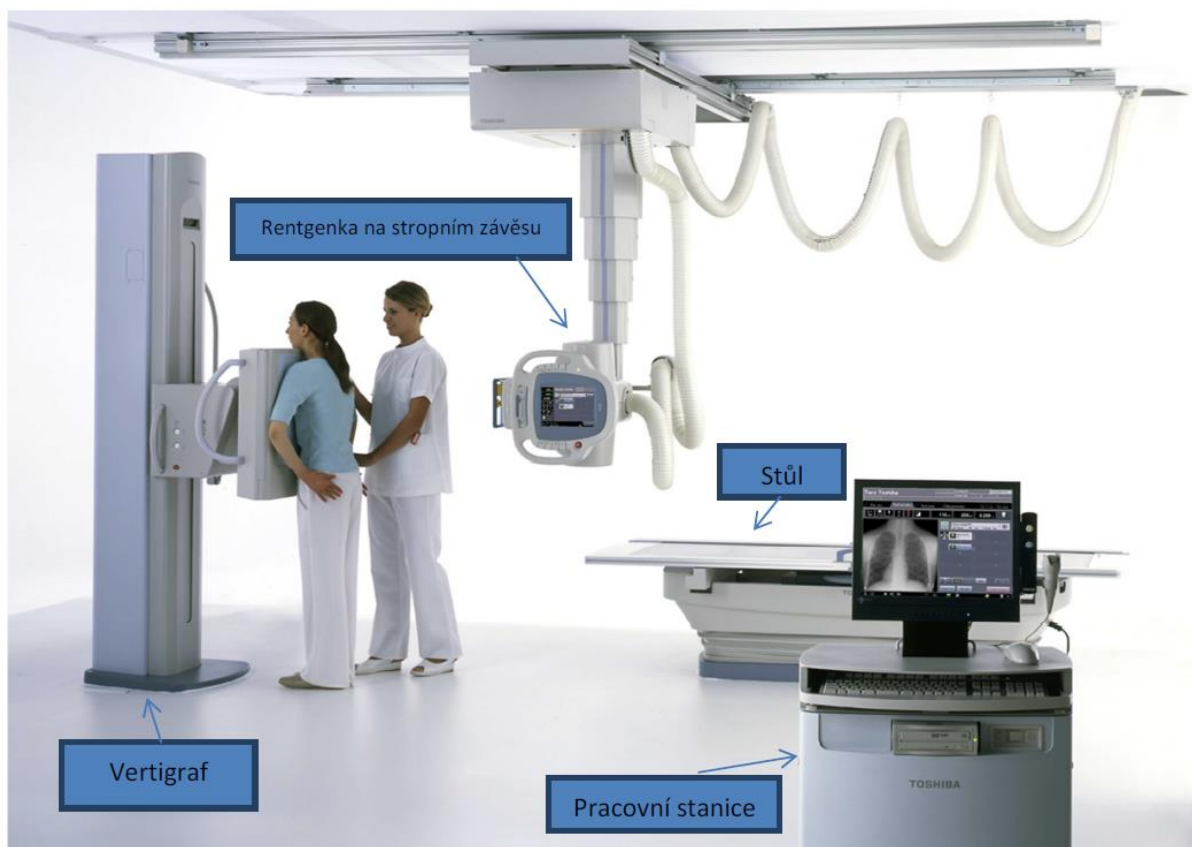
Pro skiografické snímkování využíváme RTG přístroj. Ten se skládá z několika částí, z nichž nejdůležitější jsou rentgenka, stojan a stůl. Rentgenka bývá nejčastěji namontována nahoře na svislém stojanu, který je upevněný na podlaze, lepší variantou je ale uchycení na stropním závěsu, což umožňuje snadnější přístup k pacientovi. Mezi rentgenkou a kazetou je posuvný stůl s pacientem pro vyšetření vleže. Pro snímkování vestoje, popř. vsedě, je rentgenka natočena horizontálně, protilehlá kazeta nebo detektor je na samostatném vertikálním stojanu, nazývaném vertigraf. Vestoje provádíme zejména snímkování plic a břicha. Snímky můžeme pořizovat i mimo RTG pracoviště, zejména na oddělení ARO a na jednotkách intenzivní péče. V těchto případech používáme mobilní RTG přístroj.

RTG záření vycházející při expozici z rentgenky je filtrováno a centrováno na kazetu či detektor. Vzniklý **rentgenový obraz je dvourozměrný obraz trojrozměrného objektu** a zároveň obraz sumární, protože záření absorbuje veškeré procházející tkáně. Základním **principem** rentgenových vyšetřovacích metod je **rozdílná absorpce záření v těle pacienta**. RTG záření nejméně prochází kostmi, proto se na snímku zobrazí světleji než měkké tkáně, kterými RTG záření prochází snadno. Při skiografii se zhotovují ve většině případů snímky ve dvou projekcích (průmětech), nejčastěji v předozadní a bočné. Užití dvou projekcí je nutné pro poskytnutí informací o prostorovém uložení struktur a nalezení změn, které v jedné projekci nemusí být z důvodu sumace patrné.

Skiografie využíváme zejména k získávání snímků skeletu, hrudníku a břicha. Prosté snímky jsou ve většině případů první používanou zobrazovací metodou. Výhodou skiagramů (rentgenových snímků) je, že jsou trvalým dokladem zobrazené oblasti, nevýhodou to, že neslouží ke studiu funkce orgánů lidského těla.

Jedinou kontraindikací provedení je těhotenství, během něhož provádíme RTG vyšetření pouze v nejnútnejších případech. U žen ve fertilním věku provádíme plánovaná RTG

vyšetření pouze v prvních 10 dnech menstruačního cyklu, kdy je možnost otěhotnění minimální.



**Obrázek č. 1** Skiografické pracoviště  
Zdroj: propagační materiál Toshiba

## 2.2 Skioskopie

**Skioskopie znamená kontinuální přímé vizuální pozorování obrazu objektu.** Na rozdíl od skiografie umožňuje skioskopie sledování funkce orgánů. RTG záření, které prochází vyšetřovaným pacientem, dopadá na skioskopický štít, který obsahuje luminiscenční látku, která přeměňuje dopadající RTG záření na viditelné světlo. Původně vznikal obraz přímo na fluorescenčním štítě, avšak vzhledem k vysoké radiační zátěži vyšetřujícího rentgenologa, a též pacienta, se od ní již ustoupilo. Dnes používaná nepřímá skioskopie se provádí na přístrojích vybavených zesilovačem obrazu a elektronickým snímáním obrazu, na moderních skioskopických zařízeních využíváme přímého digitálního snímání obrazu se všemi výhodami digitálního zpracování.

Skioskopie se používá zejména k vyšetřování dynamických dějů při vyšetřování orgánů gastrointestinálního traktu, při angiografických vyšetření a intervenčních výkonech, kdy je potřeba vizuální kontrola a navigace při výkonech prováděných uvnitř organismu, jako je zavádění různých sond a katetrů, implantace kardiostimulátorů, koronární angioplastika, zavádění stentů atp.

**Pro skioskopická vyšetření využíváme sklopné stěny nebo speciálního přístroje pro vyšetřování na operačním sálu, C-ramene,** kdy rentgenka a protilehlý zobrazovací

detekční systém jsou namontovány na speciálním stojanu tvaru písmene "C". Toto rameno se dá pomocí elektromotorků natáčet do různých úhlů, což umožňuje kvalitní zobrazení v různých projekcích.



**Obrázek č. 2** Skiaskopická sklopná stěna  
Zdroj: propagační materiál Toshiba



**Obrázek č. 3** C rameno pro skiaskopii na sále, sterilní krytí přístroje  
Zdroj: propagační materiál Toshiba

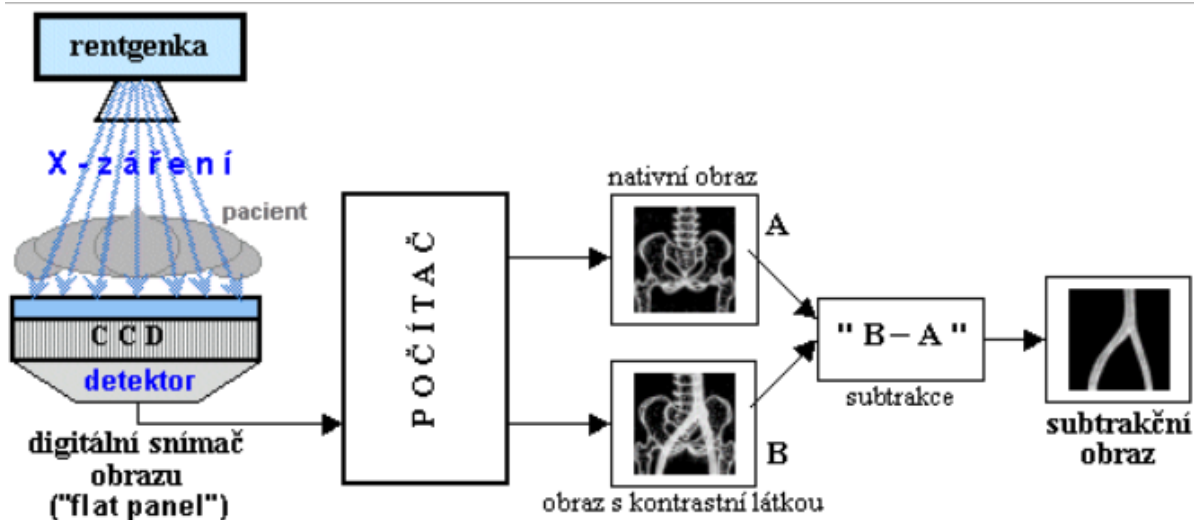
## 2.3 Angiografie

**Angiografie** obecně znamená zobrazení cévního řečiště. V užším slova smyslu jde o invazivní rentgenovou zobrazovací metodu cév, při které se aplikuje do tepenného řečiště dané oblasti jodová kontrastní látka a požadovaná oblast se poté zobrazí pomocí RTG záření. Angiografie byla nenahraditelnou metodou zobrazení cév v 60. a 70. letech minulého století. Dnes mnohdy používáme k zobrazení cév další metody, jakými jsou ultrasonografie, výpočetní tomografie a magnetická rezonance, které minimalizují riziko pro nemocného a mnohdy též snižují cenu vyšetření. Tyto techniky se totiž provádí méně invazivně (kontrastní látku aplikujeme nitrožilně), nebo neinvazivně (bez užití kontrastní látky). **Angiografie zůstává invazivním vyšetřením.** Pouze ojediněle provádíme ambulantní vyšetření, v naprosté většině však angiografie vyžaduje několikahodinový pobyt v nemocnici.

Podle toho, která část řečiště se zobrazuje, dělíme angiografii na arteriografii (zobrazení tepenného řečiště) a flebografii (zobrazení žilního řečiště).

Angiografické vyšetření se provádí na specializovaných pracovištích, která disponují angiografickým komplementem umožňující skiaskopickou kontrolu nutnou pro zavedení instrumentária i snímkování v různých projekcích. Dříve se pro vstup do cévy používala preparace, později přímá punkce, dnes se angiografie provádí **pomocí Seldingerovy techniky, nejčastěji punkcí arteria femoralis** v třísle za místního znecitlivění, kdy je pod skiaskopickou kontrolou zaveden do příslušné tepny nebo žíly rentgen-kontrastní katetr. Poté se podává jodová kontrastní látka pomocí tlakové stříkačky, která umožňuje její rychlou aplikaci.

Klasické snímkování na filmy nahradila moderní technika zvaná **digitální subtrakční angiografie** (DSA). Ta využívá opět digitalizace obrazu a **počítačové subtrakce (odečtení) obrazů před a po podání kontrastní látky**. Do paměti počítače je snímán nejprve nativní RTG obraz vyšetřovaného místa bez kontrastní látky, a pak RTG obraz po aplikaci kontrastní látky. Numerickým digitálním odečtením nativního obrazu od obrazu s kontrastní látkou se odečtou a vyruší všechny struktury, které se nezměnily (např. skelet) a zůstává pouze to, čím se oba snímky liší: kontrastní látkou naplněné dutiny a cévy. Vzniká tak výsledný subtrakční obraz, na němž je selektivně zobrazena jen struktura naplněná kontrastní látkou, zatímco všechny ostatní anatomické struktury se víceméně vyruší.





**Obrázek č. 4** Princip subtrakce využívaný u DSAZdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

Hlavní indikací angiografie je onemocnění cév (aneuryzmata, stenózy či uzávěry velkých cév). Kromě diagnostiky lze také ihned po zjištění patologických poměrů v cévním řečišti provést potřebný intervenční výkon přímo na angiografickém pracovišti. Jedná se zejména o zavádění stentů, stentgraftů, kaválních filtrů atp.

**Obrázek č. 5** Angiografické pracoviště

Zdroj: propagační materiál Toshiba

**2.4 Ultrasonografie**

Synonymem názvu ultrasonografie je sonografie, zkráceně sono a ultrazvuk. **Podstatou ultrazvukových vyšetřovacích metod je schopnost ultrazvukových vln pronikat tkáněmi a odrážet se od jejich struktur.** Výsledek této interakce se registruje a zpracovává do podoby, kterou můžeme vnímat smyslovými orgány. Získáváme tak informaci o prostředí, kterým ultrazvuk přešel a o rozhraní, na kterém se odrazil. Ultrasonografie vytváří zobrazení struktur ve vyšetřované tkáni pomocí echolokace odražených ultrazvukových vln. Odražené signály svým časovým sledem odpovídají prostorovému rozložení odrážejících se struktur ve zkoumaném prostředí. Echolokace je takový způsob získávání informace na dálku, kdy do sledovaného prostředí je vyslán zvuk, který se od předmětu částečně odráží zpět do místa vyslání a tam je zachycen a vyhodnocen. Z časového zpoždění, které uplyne od okamžiku

vysláním zvuku do okamžiku zpětného příjmu odražené vlny, lze stanovit vzdálenost odrážejícího předmětu. V přírodě tento princip využívají delfíni a netopýři k orientaci a k vyhledávání potravy. V námořní technice se používá tzv. sonar pro měření hloubky moře.

#### 2.4.1 Vlastnosti ultrazvukového vlnění

**Ultrazvuk je mechanické vlnění.** Vlnění je fyzikální děj, při kterém se přenáší energie, vzniká v látkách všech skupenství a jeho příčinou je existence vazebných sil mezi atomy a molekulami prostředí, kterým se vlnění šíří. Kmitání jedné částice se vzájemnou vazbou přenáší na další částici, čímž vzniká vlna. Nastává deformace prostředí, která se šíří tuhým, kapalným nebo plynným médiem. Vlnění s frekvencí menší než 16 Hz se nazývá infrazvuk, který vzniká například při šíření otřesů půdy při zemětřesení, v rozmezí od 16 Hz do 16 kHz se nachází oblast slyšitelného zvuku, a od 16 kHz do 10 GHz je oblast ultrazvuku. Infrazvuk ani ultrazvuk sluchový orgán člověka neregistruje. **V lékařské diagnostice se většinou užívá ultrazvukového vlnění s frekvencí od 1 do 10 MHz.** Při těchto frekvencích nemá ultrazvuk prokázané nežádoucí účinky na organismus. Ultrazvukové vlny se nejlépe šíří v kapalinách, zatímco v pevných látkách a plynech jsou výrazně tlumeny. Proto prakticky nelze vyšetřit orgány uložené za skeletem nebo překryté plynem. Z tohoto důvodu při vyšetření na kůži aplikujeme kontaktní gel, který odstraní vzduch mezi kůží a vyšetřovací ultrazvukovou sondou.

Ultrazvuk můžeme kromě diagnostiky užít i v místní léčbě. Při ní se používají nejčastěji přístroje o frekvenci 0,8-1 MHz při expozici nejčastěji 10 minut. Mezi léčebné účinky ultrazvuku patří zejména hlubkový tepelný účinek, tišení bolesti, uvolnění dlouhotrvajícího lokálního svalového napětí, zvýšení místního krevního oběhu a zvýšení metabolismu. Této léčby se používá především u kloubních a nervových zánětů. A například v zubním lékařství se ultrazvuk využívá k odstraňování zubního kamene.

#### 2.4.2 Vznik ultrazvuku

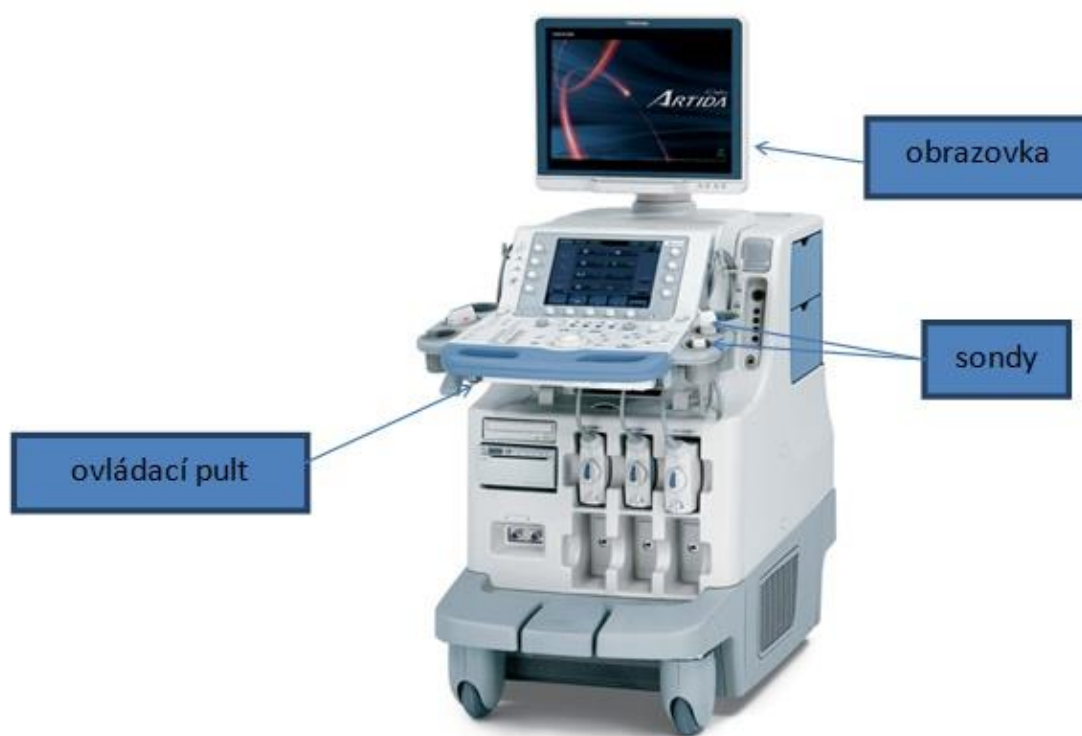
**Zdrojem ultrazvuku je piezoelektrický krystal, který působením střídavého proudu deformuje svůj tvar. Při návratu do původního stavu se krystal rozechvěje a vyše ultrazvukový signál.** Většinou stejný krystal vysílá i přijímá odrazy – echa, přičemž intenzita odrazu nás informuje o rozhraní jednotlivých tkání. Krystal nebo krystaly jsou uloženy v sondě, jejíž konstrukce se liší v závislosti na vyšetřovaném orgánu. Sondy se liší též vysílanou frekvencí. Pro zobrazení hlubších struktur se používají frekvence 2-5 MHz, pro zobrazení povrchových struktur 5-15 MHz. Pokud tedy použijeme větší frekvenci, získáme lepší rozlišovací schopnost, ale nepronikneme k hlubokým orgánům. Můžeme využít i speciální **sondy, které zavádíme přímo do lumina orgánů,** což nazýváme **endosonografií.** Takto provádíme vyšetření transrektální, transvaginální, transvezikální atp.

#### 2.4.3 Typy zobrazení a ultrazvukové přístroje

Ultrazvuková diagnostika se v současnosti využívá ve všech základních lékařských oborech. K tomu přispěl zejména neustálý vývoj nových ultrazvukových diagnostických přístrojů. **Hlavními součástmi těchto přístrojů jsou sonda (měnič) a elektronická aparatura.** Základní funkcí sond je transformovat elektrickou energii na mechanickou a naopak. Pro jednotlivé typy zobrazovacích metod se vyvinuly různé konstrukční řešení sond. Při ultrazvukovém vyšetření dochází k **vyslání ultrazvukového vlnění ze sondy do**

vyšetřované oblasti a poté k příjmu akustického signálu odraženého od struktur zkoumané oblasti. Elektronická aparatura má obvody, které generují ultrazvukové vlnění vysílané ze sondy, a obvody, ve kterých se přijímaný odražený akustický signál upravuje do diagnosticky použitelné podoby.

Postupem času se vyvíjely různé systémy, které poskytovaly různé typy informací. Všechny systémy využívají dva základní fyzikální principy, a to odraz impulzů a Dopplerův jev. Nejčastěji používaným typem ultrazvukového záznamu je dynamický **B – mode**, kdy výsledný obraz vzniká zachycením velkého množství vedle sebe umístěných odrazů, kterým se na monitoru přiřadí příslušný stupeň šedi. Obrazy získáváme v reálném čase a v různých rovinách podle toho, jakým směrem držíme sondu. Stále častěji se při ultrasonografických vyšetřeních používá **dopplerovská technika**. Při ní využíváme Dopplerova jevu, tj. změnu frekvence ultrazvukové vlny odražené od pohybujícího se objektu. Ze změny frekvence vlnění lze určit rychlost a směr pohybu objektu. Zkoumaným objektem jsou nejčastěji erythrocyty v cévách. Výsledkem dopplerovského záznamu je buď křivka naměřených rychlostí, nebo barevný záznam pohybujících se objektů v obraze B – modu. Pohybující se objekty jsou znázorněny pomocí odstínů červenožluté a modrozelené barvy. Jejich odstíny udávají rychlost toku. Dokáže kvantifikovat regurgitace při chlopenních vadách, zobrazit defekty sept síní či komor i nalézt ateromatózní pláty. Dnes se nejčastěji používají tzv. duplexní sondy, které současně zobrazují v B – modu i dopplerovskou technikou. Takovéto vyšetření nazýváme **duplexní sonografií**.



**Obrázek č. 6** Ultrazvukový přístroj  
Zdroj: propagační materiál Toshiba



**Obrázek č. 7** Příklady různých typů vyšetřovacích sond

Zdroj: <http://www.wega-mipos.cz>

#### 2.4.4 Indikace a kontraindikace ultrasonografie

Ultrazvukové vyšetřovací metody mají významné postavení mezi metodami používanými v lékařské diagnostice. V mnohých diagnostických algoritmech se využívají jako prvotní vyšetření. Souvisí to s její rychlou a cenovou dostupností, nízkou invazivitou a s dobrou výpovědní hodnotou. V nutných případech lze toto vyšetření provést i u lůžka pacienta na jiném oddělení. Ultrasonografie se používá především pro vyšetřování parenchymatózních orgánů a měkkých tkání. Pomocí této metody rozlišíme cystické útvary od útvarů solidních. Nejčastější indikací ultrasonografie je zobrazení orgánů v oblasti břicha, retroperitonea a pánve, dále zobrazení krku, prsou a měkkých tkání končetin. U kojenců vyšetřujeme kyčelní klouby před jejich kompletní osifikací a můžeme zobrazit i mozek přes neuzavřenou fontanelu – **echoencefalografie**. Dopplerovské techniky využíváme pro zobrazování karotických, renálních a končetinových tepen, u žilního systému v diagnostice hlubokých trombóz končetinových a pánevních žil, a pro zobrazení portálního řečiště. Rutinní zobrazovací metodou pro vyšetřování srdce se stala **echokardiografie**, nezastupitelnou úlohu hraje ultrasonografie v prenatalní diagnostice. Neméně důležitou se jeví též oblast intervenční, vhodná zejména k řízení diagnostických punkcí a drenáží kolekcí tekutin.

Kontraindikace k ultrasonografii nejsou, horší obraz lze však získat u pacientů obézních v důsledku velkého rozptylu ultrazvukových vln v tukové tkáni. Vyšetření břicha se provádí nalačno, což je důležité především pro omezení přítomnosti plynného obsahu ve střevech a v žaludku. Ultrazvuk břicha by neměl následovat také po nedávno provedené gastrokopii a kolonoskopii, jelikož při těchto vyšetřeních se do trávicí trubice dostane obvykle množství vzduchu. V akutních případech se vyšetřují i tyto pacienti bez přípravy. K ultrazvukovému vyšetření uropoetického traktu (ledviny, močový měchýř a gynekologické orgány) je vhodné cca 1 hodinu před vyšetřením vypít asi 1 litr tekutiny, aby v době vyšetření byl měchýř naplněn a tím byla možnost prohlédnutí jeho obsahu. Metoda je zcela bezpečná a neškodná, nezátěžující organismus ionizujícím zářením. Ačkoli nebyly nežádoucí účinky na organismus prokázány, při sledování vývoje plodu se doporučuje vyšetřovat pouze nezbytně nutnou dobu a pro screening vrozených vad plodu je při negativním nálezu dostačující provedení třech vyšetření v průběhu celého těhotenství.



**Obrázek č. 8** 4D ultrasonografie plodu, v ruce lékaře sonda

Zdroj: propagační materiál Toshiba



**Obrázek č. 9** Ultrazvukové vyšetření jater (vlevo) a karotid (vpravo)

Zdroj: propagační materiál Toshiba

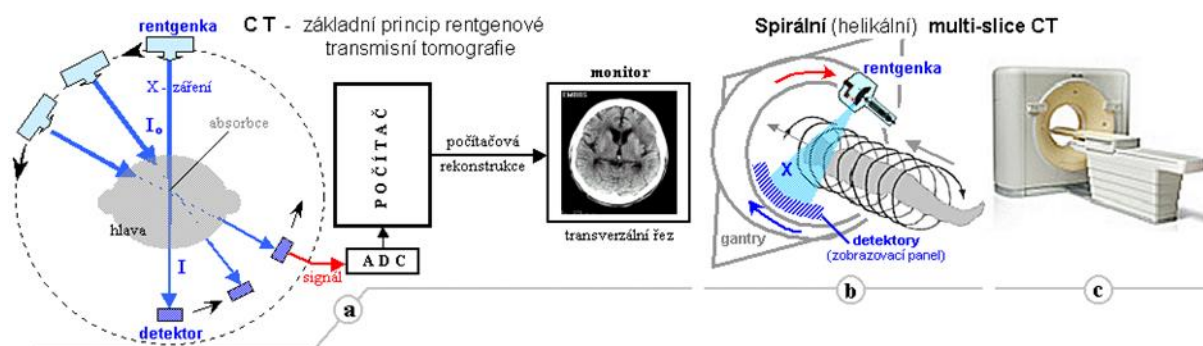
## 2.5 Výpočetní tomografie

Klasické RTG zobrazení je planární, dvojrozměrná projekce tkáně do určité roviny. Skutečná tkáň je však objekt trojrozměrný, takže planární obraz zachycuje pouze část reality a o uspořádání tkáně ve třetím rozměru, kolmém k zobrazované rovině, nemůžeme z planárního obrazu zjistit nic. Jednotlivé tkáně a orgány jsou na planárním snímku zobrazeny sumárně, překrývají se. Nejsme vždy schopni jednoznačně určit, kterými orgány a strukturami rentgenové paprsky prošly a byly jimi zeslabeny. **Výpočetní tomografie** nám na rozdíl od planárních metod umožňuje **trojrozměrné zobrazení tkání v organismu**. Podstatou metody je měření malých rozdílů absorpce fotonů RTG záření v jednotlivých tkáních organismu, ze kterých se počítačovou rekonstrukcí získávají obrazové informace o hustotě tkání. Název tomografie vychází z řeckého tomeo – řezat. Klasická tomografie, která se dříve používala

při RTG vyšetřeních, byla postupem času opuštěna pro pracnost a nepřesnost a nahrazena právě tomografií výpočetní. Vznik výpočetní tomografie (zkratka CT) se v historii radiodiagnostiky hodnotí jako nejvýznamnější událost od objevu RTG záření. Už v roce 1917 matematik Radon popsal metodu matematické rekonstrukce obrazu z nekonečně velkého počtu rozdílných projekcí. V roce 1963 Cormack uskutečnil jednoduché pokusy s použitím projekcí, avšak jelikož nebyly vyvinuté vhodné počítače, nemohla se metoda dostat do klinického užívání. Až v roce 1972 Hounsfield sestrojil první použitelné zařízení, za což obdržel Nobelovu cenu. V následujících letech se CT stala efektním zobrazovacím prostředkem lékařské diagnostiky. Z vyšetření, která mnohdy trvala několik desítek minut, se postupem času vyvinuly přístroje, které v dnešní době pracují téměř v reálném čase. Jako nezastupitelnou se tak metoda jeví při rychlé diagnostice akutních stavů, zejména v traumatologii.

### 2.5.1 Princip CT

Výpočetní tomografie je radiodiagnostická denzitometrická metoda. Pacient je během vyšetření umístěn mezi zdroj RTG záření (rentgenku) a detekční systém. Z rentgenky vysílané RTG záření vstupuje do těla z obvodu vyšetřované vrstvy. Naproti rentgence jsou umístěny detektory, které zachycují kvanta RTG záření procházející jednotlivými tkáněmi. **Během vyšetření se rentgenka i proti ní umístěné detektory navzájem pohybují po kružnici okolo pacienta.** Během tohoto pohybu **se měří celková absorpce RTG záření ve všech objemových elementech, kterými RTG záření prošlo.** Podle zeslabení RTG záření v jednotlivých tkáních zjistíme informace o anatomickém složení vyšetřované vrstvy. Hodnoty absorpce naměřené jednotlivými detektory jsou v analogově-digitálním převodníku (ADC) přeměněny do digitální podoby a uloženy v paměti počítače do matice, která je rovnoměrně rozdělena na čtvercové prvky a může mít 256x256–1024x1024 elementů (čtverečků). Element matice se nazývá plošný obrazový element - **pixel** = picture matrix element. Ve skutečnosti ale nevyšetřujeme plochu, nýbrž objem. Získaná tomografická vrstva má určitou tloušťku a výsledný obraz se tedy neskládá ze čtverečků, ale z kvádrů. Tuto objemovou strukturu nazýváme **voxel** = volume matrix element. Velikost voxelu je závislá na velikosti matice a tloušťce vrstvy. Pixel je vlastně dvourozměrný obraz trojrozměrného voxelu.



**Obrázek č. 10** Princip CT

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

**Výsledkem jednotlivých měření jsou absorpční koeficienty** pro jednotlivé voxely (pixely), které se porovnávají s koeficientem vody. Získáváme tak relativní hodnoty absorpce, **vyjádřené denzitní jednotkou, zvanou HU** (Hounsfield unit). Hodnota denzity HU vyjadřuje stupeň absorpce v jednotlivých tkáních, vztaženou k absorpci rentgenového záření ve vodě

a vypočítá se podle vzorečku:

$$HU = \frac{\mu_{mat} - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O}} \times 1000$$

kde  $\mu_{mat}$  je absorpční koeficient oslabení tkáně,  $\mu_{H_2O}$  je absorpční koeficient oslabení vody. Z tohoto vzorečku je jasné, že voda má denzitu rovnou nule. Denzitu vyšší než nula mají struktury s absorpcí vyšší než voda a patří sem takřka všechny tkáně kromě tuku a vzduchu, které mají absorpci nižší než nula. Hodnota -1000 HU odpovídá vzduchu, nejvyšší denzitu vykazuje kompaktní kost (až 3000 HU). Rozsah denzit je pro člověka velmi vysoký, jelikož lidské oko dokáže rozlišit maximálně 20 odstínů šedi. Na obrazovce monitoru proto zobrazujeme pouze vybraný rozsah hodnot absorpce, tzv. okno. Změnou tohoto okna se můžeme zaměřovat na jednotlivé tkáně, které máme zobrazit. Velkou výhodou je, že během jednoho měření můžeme získat různé obrazy se zaměřením jak na měkké tkáně, tak i na kompaktní kosti.



**Obrázek č. 11** Různá okna při jednom CT vyšetření hrudníku - měkké a plicní okno

Zdroj: Autor

## 2.5.2 CT zařízení

Základními prvky CT zařízení jsou výkonná rentgenka, detekční systém složený z detektorů, speciální posuvné lůžko pro pacienta a výkonný počítač. Rentgenka a protilehlé detektory jsou umístěny v gantry, uprostřed kterého je kruhový otvor o průměru 50–70 cm pro zasunutí lůžka s pacientem.

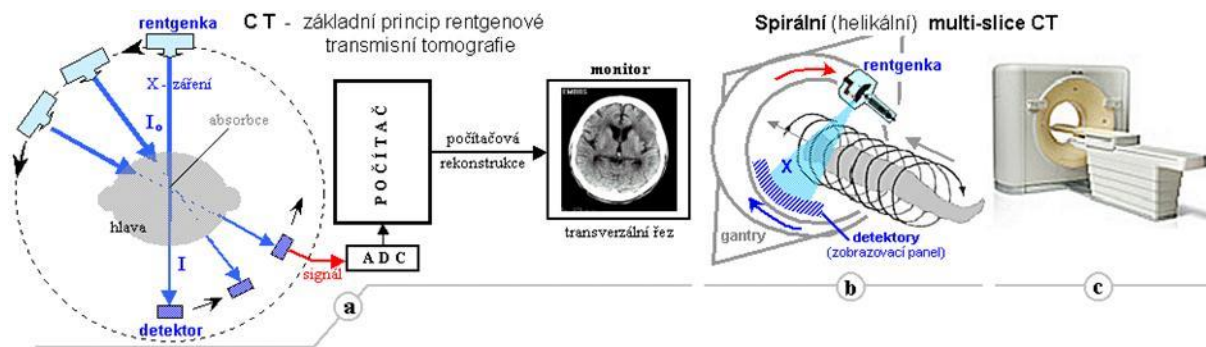


**Obrázek č. 12 CT přístroj**

Zdroj: propagační materiál Toshiba

Postupné snímání CT obrazů systémem jediné rentgenky a detektoru se používalo u prvních generací CT zařízení v 70. a 80. letech. Jeho nevýhodou byla značná časová náročnost. U novějších generací přístrojů CT se již používá většího počtu detektorů. Během vyšetření krouží rentgenka, jejíž svazek primárního záření je pomocí kolimátorů vycloněn do tvaru vějíře i naproti ní uložený detekční systém se soustavou 300-1000 detektorů. U nejnovějších generací přístrojů je použito vždy několika detektorů, resp. několika prstenců detektorů, umístěných vedle sebe. To umožňuje současné snímání několika transverzálních řezů, tzn. vyšetření několika tenkých vrstev současně. Hovoříme o tzv. multi-slice CT přístrojích, kdy doba potřebná pro vyšetření celého člověka klesá na několik sekund. Dnes využíváme zejména spirální typ vyšetřování, kdy během otáčení rentgenky probíhá pomalý automatický posun lehátka s pacientem do gantry. Název je odvozen podle dráhy rentgenky, která připomíná spirálu.





**Obrázek č. 13** Princip spirálního CT

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

### 2.5.3 Příprava a průběh CT vyšetření

Příprava pacienta na CT vyšetření není náročná. Vyžaduje se, aby pacient na vyšetření přišel nalačno pro případ podávání kontrastní látky, která se aplikuje většinou při vyšetření břicha a malé pánve a u angiografických metod. CT vyšetření není vhodné provádět u pacientů, kteří mají po předcházejícím RTG vyšetření gastrointestinálního traktu v organismu zbytky síranu barnatého. Z vyšetřované oblasti musí být odstraněny všechny kovové předměty, aby nedošlo ke vzniku artefaktů, a tím ke znehodnocení obrazu. CT vyšetření trvá většinou několik minut. Během této doby pacient nesmí měnit polohu. Proto se u neklidných pacientů a dětí vyžaduje spolupráce anesteziologa. Při vyšetření pacient většinou leží na zádech a do otvoru v gantry se zasouvá hlavou napřed. Tato poloha je pro pacienta nejobvyklejší a nepohodlnější. CT vyšetření začíná zhotovením topogramu, což je přehledný snímek ve frontální nebo sagitální rovině. Na něm si určíme rozsah úseku, který chceme zobrazit, a šíři vrstvy. V naprosté většině provádíme vyšetření v transverzální rovině. V případě, že jsou rozdíly absorpcí tkání malé, podáváme kontrastní látku. Můžeme ji aplikovat jak per os pro odlišení střečních kliček, tak i intravenózně.

### 2.5.4 Indikace a kontraindikace CT vyšetření

Indikační škála CT vyšetření je veliká a zahrnuje prakticky všechny oblasti těla. Velký význam má CT vyšetření při traumatech lebky, páteře, hrudníku a břicha. Z ostatních indikací je to především vyloučení nebo potvrzení přítomnosti ložiskových lézí a zařazení tumoru do klasifikace TNM. Indikačním kritériem k CT vyšetření může být potřeba určit topografické vztahy tumoru, ověřit přítomnost metastáz, posoudit operabilitu tumoru atp. 3D zobrazení využíváme kromě traumatologických indikací také při angiografických studiích, zejména v zobrazení srdce, tepen hrudníku, dolních končetin a mozku. CT vyšetření lze využít i u intervenčních metod, mezi které patří zejména diagnostické biopsie a drenáže tekutinových kolekcí. V neposlední řadě se této metody využívá i při vytváření optimálního ozařovacího plánu v radioterapii, abychom eliminovali na minimum zbytečné radiační zatížení okolních zdravých struktur.

Absolutní kontraindikace k CT vyšetření nejsou žádné, relativní kontraindikací je těhotenství. Jelikož radiační zatížení při CT vyšetření není zanedbatelné, měla by se tato metoda využívat uváženě.



**Obrázek č. 14** Příklady 3D CT zobrazení

Zdroj: propagační materiál Toshiba

## 2.6 Magnetická rezonance

Zobrazování pomocí magnetické rezonance (zkratka MR, MRI) se v posledních letech dostává do popředí metod vyšetřujících lidské tělo. Metodu objevili v roce 1946 Purcell a Bloch a za tento objev získali Nobelovu cenu. Trvalo ještě více než čtvrt století, než byl sestaven první MR přístroj, který využíval silné magnetické pole k zobrazování tkání. Od 80. let 20. století nastává velký rozmach ve vývoji nejen MR přístrojů, ale i softwarového vybavení, který probíhá i nadále.

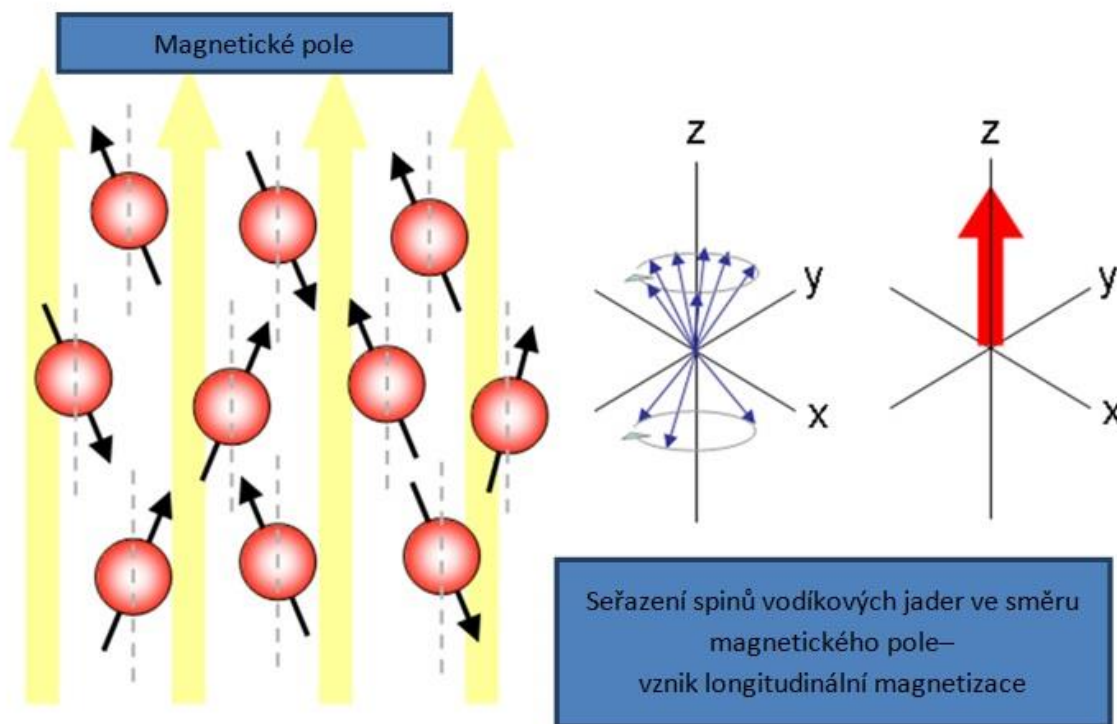
### 2.6.1 Princip magnetické rezonance

**Zobrazování pomocí MR je založeno na principu zjišťování změn magnetických momentů jader prvků s lichým protonovým číslem, které registrujeme po vložení do silného magnetického pole a následné aplikaci radiofrekvenčních pulsů.** Každý nukleon (proton a neutron) má vlastní moment hybnosti – **spin**, což je vlastně **rotace atomových jader kolem své dlouhé osy**. Rotací nukleonu vzniká kolem jader elementární magnetický moment, tedy magnetické pole. K vyšetření můžeme používat pouze prvky s lichým protonovým číslem, protože u atomových jader se sudým počtem nukleonů se vzájemný magnetický moment vyruší a magnetické pole nevzniká. Jelikož se ve většině tkání vyskytuje voda, nejvíce využívaným prvkem pro zobrazení pomocí MR je vodík  $^1\text{H}$ . V  $1\text{ mm}^3$  vody je přibližně  $6,7 \cdot 10^{19}$  vodíkových protonů.

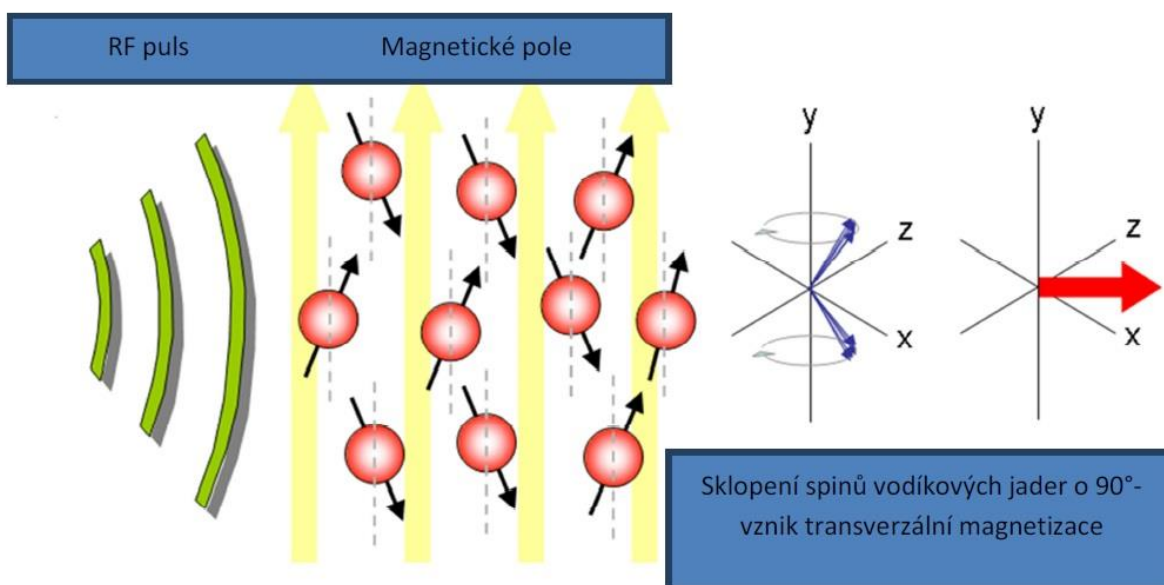
Spiny protonů jsou za normálních podmínek neuspořádané a jejich orientace je náhodná. Vložíme-li však tyto protony do silného magnetického pole, jejich spiny se uspořádají ve směru tohoto pole buď paralelně, nebo antiparalelně ve směru siločar magnetického pole. Jelikož k dosažení paralelního postavení je potřeba menšího množství energie, protonů v paralelním postavení je o trochu víc než v postavení antiparalelním. Výsledný magnetický moment těchto protonů je tedy paralelní se silným magnetickým polem, vzniká tzv. **longitudinální (podélná) magnetizace**. Jelikož je velikost tohoto magnetického momentu

ve srovnání se silným magnetickým polem zanedbatelná, nemůžeme ho v silném magnetickém poli změřit. Proto ho musíme z tohoto paralelního postavení vychýlit.

Kromě rotačního pohybu kolem své osy proton po vložení do silného magnetického pole začíná rotovat i v transversální rovině, tj. **po obvodu pomyslného kužele**. Tento pohyb se podobá točení dětské káči a nazýváme ho **precese**. Avšak protony nerotují synchronně, nejsou tzv. ve fázi. Znamená to tedy, že se každý proton nachází v tomtéž okamžiku na jiném místě kruhu. Frekvence tohoto precesního pohybu závisí zejména na síle statického magnetického pole. Jestliže v tuto chvíli aplikujeme radiofrekvenční puls o frekvenci shodné s frekvencí precese protonu, dojde na principu **rezonance** k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a též k synchronizaci precese všech protonů. Vzniká tzv. **transverzální (příčná) magnetizace**. V tuto chvíli už tedy můžeme magnetický moment protonů změřit.



**Obrázek č. 2.15** Vznik longitudinální magnetizace  
Zdroj: <http://physiology-physics.blogspot.com>



**Obrázek č. 2.16** Vznik transverzální magnetizace

Zdroj: <http://physiology-physics.blogspot.com>

Po skončení radiofrekvenčního pulsu dochází postupně k návratu do původního stavu a doba, za kterou k němu dojde, se nazývá relaxační čas. Rozlišujeme **relaxační čas T1**, což je doba nutná k návratu vychýleného magnetického momentu do stavu rovnovážného a **relaxační čas T2**, což je doba nutná k rozsynchronizování precese. Tyto časy jsou závislé především na složení tkáně.

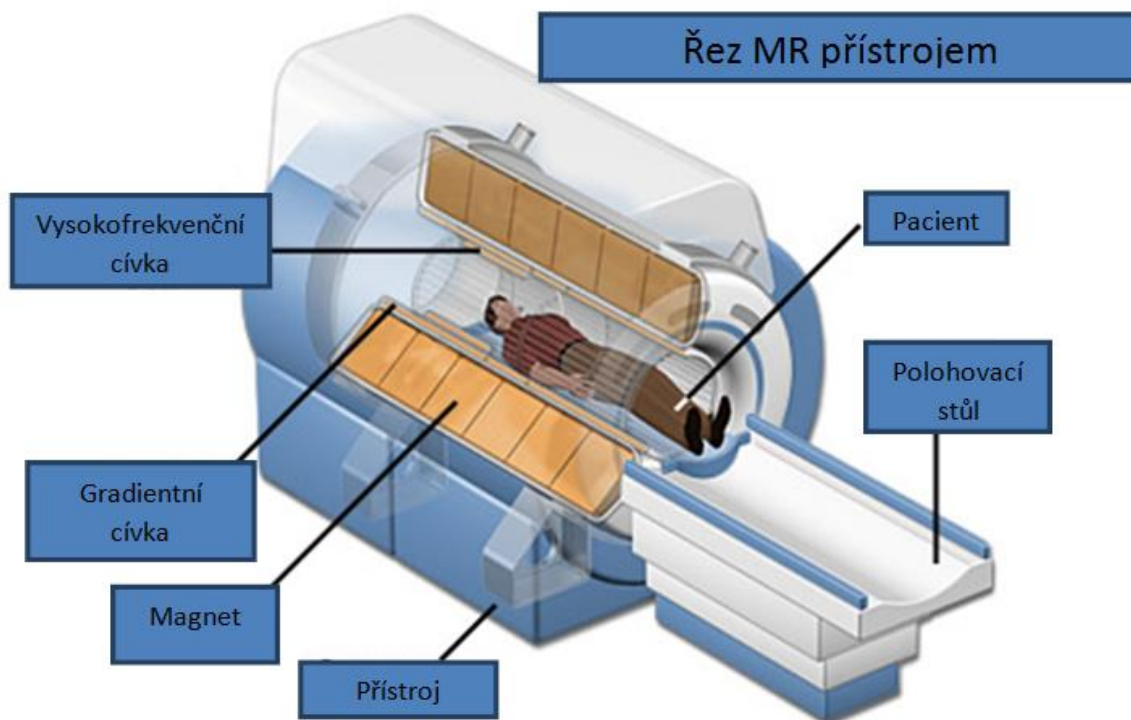
Signál, který získáme po aplikaci radiofrekvenčního pulsu, registrujeme pomocí přijímací cívky, což je vlastně anténa.

### 2.6.2 MR zařízení

Základem většiny MR přístrojů je kruhový **magnet** s otvorem pro zasunutí pacienta. Tento magnet vytváří homogenní, statické a dostatečně silné magnetické pole. Podle síly magnetického pole dělíme používané MR přístroje na přístroje s nízkým, středním a vysokým polem. Pro lékařskou diagnostiku se většinou používají MR přístroje se středním a vysokým magnetickým polem, tj. od 1 do 3 T (Tesla - jednotka síly magnetického pole). V daleko menší míře se používají MR přístroje s nízkým magnetickým polem, které jsou koncipovány jako „otevřené“, kdy je magnet ve formě prstence, tudíž není kolem celého pacienta, ale pouze nad vyšetřovanou částí těla. Tyto přístroje se využívají většinou pouze pro vyšetřování muskuloskeletálního systému. Většina MR přístrojů pracujících v ČR využívá ke vzniku magnetického pole supravodivý magnet o síle pole 1,5 T. Pro udržení stavu supravodivosti musí být tyto magnety chlazeny tekutým héliem, jehož teplota je  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro výzkumné účely, např. na zvířatech, se používají přístroje s ještě vyššími hodnotami magnetického pole. Síla magnetického pole magnetů používaných v MR diagnostice je až 60000x silnější než síla geomagnetického pole Země, proto při MR vyšetřování musíme dbát zvýšené bezpečnosti při ukládání pacientů. **Kovové přístroje a části jsou magnetickým polem silně přitahovány a mohou pacienta poškodit nebo dokonce usmrtit.**

Mezi magnet a otvor pro zasunutí pacienta jsou vloženy gradientní a vysokofrekvenční cívky. **Gradientní cívky vytvářejí slabé přídavné magnetické pole**, díky němuž můžeme vytvářet obrazy v různých rovinách a s různou šířkou řezu. Během vyšetření jsou zdrojem hluku, který u některých měření může dosahovat až 90 dB. Proto se doporučuje pacientům dávat ucpávky do uší, aby nedošlo k poškození sluchu. **Vysokofrekvenční cívka vysílá radiofrekvenční pulsy**, které jsou nutné ke změření magnetického momentu tkání.

Kromě těchto cívek, které jsou integrální částí magnetu, se pro lepší zobrazování používají speciální **povrchové cívky, které přijímají signál po aplikaci radiofrekvenčního pulsu**. Jsou zkonstruované tak, že kopírují tvar lidského těla, aby mu byly co nejbližší a získaný signál byl co nejlepší. Mohou se přikládat přímo na vyšetřovanou oblast, nebo ji pouze obklopují. Jedná se o cívky pro vyšetření hlavy, krku, kloubů, břicha, prsou, pro vyšetření končetin v případě MR angiografie atp. **Vyšetřovací stůl** je obdobný jako na CT přístroji. Jeho nosnost je většinou 160 kg, někdy 200 kg. Je vyroben z nemagnetických materiálů a slouží k zavezení pacienta do magnetického pole.

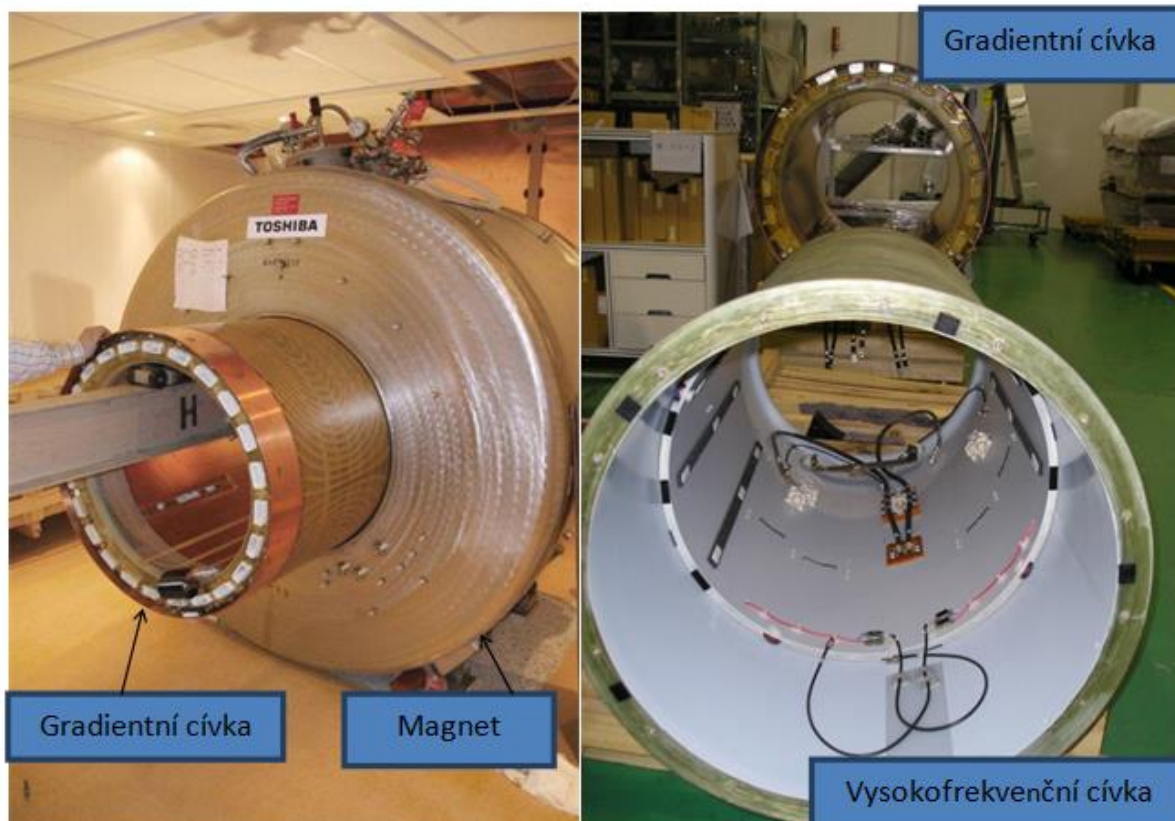


**Obrázek č. 2.17 MR zařízení - nejdůležitější části**  
 Zdroj: <http://www.magnet.fsu.edu>

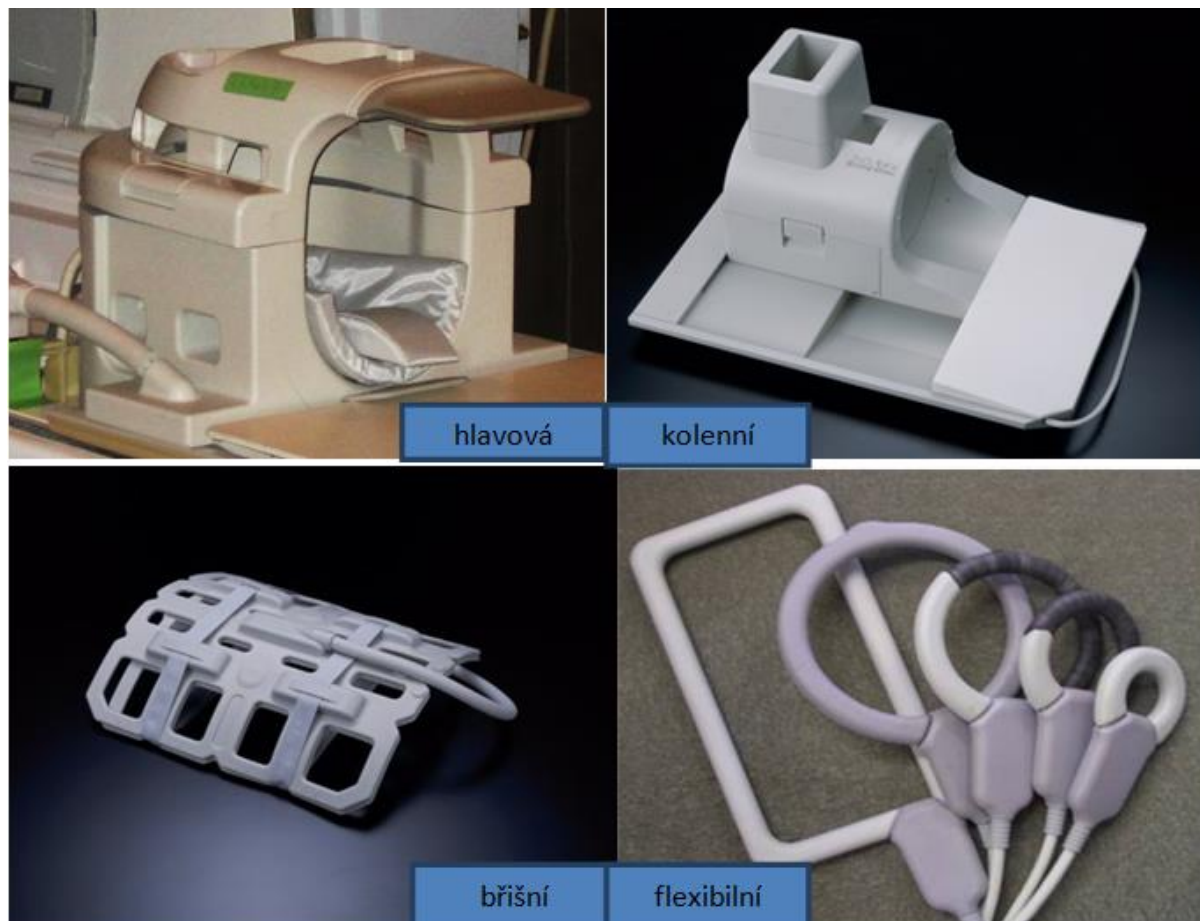


**Obrázek č. 2.18** MR přístroj

Zdroj: Autor



**Obrázek č. 2.19** Gradientní a vysokofrekvenční cívka mezi pacientem a magnetem  
Zdroj: Autor



**Obrázek č. 2.20** Povrchové cívky  
Zdroj: Autor

Jelikož magnetická rezonance využívá pro svou činnost silného magnetického pole, které se šíří nejen horizontálně, ale i vertikálně do jiných podlaží, musí být MR pracoviště od ostatních pracovišť náležitě odstíněno. Proto je MR přístroj uložen v tzv. **Farradayově kleci**, kterou tvoří silné pláty z ocelových bloků a měděných plátů.

MR přístroj má dále kromě ovládací konzole ještě nejrůznější doplňující zařízení, která jsou nezbytné pro některé druhy vyšetření. Používáme monitorace dechu a srdce, která slouží hlavně při vyšetřování břicha, hrudníku a srdce. K provedení celkové anestézie je pro vyšetřování malých dětí nebo těžkých klaustrofobických pacientů nezbytný anesteziologický přístroj, který musí být vyroben taktéž z nemagnetických kovů, proto je jeho pořizovací cena vysoká. Stejně tak musí být vyrobeny veškeré vozíky, které používáme při transportu pacienta na MR vyšetřovnu.

### 2.6.3 Druhy MR zobrazení

V medicíně využíváme různé techniky MR vyšetřování. Kromě tomografického zobrazování - MRI (magnetic resonance imaging) lze provést i zobrazení cévního systému - MRA (magnetic resonance angiography) a u některých přístrojů též spektroskopii - MRS (magnetic resonance spectroscopy). Zejména pro výzkumné účely se výjimečně provádí funkční MR (fMR).

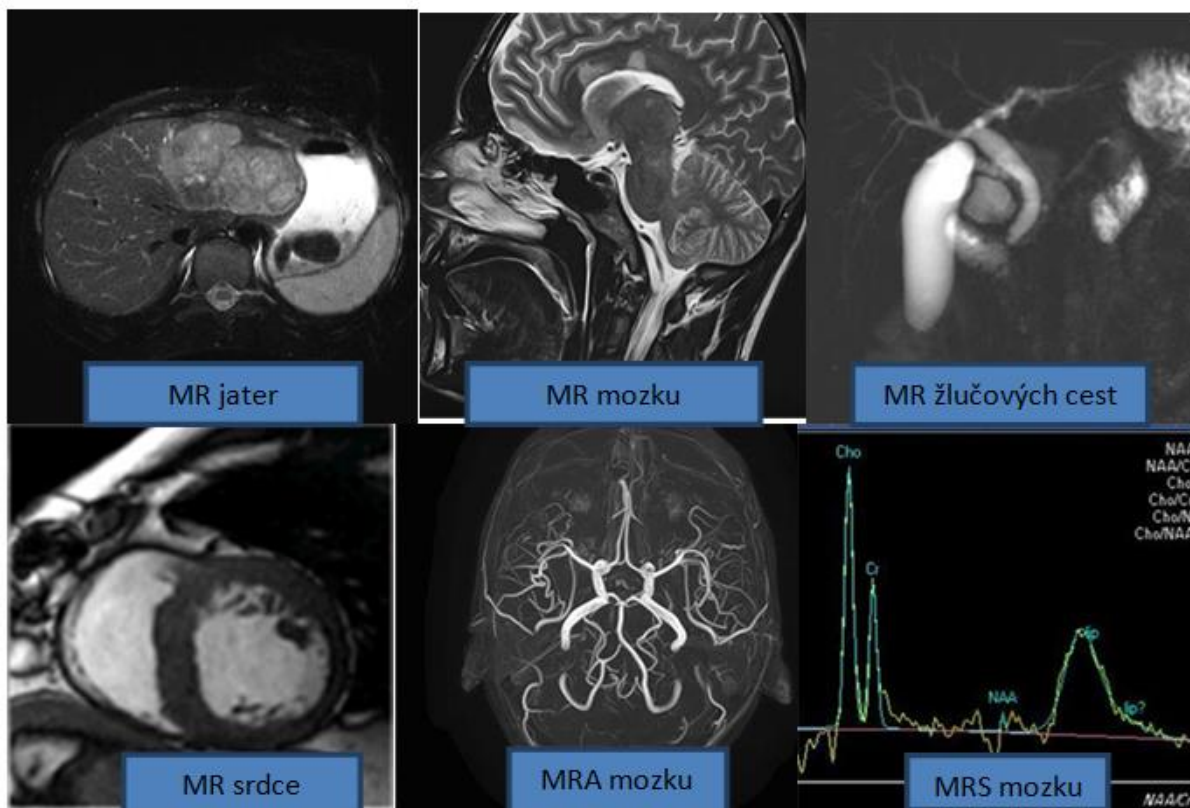
**Při tomografickém vyšetřování MRI získáváme obrazy pomocí různých typů sekvencí,** díky nimž získáváme informace o rozdílech v relaxačních časech T1 nebo T2 anebo sledujeme pouze distribuci protonů ve vyšetřované tkáni. Podle toho nazýváme používané sekvence jako sekvence vážená **podle času T1, T2 a podle protonové denzity PD.** Zhotovení každé sekvence trvá většinou několik minut, proto délka MR vyšetření většinou dosahuje 20-30 minut, jsou ale i technicky a tudíž i časově náročnější vyšetření, jak je např. vyšetření srdce nebo plodu. Pro získání dostatečné informace o tkáni musíme porovnávat získané obrazy z různých sekvencí. Stejně struktury mají na různých typech sekvencí různou intenzitu signálu a zobrazují se tudíž odlišně. Např. tekutina má na T2 sekvenci vyšší signál (na snímku je bílá), v T1 zobrazení má nižší signál (na snímku je černá). Proto se během vyšetření zhotovuje větší množství sekvencí v libovolné rovině. V poslední době se postupně vyvinuly nové typy sekvencí, které zkracují celkovou dobu vyšetření. Tyto sekvence trvají pouze několik sekund a dají se synchronizovat se zadržením dechu, což zlepšuje zobrazení pohyblivých orgánů, zejména srdce a orgánů břicha. V některých případech používáme pro ještě lepší rozlišení kontrastních látek, zejména při diagnostice ložiskových lézí.

K zobrazení cév používáme **MR angiografii.** Při ní **používáme speciální sekvence, které odliší tekoucí krev,** a proto nemusíme aplikovat kontrastní látku. K zobrazení periferního cévního řečiště však kontrastní látku použít musíme.

**MR spektroskopie** umožňuje získat informace o biochemickém složení tkáně bez bioptického odběru. Při MRS studujeme pouze malou část orgánu, výsledkem vyšetření je **křivka znázorňující zastoupení jednotlivých látek ve vybrané oblasti.**

**Funkční MR** umožňuje zobrazit místa v mozkové kůře, která se aktivují na základě určitého podnětu, např. při pohybu prstu. Praktického využití dosáhla funkční MR v diagnostice epileptických ložisek nebo před operací mozku, kdy se následně operatér může vyhnout důležitým místům.





**Obrázek č. 2.21** Druhy MR zobrazení – MRI, MRA, MRS  
Zdroj: Autor

### 2.6.4 Indikace a kontraindikace MR vyšetření

Mezi největší výhody MR vyšetřování patří nepřítomnost ionizujícího záření pro vznik obrazů, což má zásadní význam při vyšetřování mladších pacientů. MR vyšetřování nejčastěji používáme v neuroradiologii při **zobrazování onemocnění mozku, míchy a páteřního kanálu**. MR dokáže zachytit ložiska, která nejsou mnohdy na CT vyšetření patrná (např. ložiska roztroušené sklerózy či akutní ischemie). Velkou výhodou je možnost zobrazení v libovolné rovině, což umožní zobrazit například celý páteřní kanál v jedné rovině. Neméně významnou indikační skupinou je **zobrazování muskuloskeletálního systému**, protože MR kvalitně zobrazí vazy, šlachy, chrupavky, menisky a kostní dřeň. Pomocí MR vyšetřujeme také **orgány hrudníku, břicha a malé pánve**, zejména z důvodu diferenciální diagnostiky ložiskových lézí. Výjimku tvoří plíce, které za normálních podmínek neobsahují vodu, tudíž jejich zobrazení je problematické. Pomocí **MR angiografie** zobrazujeme nejčastěji **tepny Willisova okruhu, renální tepny, karotidy a periferní cévy dolních končetin**.

Silné magnetické pole nevyvolává v organismu prokazatelné biologické účinky. Možným nepříznivým vedlejším účinkem může být zvýšená teplota v místě cizích kovových těles, a změna vedení nervových vzruchů. I když zatím nebyly prokázány škodlivé účinky silného magnetického pole, nedoporučuje se provádět MR vyšetření v prvním trimestru těhotenství. Problém může stísněný prostor magnetu působit klaustrofobickým pacientům, v tomto případě provádíme vyšetření v analgosedaci či celkové anestezii.

**Absolutními kontraindikacemi MR vyšetření jsou implantovaný kardiostimulátor, aneurymatické cévní svorky, různé elektronické implantáty a kovová cizí tělesa intrakraniálně a intraorbitálně.** Elektromagnetické pole totiž může způsobit změnu funkce nebo polohy implantátů, které jsou vybaveny elektronickými zařízeními. V posledních letech se však na trhu objevil typ kardiostimulátoru, který je za určitých podmínek pro vyšetření MR bezpečný.

**Relativními kontraindikacemi jsou přítomnost stentů, kovových embolizačních materiálů, okluderů, kloubních náhrad a osteosyntetických materiálů implantovaných do těla před méně než 6 týdny.**

Kromě těchto kontraindikací nesmíme zapomenout na specifickou vlastnost MR přístroje – přítomnost silného magnetického pole. Z tohoto důvodu si **musí pacient, doprovod i ošetřující personál před vstupem na vyšetřovnu odložit veškeré kovové předměty**, jako jsou klíče, mince, nůžky, peány atp., aby nedošlo k poškození pacienta či personálu.

## 2.7 Nukleární medicína

**Nukleární medicína je lékařský obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou pomocí umělých radionuklidů (radiofarmak). Tato farmaka aplikujeme přímo do těla pacienta, zdrojem záření je tudíž pacient.** Radionuklidy vstupují do metabolismu a distribuují se v organismu podle farmakokinetiky daného radioindikátoru. **Zabudovaný radionuklid svým vyzařováním umožňuje buď zevní detekci distribuce této látky nebo sledování jeho množství v odebraných vzorcích biologických tekutin**, většinou krve nebo moče. V případě terapie pak záření radionuklidu vyvolává biologické účinky ve tkáni, v které se radiofarmakum akumuluje. Radiofarmaka získáváme různými způsoby, většinou v jaderných reaktorech, urychlovačích částic a generátorových systémech. Byla vyvinuta řada radiofarmak, která emitují záření gama. Mezi nejpoužívanější patří izotopy  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{81}\text{mKr}$ . V cyklotronech se vyrábějí pozitronové zářiče, které používáme k vyšetřování pomocí pozitronové emisní tomografie (PET). Tato radiofarmaka mají krátký poločas rozpadu, proto cyklotron musí být umístěn v blízkosti pracoviště PET. Mezi nejpoužívanější pozitronové zářiče patří  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglukóza, podstatně méně významné jsou  $^{11}\text{C}$  glukóza,  $^{15}\text{O}$  molekulární kyslík a  $^{15}\text{O}$  oxid uhelnatý.

**Distribuce radiofarmaka určuje konkrétní fyziologický či patologický stav nebo funkci příslušných orgánů a tkání.** K získání obrazů prostorového rozložení radiofarmaka slouží metoda zvaná scintigrafie.

### 2.7.1 Scintigrafická vyšetření

**Scintigrafická vyšetření**, na rozdíl od většiny zobrazovacích metod popsaných v předchozích kapitolách, **zobrazují funkci orgánu**. Akumulace radiofarmaka závisí na funkčním stavu vyšetřované tkáně. Zjednodušeně lze říci, že scintigrafie umožňuje zobrazit pouze živou tkáň. Pomocí scintigrafických vyšetření lokalizujeme a kvantifikujeme případné poruchy funkce zobrazovaných orgánů. Patologické děje můžeme užitím scintigrafie odhalit mnohdy dříve než pomocí jiných zobrazovacích postupů, jelikož poruchy funkce většinou předcházejí strukturálním změnám. Scintigrafické metody jsou mnohdy citlivější než ostatní zobrazovací metody, ale bohužel jsou méně specifické, proto je většinou musíme doplnit dalším vyšetřením.

Pacient, který podstoupil scintigrafické vyšetření, zůstává po vyšetření zdrojem ionizujícího záření ještě několik hodin či dní. To se netýká případů použití radionuklidů s velmi krátkým poločasem přeměny v řádu sekund či minut.

Základním druhem je **statická scintigrafie**, při které snímáme totéž místo z různých projekcí nebo několik různých míst v organismu **po uplynutí určité doby od aplikace radiofarmaka**. Rozložení radiofarmaka se během statické scintigrafie významně nemění.

**U dynamické scintigrafie sledujeme děj měnící se s časem a dynamiku tohoto děje.** Je to série statických snímků vyšetřované oblasti v jedné, eventuálně dvou projekcích, které se během vyšetření nemění. Snímky získáváme postupně v různých časech po aplikaci radiofarmaka. Cílem je posoudit změny rozložení radiofarmaka v časovém sledu, jako je pohyb v dutých orgánech, vychytávání a vylučování v orgánu. Kromě časové změny distribuce radioindikátoru v organismu můžeme vytvářet i dynamické křivky, pomocí nichž stanovíme funkci jednotlivých orgánů.

Z hlediska prostorového můžeme scintigrafii rozdělit na scintigrafii planární a tomografickou. **Planární scintigrafie zachycuje distribuci radioindikátoru do dvojrozměrné zobrazované roviny.** Jelikož je každý živý organismus objekt trojrozměrný, stejný charakter má i distribuce radioindikátoru. Planární scintigrafický obraz, který je dvojrozměrný, může proto zachycovat jen část reality. Je zde možnost překrývání a superpozice struktur uložených v různých hloubkách.

Pro odstranění těchto nevýhod planární scintigrafie a pro získání komplexního zobrazení struktur v různých hloubkách byla vyvinuta tomografická scintigrafie, která **poskytuje trojrozměrné zobrazení distribuce radioindikátoru, tedy i trojrozměrné prostorové zobrazení.** Radionuklidová emisní počítačová tomografie je dvou typů: jednofotonová emisní tomografie SPECT za použití gama radionuklidů a dvoufotonová pozitronová emisní tomografie PET využívající pozitronové zářiče.

### 2.7.2 Zobrazovací přístroje

**Množství radiofarmaka**, které se vychytává v jednotlivých oblastech lidského těla, **stanovujeme měřením aktivity**, která se projevuje emisí ionizujícího záření. **Základní částí zobrazovacích přístrojů používaných v nukleární medicíně je detektor ionizujícího záření**, většinou se jedná o detektor scintilační. Nejjednodušším zobrazovacím přístrojem byl dříve pohybový scintigraf. Jednalo se o scintilační sondu, která se během vyšetření posouvala nad vyšetřovaným orgánem a zaznamenávala postupně impulzy z jednotlivých míst. Nevýhodou byla dlouhá doba vyšetření a malá citlivost.

**V současnosti nejrozšířenějším zobrazovacím přístrojem v nukleární medicíně je scintilační gamakamera** s jedním nebo více detektory. Scintilační kamera slouží k planární a dynamické scintigrafii, při které dochází k sumaci zobrazovaných struktur.

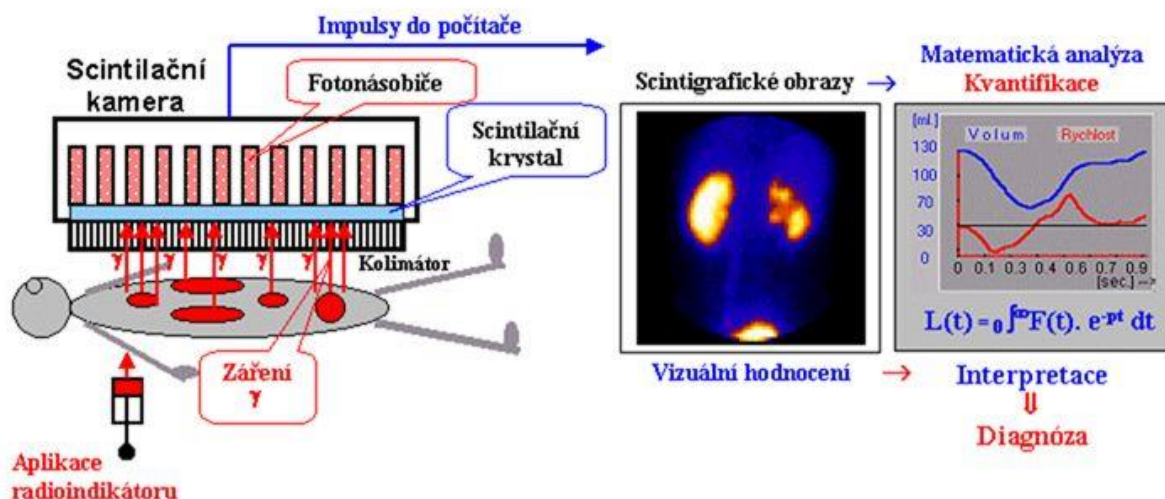
Novější formou gamakamery je jednofotonová emisní tomografie (SPECT), což je tomografická metoda umožňující zobrazení v libovolné rovině a vrstvě.

Na úplně odlišném principu pracuje nejnovější tomografická metoda, tzv. pozitronová emisní tomografie (PET).

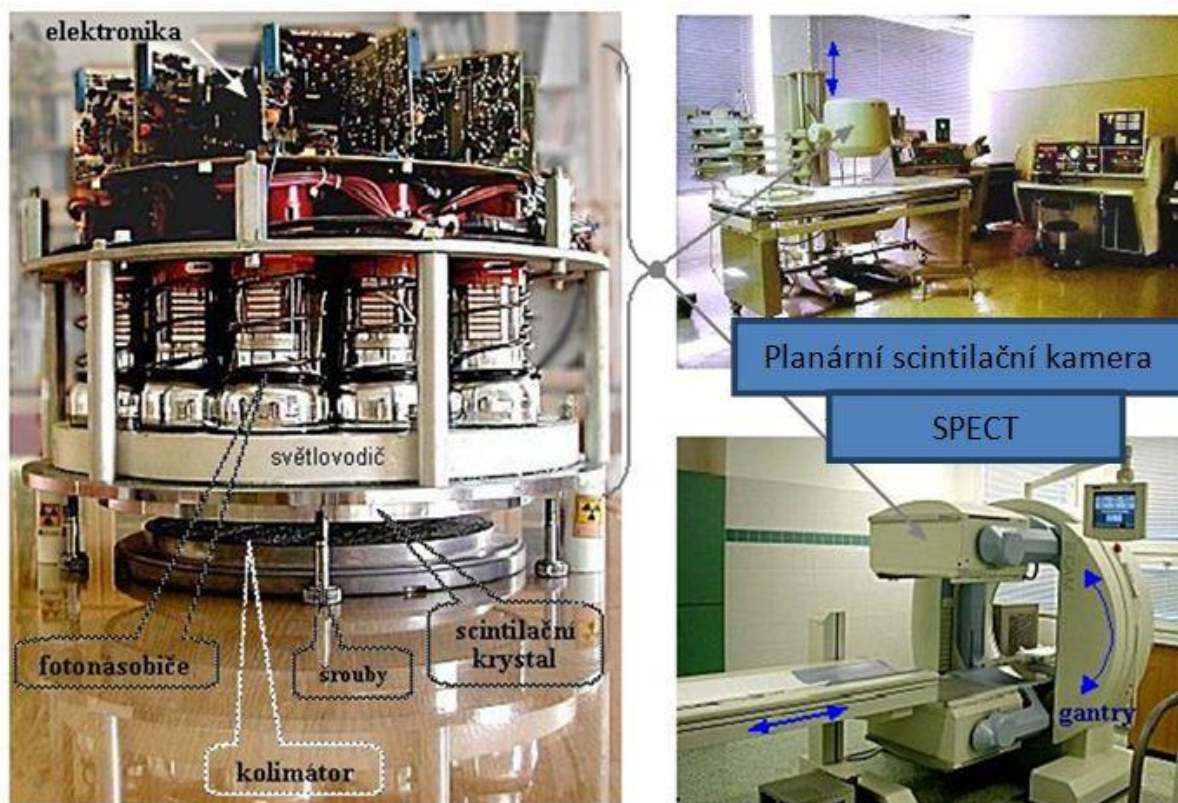
#### Scintilační kamera

Po aplikaci radiofarmaka dochází k distribuci do určitého místa, které je pro dané radiofarmakum charakteristické. Z tohoto místa radioaktivity se na všechny strany emituje

záření gama, které díky své pronikavosti vychází z objektu ven. **Úkolem scintilační kamery je záření gama detekovat a převést na výsledný obraz. Základem scintilační kamery je scintilační krystal z jodidu sodného**, na který nasedá několik fotonásobičů. Na spodní části krystalu je umístěn kolimátor, který propouští do krystalu pouze paprsky, které na něj z vyšetřované oblasti dopadají kolmo. Každý foton záření gama, který projde kolimátorem, vyvolá v krystalu scintilační záblesk viditelného světla. **Scintilace v krystalu jsou snímány a převáděny na elektrické impulsy soustavou fotonásobičů. Tyto impulsy se zapisují do paměti počítače, kde se k nim přiřadí stupeň zčernání nebo barevný odstín**, čímž vznikne výsledný obraz vyšetřované struktury. Tento obraz můžeme následně upravovat. Při dynamických studiích můžeme na základě změn v křivce sledovat průchod radiofarmaka určitým orgánem. **Scintilační krystal a fotonásobiče tvoří detekční hlavu**, která je umístěna na masivním stativu a slouží k zaměření kamery na vyšetřovanou oblast. Pod detektorem kamery je umístěno lehátko pro vyšetřovaného pacienta.



**Obrázek č. 2.22** Princip scintilační kamery  
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>



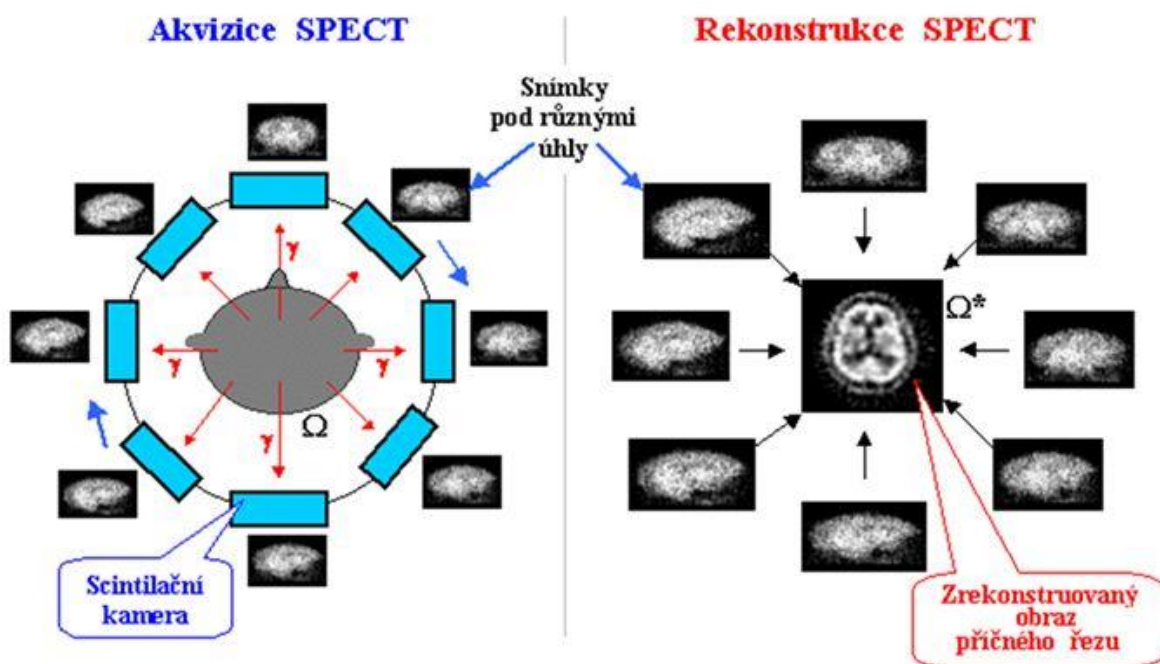
**Obrázek č. 2.23** Rozebraná detekční hlava, která je součástí planární i SPECT kamery  
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

### Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT)

SPECT je tomografickou variantou planární scintigrafie. **Přístroje pro SPECT jsou rotační scintilační kamery s jednou nebo více hlavami, které se během vyšetření otáčejí kolem pacienta a postupně zaznamenávají projekce vyšetřované oblasti z různých úhlů pohledu.** Z planárních obrazů vyšetřovaného místa se počítačovou rekonstrukcí vytváří celkový trojrozměrný obraz distribuce radioindikátoru.

Tomografická kamera SPECT se svou konstrukcí od běžné planární kamery liší jen tím, že stojan, na němž je detektor kamery upevněn, tzv. gantry kruhového tvaru umožňuje motoricky poháněnou rotaci detektoru kolem vyšetřovaného objektu.

Mezi největší přínos SPECT patří **přesnější odhalování ložiskových lézí a porušených tkání ve složitých anatomických strukturách.** V mnoha případech také může poskytnout důležité diagnostické informace bez nutnosti použití další zobrazovací metody.



**Obrázek č. 2.24** Princip SPECT

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>

### Pozitronová emisní tomografie (PET)

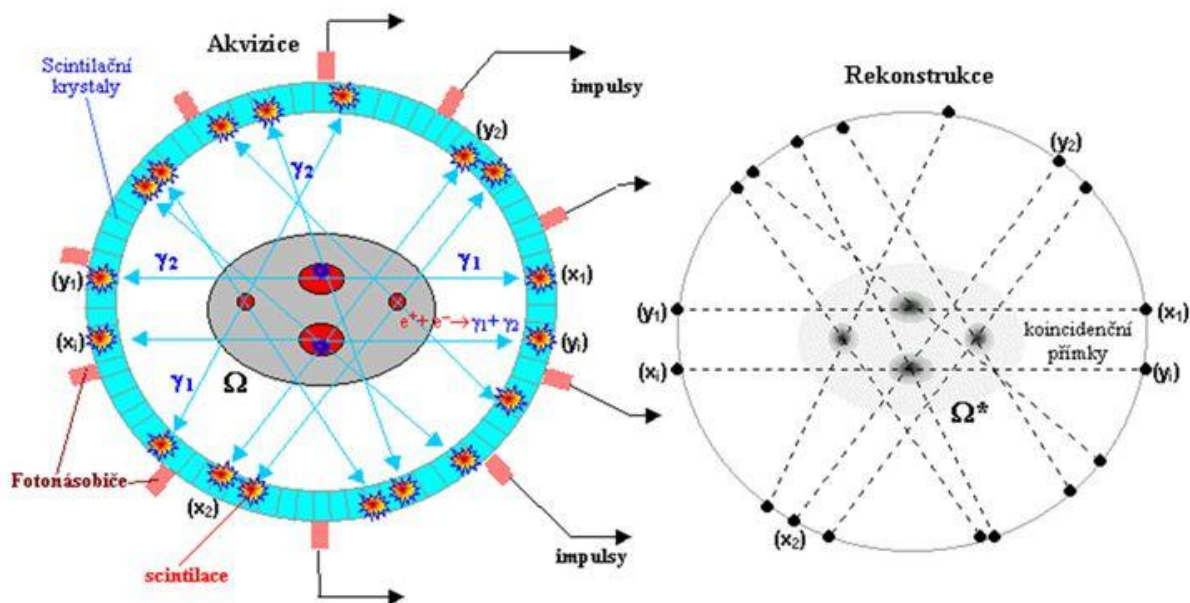
Nejnovější tomografickou metodou, užívanou v ČR od r. 1999, je pozitronová emisní tomografie. Ke vzniku obrazu je nutná aplikace pozitronového radioindikátoru. Pozitronový zářič v místech své distribuce emituje pozitrony (kladné elektrony), které se vzápětí spojují s elektrony okolní hmoty. Jakmile se spojí pozitron s elektronem, mění se za vzniku dvou fotonů gama vylétajících do opačných směrů pod úhlem  $180^\circ$ . **PET je tedy založena na současné detekci dvojic fotonů gama, které jsou emitovány při radioaktivní přeměně pozitronových radionuklidů aplikovaných do organismu.** Následně se počítačovou rekonstrukcí velkého počtu takových dvojic paprsků vytváří trojrozměrný obraz příčného řezu vyšetřované oblasti. Základní částí PET přístroje jsou kruhově uspořádané detektory s desetitisíci krystaly, umístěné v gantry podobném jako u MR přístroje. Vzhledem k poměrně vysoké energii anihilačního záření gama  $511\text{keV}$  se ve scintilačních krystalech místo obvyklého NaI používá materiál BGO nebo LSO s větší hustotou a vyšší detekční účinností v oblasti vyšších energií gama.

Před vyšetřením je do krevního oběhu pacienta podána deoxyglukóza značená fluorem  $^{18}\text{F}$  (FDG). Ta se postupně hromadí ve tkáni. Ložiska vyšší radioaktivity označují struktury, ve kterých je metabolická potřeba glukózy vysoká. Většina nádorových ložisek intenzivně akumuluje FDG, proto je PET vyšetření nejužívanější v nádorové diagnostice.

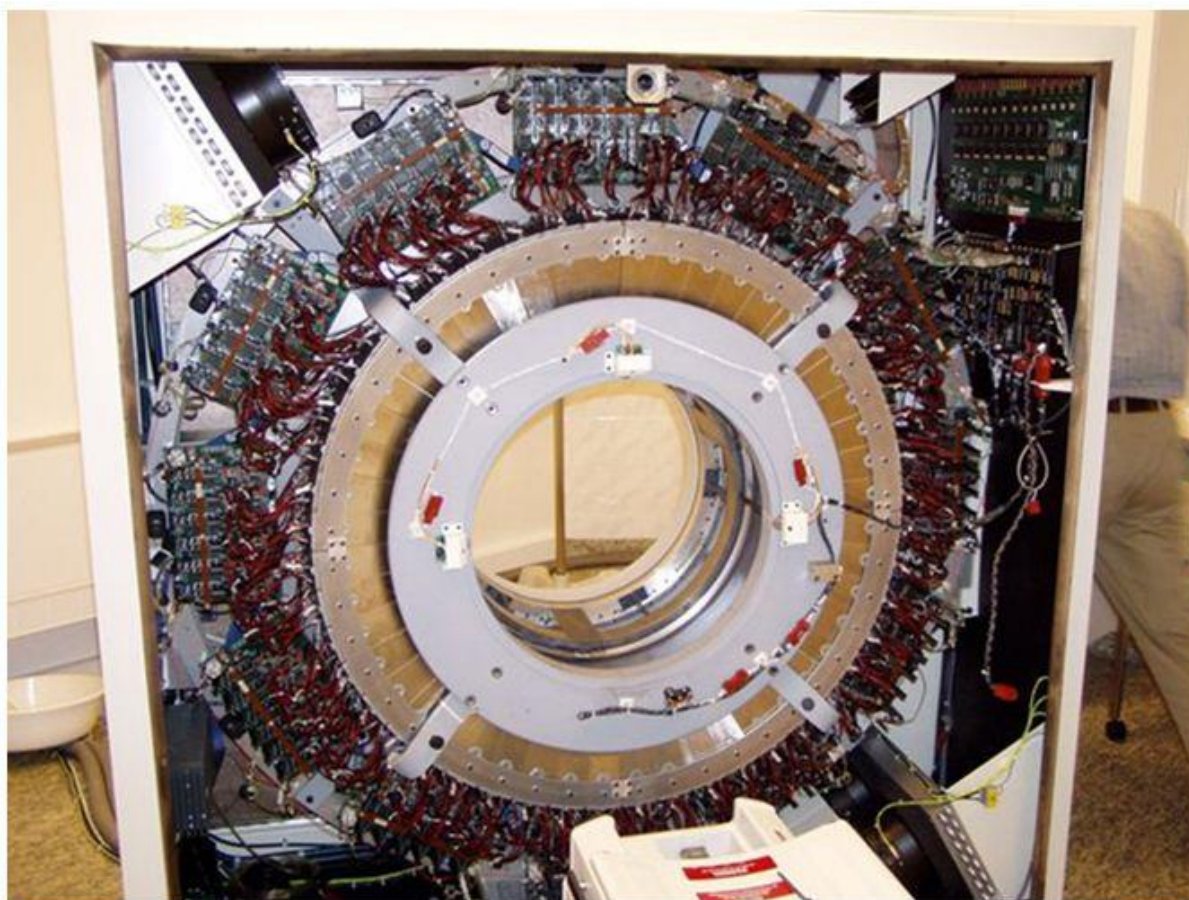
Příprava pacienta na vyšetření je jednoduchá, spočívá pouze v šestihodinovém lačnění a dostatečné hydrataci tekutinami bez příměsí cukrů. Před podáním FDG je pacientovi změřena hladina glykémie, jelikož hyperglykémie snižuje schopnost detekce ložisek pomocí FDG. Během snímání leží pacient nehybně na lůžku, které se posouvá skrz detekční prstenec v gantry přístroje. Celotělové vyšetření trvá asi 30 minut.

Velkou výhodou pozitronových radionuklidů je, že se včleňují do molekul mnoha biologicky aktivních látek bez ovlivnění jejich vlastností. **Pomocí PET tak můžeme sledovat metabolismus fyziologických sloučenin v organismu, koncentraci značené látky v organismu, absolutní hodnoty různých fyziologických parametrů a rozdíly metabolické aktivity v klidu i zátěži.**

Relativní nevýhodou PET jsou vysoké náklady na vytvoření pracoviště, které navyšuje nezbytná přítomnost cyklotronu pro generování pozitronových zářičů.



Obrázek č. 2.25 Princip PET  
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz>



**Obrázek č. 2.26** PET - soustava scintilačních detektorů

Zdroj: <http://www.fjfi.cvut.cz>

### Hybridní systémy

Samotné scintigrafické vyšetření poskytuje informace o funkčním stavu tkání, jejich nevýhodou je omezená možnost anatomické interpretace nálezu, ale i malé prostorové rozlišení.

Nevýhodu chybějící anatomické informace odstraňují hybridní systémy. Jedná se většinou o SPECT/CT, nejnověji PET/CT a PET/MR hybridní systémy. Velice zjednodušeně můžeme říci, že se jedná o dva přístroje v jednom. **Hybridní systém umožňuje v jedné době zhotovit dva typy vyšetření**, což zrychluje i zpřesňuje diagnostiku. Pomocí speciálního software je pak provedena fúze obrazů získaných při SPECT (PET) a CT (MR) vyšetření u pacienta v identické poloze, zajišťující přesné překrývání sobě odpovídajících struktur. Na těchto obrazech jsme schopni detailně určit, ve které anatomické struktuře se patologické ložisko se zvýšenou metabolickou aktivitou nachází. Podáním kontrastní látky intravenózně lze pomocí CT vyšetření doplnit ještě o informaci týkající se cévních struktur, vaskularizace patologického procesu a vztahu patologického ložiska k velkým cévám.

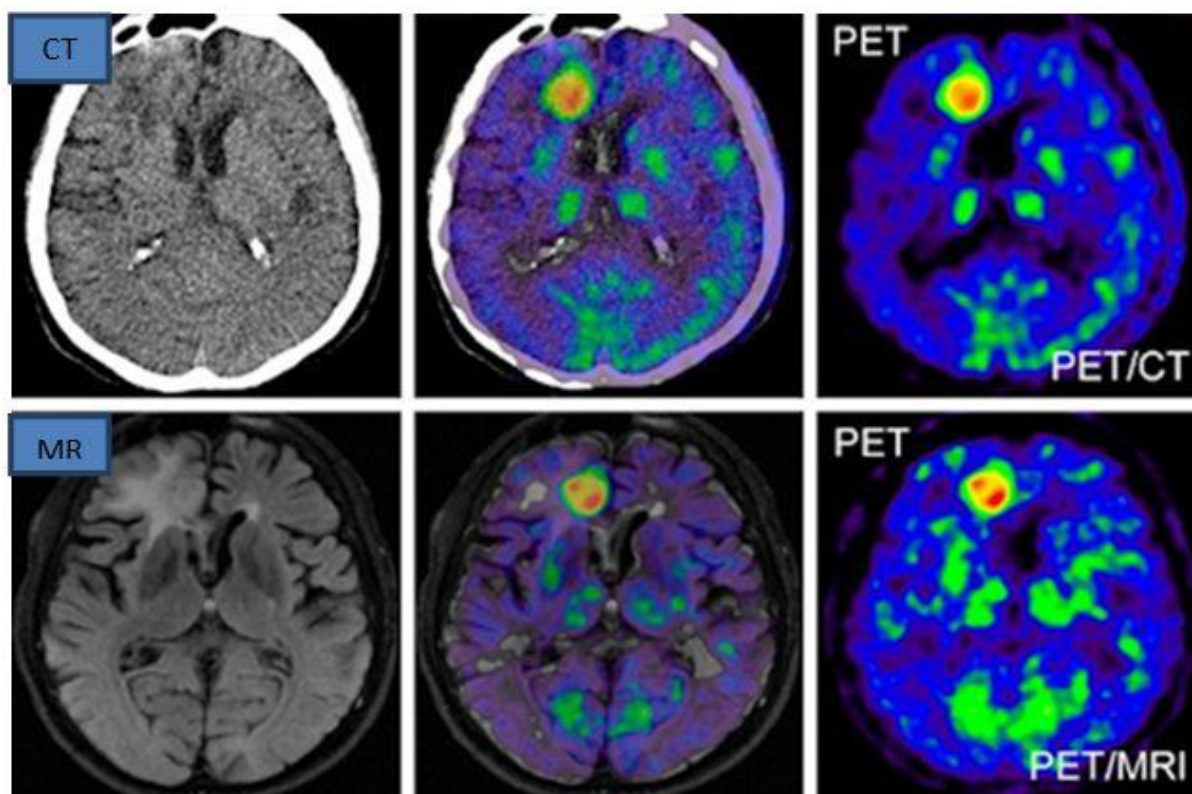
Při hybridním zobrazení PET/CT jsou tak **funkční údaje o metabolismu glukózy doplněny o anatomické a strukturální informace**, které nelze pouze pomocí PET či SPECT získat. **Absolutně nejvyšší podíl PET/CT zobrazení tvoří vyšetření onkologicky nemocných, uplatňuje se však i při diagnostice zánětů, v kardiologii, v neurologii a v psychiatrii.** K základním indikacím PET/CT v onkologické problematice patří vyhledávání nádorů, diferenciální diagnostika maligních a benigních lézí, jejich lokalizace, stanovení rozsahu



postižení s posouzením lymfatických uzlin a vzdálených metastáz, detekce recidivy onemocnění a zhodnocení účinnosti terapie.



**Obrázek č. 2.27** Hybridní PET/CT zařízení  
Zdroj: <http://upload.wikimedia.org>



**Obrázek č. 2.28** Srovnání CT, MR, PET/CT a PET/MR obrazu

Zdroj: <http://www.auntminnieeurope.com>

### 3 Kontrastní látky

Při rentgenovém vyšetření je získáván obraz uspořádání tkání a orgánů v organismu a jeho případné změny vyvolané patologickým procesem. Tento obraz vzniká na základě rozdílné absorpce rentgenového záření v různých tkáních a absorpčním rozdílům jsou přiřazovány určité hodnoty ve stupnici šedi. Jednou z důležitých vlastností takto získaného obrazu je jeho kontrast, což jsou pouhým lidským okem rozpoznatelné rozdíly ve stupnici šedi od zcela bílé až po zcela černou barvu. Tkáně v lidském těle však vykazují jen malé rozdíly v absorpci RTG záření, a proto výsledný kontrast na RTG obraze je jen málo odlišný. Většina tkání lidského těla má podobnou hustotu, tudíž i srovnatelné absorpční koeficienty pro RTG záření. Výjimku tvoří kosti a vzdušné plíce. Malé rozdíly absorpce RTG záření vedou k nízkému kontrastu zobrazení, a tudíž i k obtížnějšímu rozlišení jednotlivých struktur. V některých případech lze přirozené absorpční rozdíly mezi tkáněmi zvýšit a zlepšit tak výsledný kontrast **nativního RTG obrazu** aplikací vhodných kontrastních látek.

**Kontrastní látka je exogenní substance různého skupenství a chemického složení, vpravená do těla za účelem ovlivnění kontrastu výsledného rentgenového obrazu. Kontrastní látky uměle zvyšují kontrast zobrazení tkání tím, že vyvolávají větší rozdíly v absorpci RTG záření vyšetřované tkáně vůči okolí. Ideální kontrastní látka by měla mít dobrou absorpční schopnost při minimální toxicitě. Měla by v těle setrvat pouze po dobu nezbytně nutnou a poté být úplně eliminována z těla. Kontrastní látky můžeme aplikovat do vyšetřovaného orgánu buď přímo (přímá aplikace do trávicí trubice nebo do cév), nebo nepřímo samotným metabolismem (zobrazení struktur v játrech nebo ledvinách).**

### 3.1 Vývoj kontrastních látek

Použití kontrastních látek v rentgenologii je datováno od roku 1896, tedy rok po objevu rentgenového záření. Jako kontrastní látky byly používány např. kovové piliny, rumělka, rtuť a plavená křída. Jednou z nejdéle používaných kontrastních látek pro rentgenové vyšetřování trávicího traktu je vodná suspenze síranu barnatého. Tato kontrastní látka se s určitými modifikacemi používá více než 100 let. Vývoj se však soustředil na hledání dalších kontrastních látek vhodných pro vyšetřování orgánů s přirozeným zevním ústím, jako jsou močový měchýř, močová trubice, píštěle atp. a postupně i pro ostatní orgány. Užívaly se kontrastní látky s vysokým atomovým číslem, zvláště sloučeniny anorganické. Zkoušely se soli vizmutu, stříbra, vodné roztoky bromidu a jodidu sodného nebo draselného a řada dalších látek. Při těchto zkouškách byly objeveny dobré vlastnosti brómu, a zejména jódu jako nositelů kontrastních schopností. Anorganické sloučeniny těchto dvou halogenů však vykazovaly řadu nepříznivých reakcí, proto se vývoj postupně orientoval jiným směrem, a to na klinicky méně nepříznivé organické sloučeniny jódu. První jódové preparáty tohoto druhu byly zavedeny do praxe v roce 1923, po zavedení trijódové kontrastní látky v roce 1950 nastal prudký rozvoj jódových kontrastních látek, a tím i kontrastních zobrazovacích metod. Po roce 1969 se na trhu objevují neionické jódové kontrastní látky, jejichž osmolalita se blíží osmolalitě krve a jsou tudíž nejbezpečnější. Období posledních 30 let je charakterizováno rozvojem kontrastních látek pro vyšetření, která nevyužívají rentgenové záření, jako jsou ultrazvuk a magnetická rezonance.

### 3.2 Rozdělení kontrastních látek

V radiodiagnostice používáme různé druhy kontrastních látek. Můžeme je rozdělit podle cílové tkáně, aplikace, změny absorpčního koeficientu, ionizačních účinků a osmolality.

#### 3.2.1 Rozdělení kontrastních látek podle cílové tkáně

**Do gastrointestinálního traktu** se dostávají baryové i jódové kontrastní látky

**Do extracelulárních tekutin a cév** se dostávají **nefrotropní kontrastní látky**, které jsou vylučovány ledvinami. Tento typ kontrastních látek je velmi vhodný pro RTG diagnostiku urogenitálního traktu. Protože ledvinami protéká asi čtvrtina minutového objemu krve, je jejich vylučování z organismu velice rychlé. Během dvou hodin po podání se u normálně fungujících ledvin vyloučí více než 90 procent podané látky do moči. Obecně můžeme říci, že veškeré kontrastní látky, které jsou v současnosti používány v radiologii, jsou vylučovány z organismu ledvinami, to znamená, že každé vyšetření s použitím kontrastní látky zvyšuje nároky na funkci ledvin. Jedná se především o vodné jódové kontrastní látky, které používáme při angiografii, urografii a kontrastním CT vyšetření. Do této skupiny patří i paramagnetické MR kontrastní látky a ultrazvukové kontrastní látky. Ideální nefrotropní kontrastní látka by měla umožňovat velký kontrast zobrazení, nepoškozovat fyziologické funkce a rychle se vylučovat ledvinami.

**Do hepatocytů včetně žluči se deponují hepatotropní kontrastní látky**, jsou tedy vylučovány játry a žlučí. Dříve se tyto kontrastní látky používaly pro cholangiografii, dnes se už v RTG diagnostice nepoužívají. Svůj význam však znovu našly u superparamagnetických kontrastních látek užívaných v magnetické rezonanci.

### 3.2.2 Rozdělení kontrastních látek podle aplikace

Kontrastní látky můžeme pacientovi aplikovat různými způsoby:

- **Perorální** podání kontrastní látky při vyšetřování gastrointestinálního traktu, zejména jeho horní části (jícen, žaludek, tenké střevo)
- Podání kontrastní látky **per rectum** u vyšetřování dolní části gastrointestinálního traktu (tlusté střevo)
- Podání kontrastní látky **per vaginam** pro vyšetření k průkazu anomálií dělohy a průchodnosti vejcovodů (hysterosalpingografie)
- Aplikaci kontrastních látek **do patologických dutin** pro průkaz píštělí (fistulografie)
- Aplikace kontrastních látek **do preformovaných dutin** u vyšetření kloubních dutin (artrografie)
- Aplikace kontrastní látky **intraarteriálně** při angiografickém vyšetření tepenného řečiště
- Aplikace kontrastních látek **intravenózně** jednak při vyšetření žilního řečiště (flebografie), tak při radiodiagnostických vyšetřeních churogenitálního traktu, CT i MR vyšetření

### 3.2.3 Rozdělení kontrastních látek podle změny absorpčního koeficientu

Kontrastní látky buďto snižují nebo zvyšují absorpci RTG záření. Podle tohoto kritéria dělíme kontrastní látky na kontrastní látky pozitivní a negativní.

**Pozitivní kontrastní látky zvyšují absorpci RTG záření**, na snímku budou tedy světlejší než okolní měkká tkáň. Mezi nejznámější pozitivní kontrastní látky patří **suspenze síranu barnatého a jodové kontrastní látky**.

**Negativní kontrastní látky snižují absorpci RTG záření**, na snímku budou tedy tmavší než okolní tkáň. Negativní kontrastní látky se dělí na plynné a tekuté.

- Do skupiny plyných kontrastních látek patří především **vzduch, kyslík, CO<sub>2</sub> a jiné plyny**. V dřívějších dobách se prováděla vyšetření, při nichž byl vzduch vstříkovan do různých tělních dutin, zejména v neuroradiologii, dnes už tyto metody byly nahrazeny efektnějšími zobrazovacími metodami (CT, MR). V současnosti se tyto plynné kontrastní látky používají většinou při dvojkontrastním vyšetření gastrointestinálního traktu, kdy pozitivní kontrastní látka vytvoří tenký povlak na stěně trávicí trubice, a negativní vyplní a rozepne lumen vyšetřované části trávicí trubice.

- Mezi tekuté negativní kontrastní látky patří **voda a metylcelulóza**, která je nevstřebatelná, má vyšší viskozitu a díky tomu je ideálním materiálem pro dvojkontrastní vyšetření tenkého střeva.

### 3.2.4 Rozdělení kontrastních látek podle ionizačních (disociačních) účinků

Podle ionizačních účinků se kontrastní látky dělí na kontrastní látky ionické a neionické.

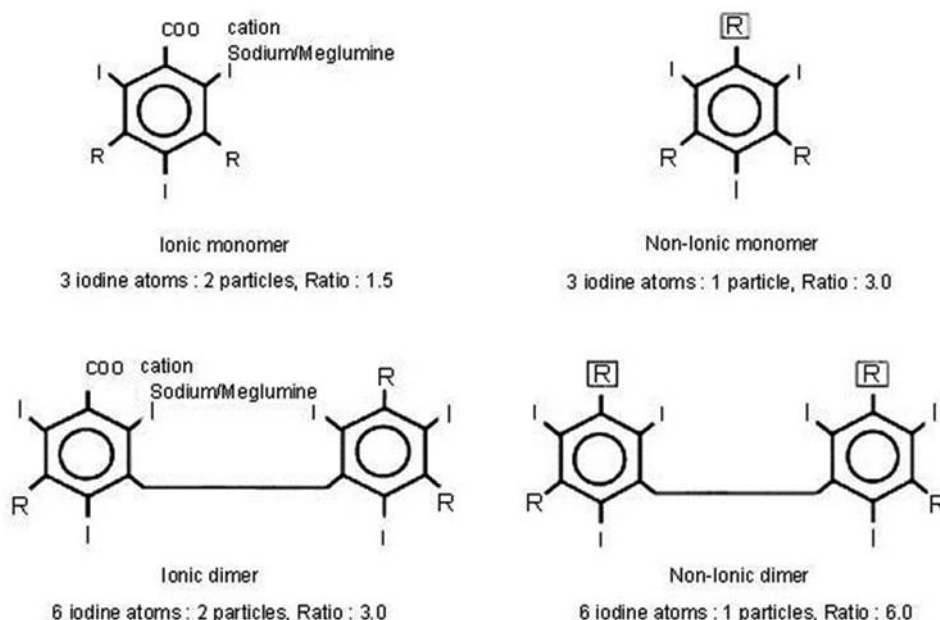
**Ionické kontrastní látky disociují ve vodném roztoku na anionty nesoucí kontrastní jod a kationty**, což vede ke změně základní fyziologické chemické reakce. Rozlišujeme ionické monomery a dimery.

- **Ionické monomery** jsou charakterizované jedním trijodobenzenovým jádrem, které obsahuje jednu karboxylovou skupinu (COONa, COOMeGl), nejužívanější z nich je Telebrix.
- **Ionické dimery** jsou charakterizované dvěma trijodobenzenovými jádry spojené uhlíkovým můstkem, jedna trijodobenzenová skupina nese karboxylovou skupinu.

**Neionické kontrastní látky nedisociují ve vodném roztoku**, jsou proto pacienty lépe tolerovány, nevýhodou je ale vyšší cena. Rozpustnost ve vodě je dána přítomností hydroxylové skupiny (OH). Rozlišujeme opět neionické monomery a dimery.

- **Neionické monomery** jsou charakterizované jedním trijodobenzenovým jádrem nesoucím více než tři hydroxylové skupiny, které jsou bez ionizujících karboxylových skupin. Patří sem většina dnes používaných kontrastních látek (Ultravist, Optiray atp.)

- **Neionické dimery** jsou charakterizované dvěma trijodobenzenovými jádry spojené uhlíkovým můstkem, nesoucími několik hydroxylových skupin, bez ionizující skupiny. Jediným zástupcem na trhu je Visipaque.



**Obrázek č. 3.1** Kategorie kontrastních látek (I – jod, R - hydroxylová skupina, COO – karboxylová skupina)

Zdroj: <http://emedicine.medscape.com>

### 3.2.5 Rozdělení kontrastních látek podle osmolality

**Osmolalita vyjadřuje počet částic rozpuštěných v jednom litru roztoku.** Čím je počet částic v roztoku vyšší, tím je osmolalita vyšší, a vedlejší účinky jsou tudíž častější.

Podle osmolality se kontrastní látky dělí na:

- izoosmolární (280 – 290 mosm/kg) ..... neionické dimery
- nízkoosmolární (600 – 1000 mosm/kg)..... neionické monomery
- hyperosmolární (1500 – 2000 mosm/kg).... ionické monomery

Pokud srovnáme osmolalitu kontrastních látek s osmolalitou krve (290 mosm/kg), je u všech kontrastních látek, s výjimkou neionických dimerů, osmolalita vyšší. S tím je i spojeno vyšší riziko nežádoucích reakcí. Nejvyšší osmolalitu vykazují ionické monomery, nejnižší neionické dimery. Nejméně rizikové je tedy podávání neionických dimerních kontrastních látek. Ty jsou ale nejdražší, proto dnes nejužívanějšími kontrastními látkami jsou neionické monomerní kontrastní látky.

### 3.3 Kontrastní látky pro RTG diagnostiku

Do této kategorie řadíme kontrastní látky používané při skiaskopických, skiagrafických, CT a angiografických vyšetřeních. Pro rentgenovou diagnostiku se používají dva druhy kontrastních látek, a to přípravky obsahující síran barnatý a organické sloučeniny jodu.

#### 3.3.1 Baryové kontrastní látky

**Baryové kontrastní látky slouží k rentgenovému vyšetření gastrointestinálního traktu,** kdy se využívá suspenze síranu barnatého ( $\text{BaSO}_4$ ) o různé koncentraci.

Baryum, které má atomové číslo 137, má vysokou schopnost absorpce RTG záření a dosahuje vysoké kvality zobrazení střevního reliéfu. Síran barnatý obsahuje částice, které nejsou vstřebávány stěnou střevní, proto není toxický a je prakticky nerozpustný ve vodě. Suspenze síranu barnatého je většinou dodávána ve formě prášku, který se před podáním ředí vodou, při vyšetření jícnu se používá baryové pasty. Obsahuje chuťová korigencia, jeho suspenze musí dobře přilnout ke sliznici trávicí trubice, ale nesmí sedimentovat a vločkovat.

#### 3.3.2 Jódové kontrastní látky

Jódové kontrastní látky jsou nejrozšířenější skupinou pozitivních kontrastních látek. Jsou to uměle připravené, dnes již výhradně organické sloučeniny obsahující ve své molekule jeden či více atomů jódu. Tento halogen s atomovým číslem 127 vykazuje vysokou absorpci pro RTG záření a jeho organické sloučeniny jsou relativně dobře dostupné. Jódové kontrastní látky se používají ve formě organických sloučenin, v nichž je jód pevně vázán, většinou v benzenových jádrech cyklických uhlovodíků. Je to především kyselina trijódaminobenzoová, kde jsou na benzenové jádro navázány 3 atomy jódu. Absorpční vlastnosti jódové kontrastní látky determinuje samotný atom jódu, zatímco organická část molekuly ovlivňuje farmakokinetiku látky v organismu, zejména její distribuci. Pro praxi je významné, zda se kontrastní látka rozpouští či nerozpouští v tělních tekutinách. U jódových kontrastních látek známe reprezentanty obou typů:

- Převážná část jódovaných kontrastních látek jsou **ve vodě rozpustné sloučeniny**, liší se navzájem jak počtem atomů jódu v jejich molekule, tak strukturou, na kterou je jód navázán. Využíváme je při **vyšetřování cév a k zobrazování vnitřních orgánů** na výpočetní tomografii a dalších radiodiagnostických vyšetřovacích metodách, zejména při vyšetření urogenitálního traktu. Význam mají i při vyšetřování gastrointestinálního traktu v případě kontraindikace podání síranu barnatého.

- **Ve vodě nerozpustné kontrastní látky jsou reprezentovány jódovanými oleji** na bázi makového oleje. Nejznámějším zástupcem jódových olejů je Lipiodol Ultra Fluid, který

využíváme zejména k **zobrazení lymfatických cév a uzlin** (lymfografie), popřípadě **píštělí** (fistulografie).

### 3.4 Kontrastní látky pro magnetickou rezonanci

Pro doplňující kontrastní vyšetření v MR diagnostice využíváme dvou typů kontrastních látek: Nejčastěji používáme **paramagnetické kontrastní látky**, což jsou ve vodě rozpustné **cheláty obsahující gadolinium**. Tyto preparáty mění magnetické poměry ve svém okolí, což vede ke **zkrácení relaxačního času T1, a tudíž k zesílení signálu této tkáně**. Ta tkáň, ve které se nachází paramagnetická kontrastní látka, je T1 hypersignální, po podání této kontrastní látky se tudíž provádějí T1 vážené sekvence. Použití paramagnetických kontrastních látek je široké a závisí na předpokládané diagnóze. Často se podávají při vyšetření centrální nervové soustavy z důvodu jejich schopnosti pronikat poškozenou hematoencefalickou bariérou, využívají se však i pro diferenciální diagnostiku patologických lézí v kterékoliv tkáni. Další velkou indikační skupinu tvoří angiografická zobrazení renálních tepen, karotid a končetinových tepen. Mezi nejznámější zástupce gadoliniových kontrastních látek patří Magnevist, Omniscan, Dotarem, MultiHance atp.

Druhou skupinou kontrastních látek pro magnetickou rezonanci jsou tzv. **superparamagnetické kontrastní látky**, které jsou na rozdíl od paramagnetických látek látky pevné, a do těla je zavádíme ve formě suspenzí. Obsahují **částice oxidů železa**. Jsou mimořádně účinné a navozují silný signál změny i v těch nejmenších koncentracích. Hlavní efekt těchto kontrastních látek je **ovlivnění T2 relaxačního času**. Tyto T2 vážené kontrastní látky používáme k MR vyšetření jater, sleziny, lymfatických uzlin nebo kostní dřeni.

### 3.5 Kontrastní látky pro ultrasonografii

Kontrastní látky pro ultrasonografii slouží k **zesílení ultrazvukových odrazů** z tepen, srdečních dutin i drobných cév parenchymatózních orgánů. Zesílení se dosahuje přítomností plynových mikrobublin o průměru 2-4  $\mu\text{m}$ , které aplikujeme intravenózně. Tato velikost umožní průnik mikrobublin jak do systémového, tak i do portálního řečiště. Mikrobubliny rezonují s dopadajícím ultrazvukovým vlněním, tím je zvyšován počet odrazů, které jsou detekovány krystalem sondy. Rozhodujícím faktorem pro použití kontrastních látek je jejich délka přetrvání v krevním řečišti, čehož dosáhneme různými stabilizačními směsmi.

Mezi nejznámější kontrastní látku pro ultrasonografii patří přípravek SonoVue, který zlepšuje echogenitu krve a má za následek zlepšení poměru signálu a šumu. Používá se hlavně při echokardiografii a dopplerovském vyšetření při detekci nebo vyloučení abnormalit mozkových tepen a extrakraniálního průběhu karotid nebo periferních tepen. U mikrovaskulatur umožňuje zobrazení cévního zásobení u jaterních a prsních lézí a vede k jejich přesnější charakterizaci. Druhou nejčastější indikací je UZ cystických lézí ledvin a UZ měkkých tkání u revmatologických onemocnění. Během vyšetření se podává kolem 2 ml kontrastní látky při echokardiografickém vyšetření, při vyšetření měkkých tkání u revmatologických onemocnění je možné podat až 5 ml.

### 3.6 Nežádoucí účinky kontrastních látek

Kontrastní látky, stejně tak jako ostatní látky tělu cizí, mohou v lidském organismu působit nežádoucím způsobem. K nejvíce reakcím dochází po podání jodových kontrastních látek.

#### 3.6.1 Nežádoucí účinky baryových kontrastních látek

Po podání baryových kontrastních látek nebývají žádné závažné reakce, většinou se jedná o zažívací potíže, jako jsou průjem, zácpa a křečovitě bolesti břicha.

**Hlavní kontraindikací podání baryové kontrastní látky je podezření na perforaci trávicí trubice a možnost vytékání baryové suspenze mimo trávicí trubici.** Nebezpečné je zatékání především do mediastina a peritoneální dutiny, které může vyvolat mediastinitidu či peritonitidu. V těchto případech aplikujeme vodnou jodovou kontrastní látku.

### 3.6.2 Nežádoucí účinky jodových kontrastních látek

Nežádoucí účinky jodových kontrastních látek mohou být lokální a systémové.

**Mezi lokální komplikace patří zejména bolest v místě aplikace a paravazát při extravaskulárním podání.** Následná léčba závisí na druhu a množství kontrastní látky. U malého množství paravazátu není terapie potřebná, u většího paravazátu se doporučuje studený obklad. Chirurgická léčba je indikována pouze ve výjimečných případech.

**Systémové komplikace** rozdělujeme podle příčiny vzniku na alergoidní a chemotoxické.

- **Při alergoidní reakci dochází k uvolnění histaminu a serotoninu.** Tato reakce může mít být lehká, kdy dochází k mírnému poklesu tlaku, bronchospazmu a erytému kůže, nebo může být těžká, při které nastává hypotenze, tachykardie, bronchospasmus, laryngeální edém, edém plic nebo křeče.

- **Při chemotoxické reakci dochází k přímému ovlivnění určitého orgánu,** např. nefrotoxicita, kardiotoxicita, neurotoxicita. Chemotoxická reakce je přímo úměrná množství podané látky a projevuje se pocitem horka, nauzeou a zvracením. Hlavní zásadou snížení chemotoxicity je použití co nejmenšího množství kontrastní látky a ke snížení nefrotoxicity dostatečná hydratace pacienta před vyšetřením i po něm.

Podle doby vzniku reakce rozlišujeme reakce akutní a pozdní.

**Akutní reakce se objeví záhy po aplikaci kontrastní látky.** Pokud jsou příznaky nevýznamné, stačí zvýšený lékařský dohled. Pokud ale narůstají na intenzitě, je nutná okamžitá léčba, v nejtěžších případech musí být zahájena kardiopulmonální resuscitace. Tyto reakce mohou být:

- lehké (nauzea bez zvracení, bronchospasmus, erytém)
- těžké (laryngeální edém, plicní edém, hypotenze, anafylaktický šok, zástava dechu a oběhu).

**Pozdní reakce vzniká více než jednu hodinu po podání.**

- Nejčastěji se může vyskytnout vyrážka, bolest hlavy, nevolnost, nauzea, průjmy a třesavka.
- **Mezi nejzávažnější pozdní reakce patří kontrastní látkou indukovaná nefropatie.** Je definována jako zvýšení sérového kreatininu o více než 25 % či 44  $\mu\text{mol/l}$  během 48 hodin oproti hladině před podáním jodové kontrastní látky. Její incidence u jedinců s normální hladinou kreatininu je 0-10 %, u nemocných s rizikovými faktory však její incidence stoupá až na 25 %.

**Rizikovými faktory kontrastní nefropatie jsou diabetes mellitus, používání perorálních antidiabetik, dehydratace, kardiální dekompenzace, kumulace kontrastních vyšetření a věk nad 70 let.** Zvýšené riziko kontrastní nefropatie představuje též vysoká osmolalita



kontrastních látek a jejich časté podávání. Proto je výhodné aplikovat neionické kontrastní látky s nízkou osmolalitou a zamezit opakovanému podání jodových kontrastních látek v krátkých intervalech.

### 3.6.3 Nežádoucí účinky MR kontrastních látek

Kontrastní látky pro MR zobrazování jsou obecně považovány za bezpečné, s nízkým rizikem výskytu alergoidních reakcí. I přes to se ale nežádoucí účinky objevují.

- Nejčastěji se jedná o bolesti hlavy a parestézie, teplo nebo chlad v místě aplikace, nevolnost, zvracení, kožní reakce, hypotenze, dušnost, bolesti břicha, svědění, aj.

- **Jedním ze závažných nežádoucích účinků, který se může objevit po aplikaci většiny MR kontrastních látek je nefrogenní systémová fibróza (NSF).** Onemocnění se projevuje ukládáním pojivové tkáně v pokožce, která se tak stává hrubou a tuhou, což občas vede i ke kloubní imobilitě. Mohou se objevit i systémové projevy s postižením vnitřních orgánů, nejčastěji jsou postiženy plíce, játra a svaly srdce

Před aplikací všech gadoliniových kontrastních látek je proto doporučeno provádět laboratorní testy k posouzení funkce ledvin, toto platí absolutně u pacientů starších 65 let. V případě renálního selhávání či u pacientů podstupujících transplantaci jater by měly být použity kontrastní látky méně rizikové a aplikována by měla být co nejnižší dávka. Vyšetření s kontrastní látkou by se nemělo opakovat do 7 dnů. MR kontrastní látka by se měla aplikovat těhotným ženám jen v nejnutnějších případech, kojící matky by po vyšetření měly přerušit kojení na 24 hodin.

### 3.6.4 Nežádoucí účinky ultrazvukových kontrastních látek

Tyto kontrastní látky by neměly být podávány u pacientů mladších 18 let. Nežádoucí účinky na tuto kontrastní látku jsou většinou nezávažné a rychle odezní. Nejčastější hlášené nežádoucí účinky jsou bolest hlavy, bolest a krevní výron v místě aplikace.

### 3.7 Zásady podávání kontrastních látek

**Kontrastní látka může být podávána pouze na pracovišti, které je zabezpečeno léčebnými prostředky pro léčbu nežádoucích reakcí a pro kardiopulmonální resuscitaci.** Personál aplikující kontrastní látky musí být proškolen v léčbě nežádoucích reakcí a kardiopulmonální resuscitaci.

**Kontrastní látky uchováváme při pokojové teplotě, nevystavujeme RTG paprskům a chráníme před světlem. Po otevření lahvičky ji spotřebujeme do 24 hodin.** Vysoce koncentrované přípravky je nutné před vyšetřením ohřát na tělesnou teplotu, protože zahřátá kontrastní látka je z důvodu snížení viskozity lépe snášena. Stabilita kontrastních látek je garantována výrobcem většinou po dobu 3-5let.

**Množství podávané kontrastní látky upravujeme podle hmotnosti pacienta a typu vyšetření. Při renální insuficienci se maximální množství kontrastní látky určuje podle aktuální hladiny kreatininu v krvi.**

Zatímco u MR vyšetření se obvyklé množství podávané paramagnetické kontrastní látky pohybuje okolo 10 ml, při CT a AG vyšetření množství podávané jodové kontrastní látky může dosáhnout i 150 ml. Při aplikaci menšího množství kontrastní látky (RTG, MR, UZ) podáváme kontrastní látku většinou z ruky, **při aplikaci větších množství (CT, AG) používáme tlakovou stříkačku**. Ta umožňuje podávání kontrastní látky stálou zvolenou rychlostí v předem určeném objemu a zajišťuje též její zahřívání. Tlaková stříkačka se skládá ze stojanu, na kterém jsou umístěny držáky pro lahvičky s fyziologickým roztokem a kontrastní látkou, ty jsou systémem hadiček napojeny na pacienta. Nedílnou součástí je ovládací pult, na kterém si nastavujeme množství a rychlost aplikace kontrastní látky. Před spojením hadiček tlakové stříkačky se spojovací hadičkou pacienta je důležité dokonalé odvodušnění k eliminaci možnosti vzniku vzduchové embolie.



**Obrázek č. 3.2** Tlaková stříkačka

Zdroj: <http://www.openpr.com>

Největší množství reakcí způsobují jodové kontrastní látky, zejména kontrastní látky ionické. Proto je důležité znát relativní kontraindikace jejich podávání a zásady, které musíme dodržovat před a po podání jodové kontrastní látky

#### 4 Zobrazování muskuloskeletálního systému

Muskuloskeletální systém je nejrozsáhlejším a nejrozmanitějším systémem lidského těla. Zahrnuje tkáň pojivovou a svalovou. Tři hlavní typy pojiv jsou vazivo, chrupavka a kost.

**Vazivo** je měkké, poddajné, se značným obsahem vody. Je to první pojivo, které se za vývoje vytváří. Plní řadu funkcí, především mechanickou. V lidském těle jsou různé typy vaziva, v zobrazovacích metodách sledujeme pouze vazivo kolagenní a elastické. Kolagenní vazivo vytváří vazy (ligamenta), povázky (fascie) a šlachy (tendinis). Elastické neboli žluté vazivo vytváří některé vazy, z nichž nejznámější je ligamentum flavum v páteřním kanále.

**Chrupavka** je poměrně pevná, pružná a tuhá pojivová tkáň, dá se krájet nožem. Rozlišujeme opět několik druhů chrupavky, pro zobrazovací metody je však nejdůležitější chrupavka hyalinní a vazivová. Hyalinní chrupavka tvoří v embryonální a rané fetální době největší část skeletu, v dospělosti jsou z ní tvořeny chrupavky kloubní. Chrupavka vazivová, která je velmi pevná, je nejdůležitějším materiálem meziobratlových disků, nitrokloubních disků a menisků a vyskytuje se i ve sponě stydké a křížokyčelním kloubu.

**Kost** je bílá, tvrdá a pevná pojivová tkáň, specializovaná pro podpůrnou a ochrannou funkci. Kost se skládá z 1/3 z organické složky (kolagenní vlákna, osteoblasty, osteoklasty, osteocyty) a ze 2/3 z anorganické složky (Na, Mg, F, P, Ca). Povrch kostí je krytý vazivovým obalem, okosticí (periost). Většina kostí se skládá z kostní tkáně hutné (substantia compacta), která je zpravidla na povrchu kosti, a z kostní trámčiny (substantia spongiosa), která je ve vnitru kostí. Zevní část kompakty na dlouhých kostech se nazývá kortikalis. Dlouhé kosti se skládají z diafýzy, proximální a distální epifýzy, přechod mezi diafýzou a epifýzou nazýváme metafýza. Je to metabolicky neaktivnější oblast, ale i časté sídlo zánětů a nádorů. V dlouhých kostech je uložena kostní dřev (medulla ossium), která obsahuje červenou a žlutou krvetvornou složku. Přeměna červené krevní dřevě ve žlutou začíná ihned po narození, nejdéle zůstává dřev aktivní v obratlích a v hrudní kosti.

Místo vzájemného spojení kostí se nazývá **kloub** (articulatio). Styčnými kloubními plochami jsou konkávní jamka kloubní a konvexní hlavice kloubní, obojí pokryté hyalinní chrupavkou. Kloub se skládá z pouzdra (capsula articularis) a dutiny (cavitas articularis). Na kloubním pouzdru rozlišujeme vrstvu zevní vazivovou (membrána fibrosa) a vnitřní (membrána synovialis). Synoviální membrána produkuje do nitra kloubu maz (synovii), vazkou tekutinu, která zvyšuje skluznost styčných ploch a vyživuje jejich chrupavky. Dutina kloubní je za normálních okolností kapilární štěrbinou, která se může rozšířit. Dále se v kloubech vyskytují různé zvláštní útvary, charakteristické pro daný kloub. Jedná se například o rozšíření kloubní jamky u ramenního a kyčelního kloubu (labrum articulare), ploténky vazivové chrupavky vložené mezi kloubní plochy (disci et menisci), zpevňující kloubní vazy (ligamenta) a tíhové váčky (bursae synoviales).

Soubor kostí, kostra (skeleton) spolu s připojenými chrupavkami, kloubními a vazivovými spoji kostí vytváří **pasivní pohybový aparát**.

**Aktivní pohybový aparát** je funkčně spjat se skeletem, tvoří ho soustava svalová, jejímž základem je nervově řízená svalová tkáň příčně pruhovaná. Funkčními složkami aktivního pohybového aparátu jsou svaly (musculi). Většina svalů se ke kosti připojuje šlachami. Důvodem zobrazování svalů je zejména jejich poranění.

#### 4.1 Přehled vyšetřovacích metod

Kost může být postižena patologickým procesem buď jako samostatný orgán nebo se v kostře odrážejí odchylky jiných orgánů či tkání. Proto jsou klinické indikace k vyšetřování kostí a kloubů široké. **Základem kostní rentgenové diagnostiky vždy byl a zůstane nativní rentgenový snímek.** Nízká cena a přijatelná radiační zátěž z něj činí důležitý nástroj kontroly zejména posttraumatických a pooperačních stavů skeletu. V posledních desetiletích

velkého významu dosáhly jiné metody, které mohou zobrazit synovii, chrupavku, vaz, úpony svalů, kostní dřev i okolní měkké tkáně. Jedná se zejména o ultrasonografii a magnetickou rezonanci. Především na radiologovi je, aby navržená vhodná kombinace těchto zobrazovacích metod správně odpověděla na dotazy klinického lékaře. Pro správnou a časnou diagnostiku poruch muskuloskeletálního systému je třeba využívat správný vyšetřovací algoritmus a výsledky zobrazovacích metod srovnávat s klinickými a laboratorními údaji o pacientovi. Při nejasných nálezech a podezření na závažný patologický nález je nutné provést kostní biopsii a histologické vyšetření.

## 4.2 Rentgenové vyšetřovací metody muskuloskeletálního systému

### 4.2.1 Skiografie

Rentgenové snímky jsou základním a prvotním vyšetřením skeletu. **Snímky musí být provedeny přesně ve standardních projekcích, správně nacentrovány a exponovány, aby bylo možné provádět srovnávání v čase.** Většinou se provádí vyšetření ve dvou projekcích na sebe kolmých (předozadní a bočná), při pochybnostech se doplňují ještě cílené projekce. Význam má skiografie zejména v traumatologii, druhou nejčastější indikací jsou degenerativní onemocnění.

**Na rentgenovém snímku pozorujeme kortikalis jako bílý, ostře ohraničený stín, uvnitř je tmavá dřevná dutina.** Spongiózu vidíme nejlépe v epifýzách, optimálně v krčku femuru. Periost není za normálních okolností na RTG snímku vidět. Chrupavku na snímku též neuvidíme, proto se zdá být kloubní štěrbina širší, než je tomu ve skutečnosti. Snímek nás informuje o změnách kostních makrostruktur, především o stupni mineralizace, vzhledu a vzájemném podílu kompakty a spongiozy, o jejich přestavbě, o reakcích periostu, o změnách tvaru a polohy kostí a kloubů.

**Při hodnocení patologických změn na RTG snímku posuzujeme postavení a tvar kostí, vzhled kortikalis, šířku a tvar dřevné dutiny, přítomnost periostální reakce a přilehlé měkké tkáně.**

Patologické změny na skeletu mohou být difuzní, pokud postihují celou kost či skelet (osteoporóza) nebo ložiskové, které nacházíme většinou na jednom místě kosti (zánět, nádor, trauma).

**Osteoporóza znamená úbytek kostní hmoty při zachovalém poměru minerálů k organické hmotě, na RTG snímku je tudíž skelet transparentnější.** Na snímku ji poznáme až při úbytku tkáně o 40-50 %. Nejlépe je rozpoznatelná na hrudní páteři.

**U osteomyelitidy můžeme pozorovat zejména periostální novotvorbu.** První známkou na RTG snímku je zduření měkkých částí v okolí, změny na periostu jsou však prokazatelné až 2 týdny od začátku onemocnění, což je pro časnou diagnostiku osteomyelitidy dlouhá doba.

Diagnostika kostních nádorů je obtížná, na RTG snímcích je často **problematické spolehlivě diferencovat nádorové onemocnění od zánětů.** Nádory kostí rozlišujeme na primární a sekundární (metastatické). Kost reaguje na nádorové bujení destrukcí, méně často proliferací. Kromě histogeneze rozhoduje o typu nádoru též biologická aktivita nádorového růstu. **Pomalou rostoucí procesy mívají ostřejší ohraničení, invazivnější růst se projevuje neostrými obrysy ložiska.** O benigní nebo maligní povaze procesu prozradí mnoho přítomnost a rozsah periostální reakce. Metastázy maligních nádorů se usazují zejména v místech bohatých na kostní dřev, hlavně v lebce, páteři a pánvi. Do skeletu metastazuje zhruba čtvrtina zhoubných nádorů, z toho 90 % do páteře. Nejčastěji jsou to

karcinomy prsu, prostaty, tumory plic a ledvin. Metastázy do skeletu jsou obvykle mnohočetné, nezřídka vedou k patologickým zlomeninám.

Kosti reagují na nadměrnou zátěž různě v závislosti na stupni a trvání zátěže. Okamžité překročení tolerančního prahu vede v kosti k poruše kontinuity, a to buď nalomením (infrakcí) nebo zlomeninou (frakturou). V kloubu je možná luxace nebo subluxace po poškození pouzdra a vazů. **Projevem zlomenin a vymknutí je změna anatomického tvaru nebo vzájemného vztahu kostí.** Kompletní zlomenina postihuje celý obvod kosti, inkompletní jen její část. Tříštivá fraktura se skládá z více než dvou fragmentů, při kompresivní fraktuře pozorujeme snížení výšky obratle nebo kosti, patologická fraktura vzniká v místě nádoru nebo chronického zánětu, únavové fraktury vznikají na základě zátěže či při poruchách struktury kosti např. při osteoporóze. Na RTG snímku hodnotíme tvar a velikost zlomeniny, eventuální posuny fragmentů a přiléhající měkké tkáně. Na kontrolním RTG snímku sledujeme kromě uložení případných hřebů či drátů po operaci též tvorbu fibrózního svalku, postavení fragmentů a případné patologie v měkkých částech.

Zvláštní kapitolou je vyšetření páteře u dětí a dospívajících. Většinou se jedná o **měření stupně skoliózy**. Skolióza znamená vybočení páteře stranou, při níž udáváme směr, kam směřuje jeho konvexita. U některých skolióz nacházíme rotaci obratlových těl proti sobě. Změny ve smyslu skoliózy zhodnotíme na předozadním snímku ve stoje, nejlépe vcelku jednou expozicí na jeden snímek.

Příprava pacienta na skiagrafii není žádná, jedinou kontraindikací provedení je těhotenství, během něhož provádíme RTG vyšetření pouze v nejnútnejších případech. U žen ve fertilním věku provádíme plánovaná RTG vyšetření pouze v prvních 10 dnech menstruačního cyklu, kdy je možnost otěhotnění minimální.



**Obrázek 4.1** skiagram kyčle - stp. TEP (vlevo) a skiagram zápěstí – intraartikulární fraktura radia (vpravo)

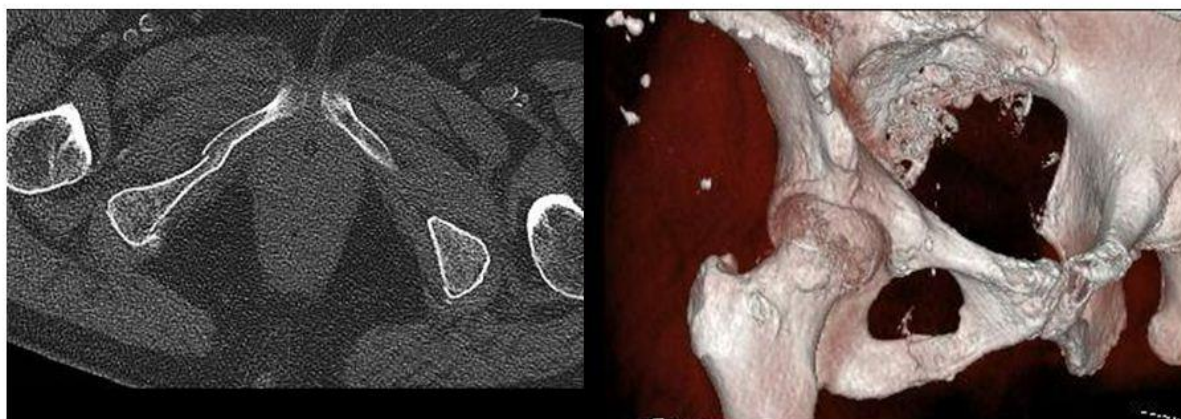
Zdroj: Autor

#### 4.2.2 Artrografie

**Arthrografie je rentgenové vyšetření kloubu využívající nástřik kloubní dutiny kontrastní látkou.** Tato metoda byla hojně používána v minulosti zejména pro vyšetřování kolenních a ramenních kloubů, dnes se již téměř neprovádí, protože ji nahradila magnetická rezonance. Někdy se provádí MR arthrografie, kdy se do kloubu aplikuje gadoliniová kontrastní látka a provede se samotné vyšetření. **Při arthrografii se musí dbát na absolutní sterilitu**, proto je před samotným vyšetřením důležitá dezinfekce kloubu. Poté vyšetřovanou oblast zakryjeme sterilní rouškou a provedeme lokální anestezii v místě vpichu. Po aplikaci kontrastní látky pacient s vyšetřovanou končetinou zacvičí, aby se kontrastní látka rozprostřela v celém kloubu. Následně se zhotovují snímky v různých projekcích z důvodu lepšího zobrazení celé kloubní dutiny a přiléhající oblasti. Hodnotíme stav kloubních ploch, kloubního pouzdra, synovie, vazů a menisků. Příprava na vyšetření je stejná jako u skiografie.

#### 4.2.3 Výpočetní tomografie

**Výpočetní tomografie znázorňuje nejlépe strukturální změny v kortikální kosti, hůře v kostní dřeni a měkkých tkáních.** Její největší přínos je v traumatologii a v diagnostice onemocnění páteře. Při hodnocení pouřazových stavů umožňuje díky úzkým skenovacím vrstvám a 3D rekonstrukcím detailní zobrazení fraktur a zhodnocení celého páteřního kanálu v sagitálních i koronárních rovinách najednou. **Nenahraditelné je CT v zobrazení fraktur prostorově složitých skeletálních komplexů**, jakými jsou base lebni a orbity, páteř, pánev, kyčelní a ramenní kloub a patní kost. U kostních nádorů CT umožňuje zobrazit destrukci kortikální kosti v místech, která se na snímku sumují, a odhalit drobné kalcifikace. Rozlišovací schopnost CT při vyšetřování měkkých tkáních je u CT mnohem nižší než u MR. Příprava na CT muskuloskeletálního systému je stejná jako u skiografie.



**Obrázek č. 4.2** CT vyšetření pánve: Fraktura distálního raménka stydké kosti, vpravo 3D rekonstrukce  
Zdroj: Autor

#### 4.2.4 Angiografie

**Angiografie je doplňující metoda v diferenciální diagnostice nádorových onemocnění skeletu a měkkých částí, zejména nálezem patologické vaskularizace.** Většina angiografických projevů tumorů je nespecifická. Hypervaskularizace je všeobecné zmnožení cév ve srovnání s okolím, neovaskularizace znamená patologické uspořádání cév a změnu

stavby jejich stěny, cévy jsou uspořádány chaoticky. Angiograficky můžeme posoudit šíření tumoru do okolních tkání, výhodné je též posouzení vztahu k okolním cévám.

**Příprava pacienta na angiografické vyšetření spočívá zejména v odebrání alergické anamnézy, dále je nutno zajistit výsledky APTT, QUICK a zjistit hodnoty urey, kreatininu a počet trombocytů.** Před vyšetřením pacient lační 4–6 hodin a omezí přísun tekutin. Pacient musí být důkladně oholen v obou tříselech. Po výkonu je důležité dodržovat pitný režim (2–3 litry tekutin denně) s ohledem na ostatní onemocnění, komprese místa vpichu se ponechává 6 hodin, pacient musí 24 hod po výkonu ležet a neohýbat končetinu v místě vpichu. Ošetřující personál kontroluje místo vpichu a celkový stav pacienta z důvodu prevence možných komplikací.

### 4.3 Ultrasonografie muskuloskeletálního systému

Ultrazvuk se při vyšetření muskuloskeletálního systému používá až v posledních letech. **Pomocí ultrasonografie zobrazujeme především měkké složky pohybového aparátu, jako jsou chrupavky, vazy, šlachy a svaly.** Vazivové struktury jsou hyperechogenní, svaly vykazují střední echogenitu. **Ultrasonografie se využívá v diagnostice poranění vazů a svalů, detekci případné tekutiny v kloubní dutině, k charakterizaci expanzí měkkých tkání.** Poranění svalu, které se vyznačuje hematodem, zobrazíme jako hypoechogenní ložisko s hyperechogenním lemem. **Velký význam má ultrasonografie u screeningového vyšetření kyčelních kloubů u kojenců, které prakticky nahradilo RTG vyšetřování.** Dopplerovské UZ vyšetření používající metodu barevného dopplerovského mapování slouží k diagnostice cévních pseudotumorů a posouzení vaskularizace solidních expanzí.

**Příprava na ultrasonografické vyšetření muskuloskeletálního systému není žádná.**

### 4.4 Magnetická rezonance muskuloskeletálního systému

**Magnetická rezonance je nejpřesnější metodou zobrazování v diagnostice onemocnění kloubů, kostní dřene, a měkkých částí.** Kvalitně zobrazuje chrupavku, menisky, ligamenta a kloubní vazy. Vazy a menisky jsou výrazně hyposignální na všech sekvencích, jejich poškození se projeví zesílením signálu.

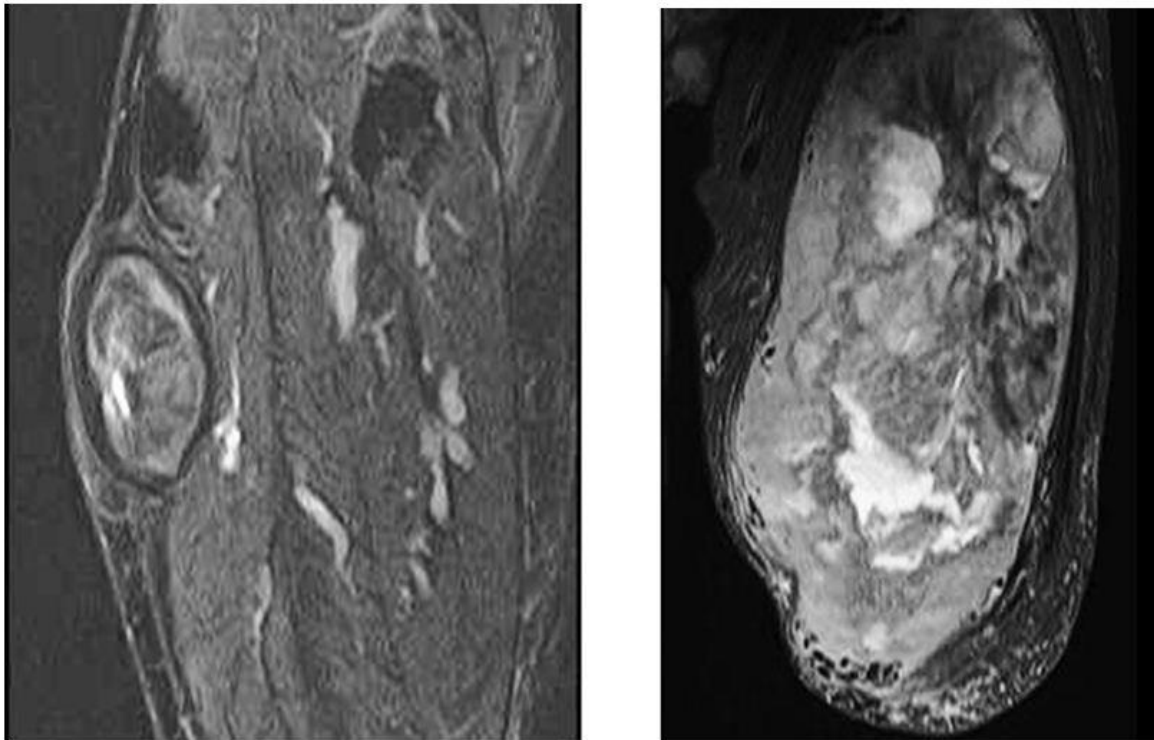
**Většina kloubů se vyšetřuje s použitím speciálních nebo flexibilních cívek. Standardně klouby zobrazujeme ve třech navzájem kolmých rovinách, šířku řezu volíme nejčastěji do 3mm.** Většinou používáme sekvence podle protonové denzity PD s potlačením tuku a bez potlačení tuku a T1 vážené sekvence.

Nejběžnější je vyšetření kolenního kloubu. Nejčastějšími klinickými nálezy jsou poškození menisků nebo vazů, krev nebo zánětlivá tekutina v kloubní dutině a degenerativní změny chrupavky. MR dokáže zobrazit i mikrofraktury a stresové fraktury, na T1 obrazech jsou hyposignální, na T2 hypersignální. Při vyšetření ramenního kloubu MR umožňuje zobrazit labrum glenoidale, úpon a průběh šlachy dlouhé hlavy musculus biceps brachii, zhodnotit stav kloubního pouzdra, kloubní chrupavky a vnitřní i zevní rotátorové manžety. Zobrazujeme však i ostatní klouby, zejména zápěstí, kyčle a sacroileální skloubení. Mezi nejčastější indikace vyšetření těchto kloubů patří morbus Perthes a revmatická postižení.

Velký význam má MR pro zobrazení tumorů vycházejících z kostní dřene, jakými jsou Ewingův sarkom a plazmocytom, a pro posouzení extraoseální propagace těchto nádorů. Specifita MR je však pouze 30 %, proto je často důležité provést co nejrychleji biopsii.

V neposlední řadě slouží MR též k zobrazení poraněných svalů, zánětlivých onemocnění a zobrazení abscesu či tumoru měkkých tkání.

Příprava na MR vyšetření muskuloskeletálního systému není žádná, velkou pozornost však musíme věnovat kontraindikacím MR vyšetření.

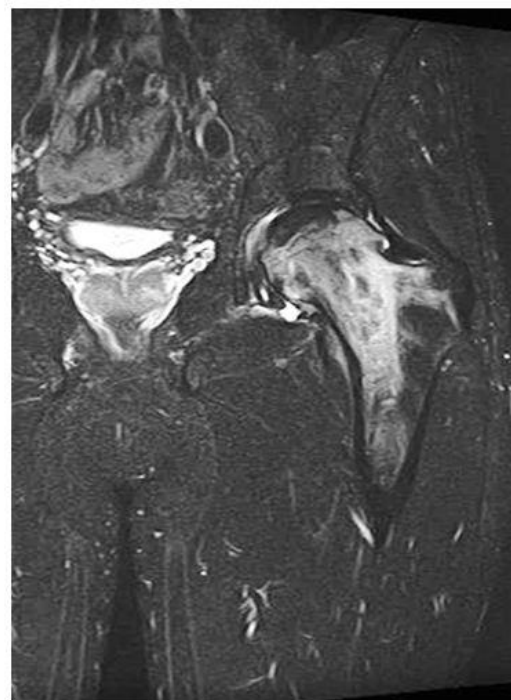


**Obrázek č. 4.3** MR zobrazení: hematom (vlevo) a tumor (vpravo) stehna  
Zdroj: Autor





**Obrázek č. 4.4** MR zobrazení: spondylodiscitis (vlevo) a meta do páteřního kanálu (vpravo)  
Zdroj: Autor



**Obrázek č. 4.5** MR zobrazení: ruptura zadního rohu mediálního menisku (vlevo), edém proximální metaepifyzy stehenní kosti (vpravo)

Zdroj: Autor

## 4.5 Nukleárně medicínské metody zobrazování muskuloskeletálního systému

Nejpoužívanější nukleárně medicínské metody zobrazování muskuloskeletálního systému je scintigrafie skeletu. K detekci podaného radiofarmaka používáme buďto planárního zobrazení nebo tomografické SPECT metody.

Příprava na scintigrafická vyšetření muskuloskeletálního systému není náročná. **Pacient nemusí být nalačno, měl by být však dobře zavodněný.** V anamnéze zjišťujeme zlomeniny, úrazy, operace, radioterapii a užívání léků, které mohou ovlivnit hromadění osteotropního radiofarmaka v kostech. Jelikož se radiofarmakum vylučuje močí, pacient **se před vyšetřením dokonale vymočí a po vyšetření by měl zvýšit příjem tekutin a častěji močit**, aby se snížila radiační zátěž močového měchýře.

### 4.5.1 Scintigrafie skeletu

**Scintigrafie skeletu je nukleárně medicínská metoda zobrazování distribuce určitého radiofarmaka ve skeletu.** Pacientovi je nejprve aplikováno radiofarmakum do žíly, vyšetření se provádí za 2–3 hodiny po podání látky. Nejpoužívanějším radiofarmakem pro zobrazení skeletu je methylen difosfonát značený  $^{99m}\text{Tc}$ . Snímání se provádí nejčastěji vleže na zádech po dobu 30–45 minut, kdy musí pacient v klidu ležet. Jelikož se při vyšetření snímá celé tělo, **scintigrafie kostí podává informaci o změně aktivitě v celém skeletu najednou**, což je značná výhoda. Změněná metabolická aktivita v kostním systému pomáhá odhalit patologické léze. **Patologické změny ve skeletu se projevují většinou zvýšenou akumulací radiofarmaka.**

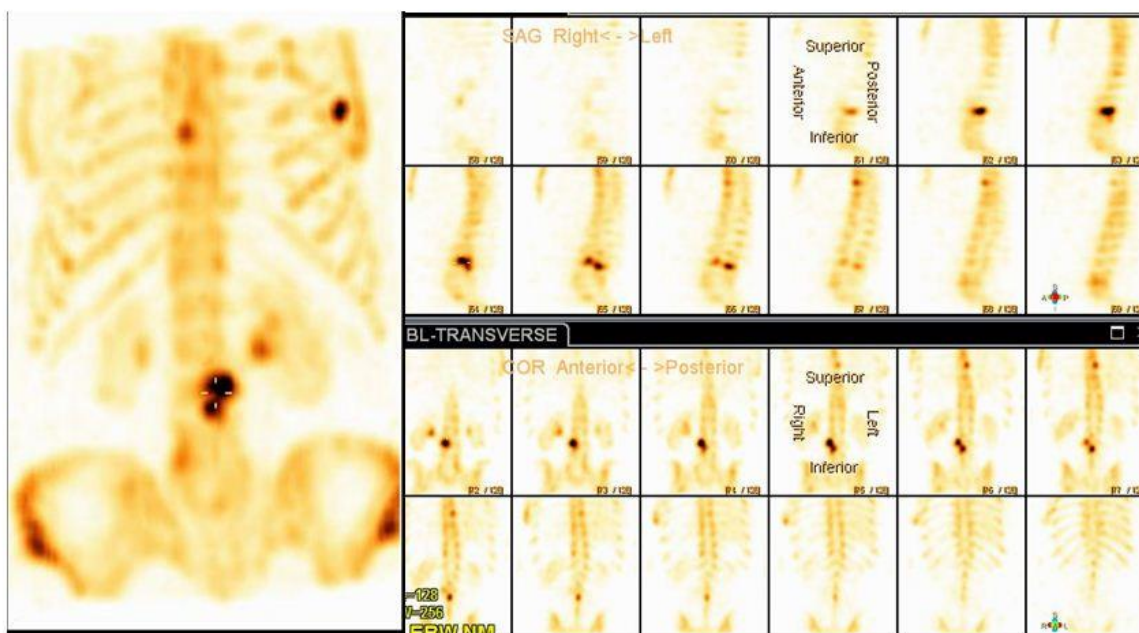
**Kostní scintigrafie je schopna odhalit patologické procesy rychleji, než ostatní zobrazovací metody**, což má význam zejména v časně detekci metastáz do kostí. Ty se mohou na skiagramu prokázat často až za několik měsíců po jejich vzniku. Do kostí nejčastěji metastazují karcinomy prostaty, prsu, plic, ledvin a močového měchýře.

Ložisko osteomyelitidy se na scintigramu prokáže zvýšenou kumulací radiofarmaka často již druhý den po zjištění otoku v postiženém místě, zatímco na skiagramu se léze zobrazí mnohdy až po 14 dnech.

U fraktur se 3–5 dní po úrazu prokazuje zvýšená kumulace radiofarmaka v místě léze, což je známka počínajícího hojení. Tuto vlastnost využíváme u selhání skiografie, například u zlomenin os lunatum, os naviculare, žeber a lebky. Hojení některých zlomenin, zejména infrací, nemusí být jinou metodou prokazatelné. Taktéž je scintigrafie výhodná při rozpoznání stresových fraktur či zobrazení drobných hojících se fraktur při syndromu týraného dítěte.

Scintigrafie kostí je funkční metoda, zachycující časně metabolické změny v kostní tkáni, **není však schopna rozlišit jejich původ, je tudíž málo specifická.** Změněnou aktivitu může vykazovat mnoho onemocnění, jakými jsou např. nádory, metastázy, subdurální hematomy, mozkové krvácení, ložiska infarktu myokardu, kostní traumata, osteomyelitida, artritida, zánětlivé postižení měkkých tkání.

**Proto musíme vždy zjištěné nálezy na kostní scintigrafii porovnávat s ostatními zobrazovacími metodami (RTG, CT, MR) a klinickými nálezy.**



**Obrázek č. 4.6** Scintigrafie kostí: vícečetné metastázy v obratlích a žebrech

Zdroj: Autor

## 5 Zobrazování hrudníku

Nejdůležitějšími orgány hrudní dutiny jsou plíce a srdce. Od dutiny břišní je dutina hrudní oddělená bránicí. Plíce jsou uloženy ve dvou pleurálních dutinách, pravá v pravé pleurální dutině (cavitas pleuralis dextra) a levá v levé pleurální dutině (cavitas pleuralis sinistra). Mezi pravou a **levou** pleurální dutinou se nachází mezihrudí (mediastinum), které sahá od sternu až k páteři. Jsou v něm uloženy průdušnice (trachea), jícn (oesophagus), srdce (cor), velké cévy ze srdce vystupující a do srdce vstupující, další cévy a nervy a brzlík (thymus).

Na **plíci** rozeznáváme dolní úsek plíce, stýkající se s bránicí (basis pulmonis), stopku plicní (radix pulmonis), což je soubor bronchů a cév vstupujících uprostřed mediální plochy do plíce v místě zvaném hilus pulmonis a hrot plicní (apex pulmonis). Obě plíce jsou rozdělené na laloky plicní (lobi pulmonis), na pravé plíci tři a na levé plíci dva laloky. Laloky jsou dále členěny do menších úseků plicních tkání, bronchopulmonálních segmentů.

**Srdce** je uloženo v mediastinu, v obalu zvaném osrdečník (pericardium). Na stěně srdce rozeznáváme tři vrstvy. Vnitřní výstelku srdce tvoří nitroblána srdeční (endokard), střední část je svalovina srdeční (myokard) a vnější část tvoří vazivový obal (epikard). Podélnou přepážkou je srdce rozděleno na pravou a levou polovinu, obě poloviny jsou ještě rozděleny na tenkostěnnou horní předsíň a silnostěnnou spodní komoru. Mezi pravou předsíní a komorou je chlopeň trojcípá (valvula tricuspidalis) a mezi levou komorou a předsíní je chlopeň dvojcípá (valvula bicuspidalis). V kraniální části srdce, basi srdeční, jsou uloženy předsíň srdeční a vstupují zde velké žíly a vystupuje aorta a plicnice. Hrot srdeční (apex cordis) je na komorové části srdce.

V oblasti hrudníku se nachází **mléčná žláza**, největší kožní žláza, která podmiňuje vyvýšení zvané prs (mamma). Na vrcholku prsu je dvorec (areola mammae), uprostřed dvorce je prsní bradavka (papilla mammae). Na hrotu papily ústí mlékovod (ductus lactiferi). Uvnitř prsu je těleso žlázy (corpus mammae).

## 5.1 Prostý snímek hrudníku

**Prostý snímek hrudníku je vyšetřením první volby.** Provádí se při podezření na kardiopulmonální patologii, při předoperačních vyšetřeních a v rámci screeningu osob na rizikových pracovištích. Z nativního snímku získáme množství informací o kardiopulmonálním systému, strukturách mediastina, o velkých cévách, pleurální dutině a též i o skeletu.

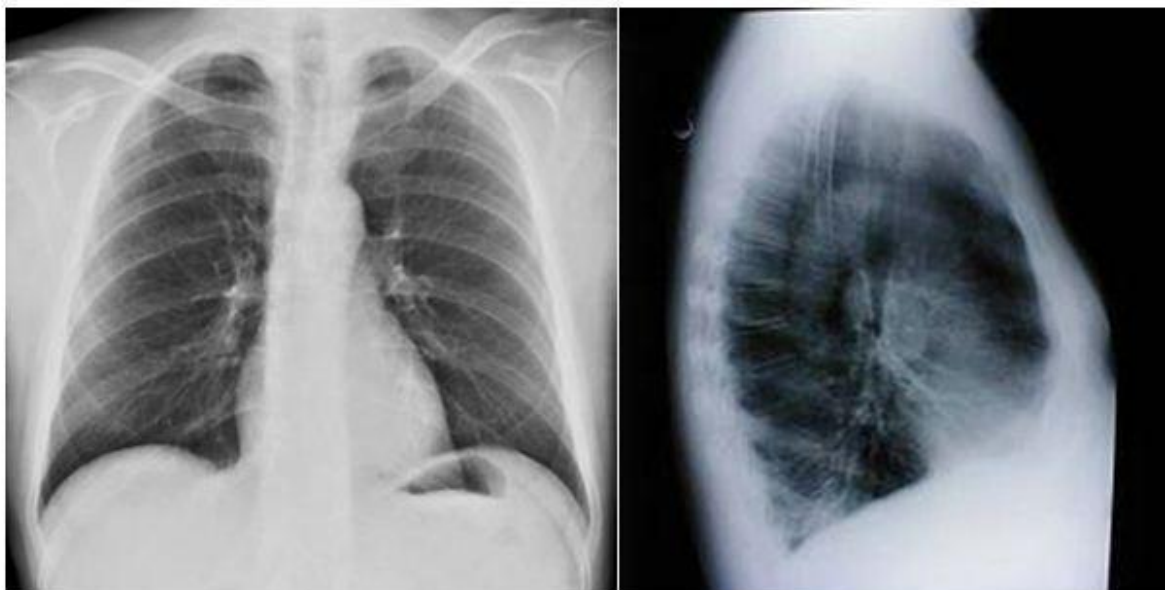
Základní je projekce zadopřední, při nejasnostech se doplňuje ještě projekce bočná. **Standardně se snímek provádí vestoje u vertigrafu v hlubokém nádechu, u pacientů nespolupracujících se snímek provádí vleže.** Většina RTG pracovišť má pojízdný RTG přístroj, takže lze snímek provést i u lůžka pacienta, což má význam zejména u vyšetření pacientů na odděleních ARO a JIP. Při poloze vleže dochází ke zvětšení srdečního stínu, vyššímu postavení bránice a zhoršení diagnostiky volné tekutiny. Kvalita pořízených snímků je menší než na skiagrafických pracovištích, při pořizování snímku na lůžku musíme též dbát na pravidla radiační ochrany.

**Na snímku by měly být vidět jak hroty plic, které se promítají kraniálně od klíčních kostí, tak i base plic, což jsou oblasti nad bránicí.** Při hodnocení snímků se soustředíme na transparenční plic, zobrazení hilů, plicní kresby, bránice a bráničních úhlů, srdce a mediastina a též i skeletu.

**Projasnění (na snímku tmavá barva) vzniká zvýšenou vzdušností plice, zastínění (na snímku světlá barva) nevzdušností plice.** Na RTG snímku lze zobrazit pneumotorax, pneumónii, atelektázu, výpotek, bronchogenní karcinom, metastázy do plic, abscesy, plicní tuberkulózu. Základním obrazem volné pleurální tekutiny je zastínění, může být pouze v kostofrenickém úhlu, při větším množství může být zastínění ještě větší. Při diagnostice pneumotoraxu, který vzniká nejčastěji v souvislosti s úrazy hrudníku, popisujeme na snímku projasnění mezi hrudní stěnou a plící. Je třeba po něm cíleně pátrat zejména při frakturách žeber. Na snímcích lze pozorovat i známky srdečního selhání. Sledujeme rozšíření srdce celého nebo některých oddílů, známky městnání v malém oběhu, edém plic či pleurální tekutinu. Přítomnost perikardiální tekutiny lze na snímku prokázat až při jejím velkém množství.

Velikost srdce hodnotíme pomocí kardiotorakálního indexu, což je poměr šířky srdce a průměru hrudníku. Srdeční stín je rozšířen, pokud tento index přesahuje 1:2. Rozšíření mediastina může být způsobeno množstvím mediastinálního tuku nebo patologickými procesy, jakými jsou zvětšené uzliny, tumory, aneuryzmata, krvácení.

**Příprava ke skiagrafickému vyšetření hrudníku není žádná.**



**Obrázek č. 5.1** Skiagram hrudníku ve stoje: zadopřední projekce (vlevo) a bočná projekce (vpravo)

Zdroj: Autor

## 5.2 Skiaskopie hrudníku

Skiaskopie hrudníku je dnes používána pouze výjimečně. Je to zejména z důvodu vyšší radiační zátěže pro pacienta ve srovnání s prostým snímkem hrudníku. **Sloužila zejména ke sledování dynamiky pohybu bránice nebo k přesnější lokalizaci léze, zda je umístěna v plicí či žeburu.** Vhodným natáčením pacienta totiž můžeme zachytit nalezenou lézi v nevhodnější projekci bez překrývání se stíny žebereb nebo jiných struktur. Dnes lze pohyb bránice vyšetřit ultrasonograficky a k zobrazení lézí v hrudníku slouží jiné přesnější metody, zejména CT a MR.

**Příprava ke skiaskopickému vyšetření hrudníku není žádná.**

## 5.3 Ultrasonografie hrudníku

Základní limitací ultrasonografie hrudníku je skelet a také vzduch v plicním parenchymu, výjimku tvoří ultrasonografie prsů. Orgány hrudníku vyšetřujeme u dospělých pacientů zejména přes mezižebří prostory, možný je i přístup supraklavikulární, transdiafragmatický a u dětí transsternální a parasternální. Používáme sondu o frekvenci většinou 3,5 – 7,5 MHz, u vyšetření prsu 10 MHz.

**Příprava k ultrazvukovému vyšetření hrudníku není žádná.**

Pomocí ultrazvuku není možné zobrazit změny ve vzduchem vyplněné plicní tkáni, pokud je však vzdušný plicní parenchym nahrazen měkkou tkání nebo tekutinou, je tato metoda velmi přínosná. **Ultrasonografii používáme pro zobrazení prsou, hrudní stěny a patologie pleury, plicního parenchymu, bránice a podbráničních prostor, posouzení pohyblivosti bránice a u dětí i k zobrazení mediastina.** Ultrazvuk zobrazí expanze hrudní stěny, jakými jsou hematomy, abscesy, benigní a maligní tumory. Dokáže posoudit strukturu a ohraničení léze, prorůstání do hrudní stěny a její vaskularizaci. Umožňuje odlišit tekutinu od solidního tumoru, používá se též **při sledování výpotků či při jejich cílených punkcích a**

**drenážích**, dalšími indikacemi je zobrazení oblasti horní hrudní apertury, zejména retrosternální strupy, **zobrazení cév a uzlin** v této oblasti a u dětí i zhodnocení brzlíku, což má význam v odlišení thymu od jiných expanzí mediastina. **Největší indikační skupinou ultrasonografie hrudníku je zobrazení srdce**, tato metoda se nazývá echokardiografie.

### 5.3.1 Echokardiografie

**Echokardiografie je ultrazvuková vyšetřovací metoda v diagnostice srdečních chorob.** Vyšetření provádíme většinou pomocí duplexní sondy, kterou vedeme většinou přes mezižebří nebo subkostálně. V poslední době se stále častěji používá i transezofageálního přístupu, potom hovoříme o **jícnovém echokardiografickém vyšetření**. Při tomto vyšetření zavádíme pacientovi do jícnu ultrazvukovou sondu, potřenou znečitlivujícím gelem, na jejímž konci je vlastní čidlo. Tato metoda umožňuje podrobnější vyšetření srdce, než je tomu při vyšetření přes hrudník, zejména u pacientů obézních a s plicním onemocněním.

**Dynamické zobrazení B slouží k zobrazení dutin srdce a velkých cév, tyto struktury můžeme pozorovat jako anechogenní oblasti, na obrazovce jsou tudíž tmavé.**

**Pro zjištění rychlosti, směru a linearitu toku krve v srdečních dutinách a velkých cévách se využívá Dopplerovské techniky.** Směr proudění krve, rychlost krve a turbulence lze dobře zobrazit barevným zobrazováním. Oblast maximální rychlosti směřující k sondě je zobrazena červeně, směrem od sondy modře, turbulentní oblast charakterizuje směs všech barev.

**Echokardiografie poskytuje morfologické i funkční informace o velikosti srdečních dutin, šířce myokardu, stavu chlopní, perikardu a též slouží k zobrazení případných expanzí.** Dovede zobrazit průřezy pulsujícím srdcem v řadě rovin, což vede k získání dokonalé představy o velikosti srdečních dutin, o anatomii a funkci nitrosrdečních struktur, endokardu, myokardu i perikardu. Umožní diagnostikovat hypertrofii srdeční svaloviny v oblasti stěny i srdečního septa, zobrazit defekty síňové nebo komorové přepážky, anomálie úponu chlopní, stenózy chlopní, tromby, endokarditické vegetace a myxomy v srdečních dutinách, objasnit příčinu nedomykavosti chlopní. Nemalou roli hraje echokardiografie i v diagnostice komplikací infarktu myokardu, ruptury chlopní či srdeční tamponády. V současné době se provádí též echokardiografické vyšetření s podáním speciální kontrastní látky pro průkaz zkratových vad a ke zvýraznění dopplerovských signálů v oblasti pravostranných srdečních oddílů.

**K průkazu nedokrvení srdečního svalu se provádí zátěžové echokardiografické vyšetření**, při němž se do žíly podává farmakum, které buď výrazně zrychluje tepovou frekvenci (dobutamin), nebo jiná látka, která výrazně rozšiřuje cévy.

### 5.3.2 Ultrasonografie prsů

**Ultrasonografie prsů je metodou první volby u mladých, těhotných a kojících žen, u kterých vzniklo na základě klinického vyšetření podezření na patologii v prsu.** U žen nad 40 let věku se ultrasonografie prsů indikuje většinou až na základě mamografického vyšetření. Z diagnostického hlediska je nejlepší kombinace ultrasonografie a mamografického vyšetření.

**Ultrazvuk je suverénní metodou pro diagnostiku cyst**, pro posouzení přítomnosti uzlin a také je přínosný u vyšetřování hutného juvenilního typu mléčné žlázy. Jeho výhodou je nepřítomnost ionizujícího záření, příznivá cena a snadná opakovatelnost, **nevýhodou je menší záchyt malých lézí a nemožnost zobrazit mikrokalcifikace**, často jediný projev malého karcinomu. Proto není ultrasonografie vhodná pro screening.

## 5.4 Angiografie hrudníku

Angiografické metody ve vyšetřování hrudníku se vyvíjely od 30. let 20. století po nástupu organických jodových kontrastních látek. V následujících letech nastal obrovský rozmach kardiografických vyšetření, který byl podmíněn rozvojem kardiochirurgie u vrozených a získaných srdečních vad a u ischemické choroby srdeční. Vyvíjejí se nové, bezpečnější kontrastní látky, speciální katetry i speciální techniky. Tento vývoj neustává i dnes, a i když angiografie už přestala být metodou volby při vyšetřeních srdce a plic, je základním prostředkem pro navazující endovaskulární léčbu. Na angiografických vyšetřeních se kromě kardiochirurgů, radiologů a radiologických asistentů podílejí i zdravotní sestry. Mezi nejčastější angiografické metody v oblasti hrudníku patří plicní angiografie, hrudní aortografie a kardioangiografie.

### 5.4.1 Plicní angiografie

**Plicní angiografie je jedním z vyšetření, kterým můžeme diagnostikovat plicní embolii.** Katetr zavádíme cestou pánevních žil a dolní duté žíly, výhodnější je avšak přístup z loketní jamky přes vena basilica, jelikož v pánevních žilách mohla embolizace vzniknout. Před vstříkem do plicnice musíme změřit tlak v plicnici a v pravé komoře, to opakujeme i po vstříku kontrastní látky. Měření tlaku je důležité, protože při výrazné plicní hypertenzi by mohl být pacient ohrožen na životě akutním cor pulmonale. Každou plicnici nastříkujeme zvlášť. Během vstříku kontrastní látky pomocí tlakové stříkačky provádíme po několik sekund snímání ve dvou navzájem kolmých rovinách. **Emboly v plicnici se projeví jako různé rozsáhlé a různé četné defekty v náplni plicního arteriálního řečiště.** Jiným projevem embolizace jsou totální uzávěry větví, při kterých kontrastní náplň zcela nebo zčásti chybí. Nejmenší odhalené tromby měří asi 2 mm.

### 5.4.2 Hrudní aortografie

**Hrudní aortografii používáme k zobrazení aorty a z ní odstupujících větví zásobujících mozek a horní končetiny.** Slouží pro **diagnostiku rozsahu sklerotického poškození aorty a z ní odstupujících větví**, velkou roli hraje **diagnostika poranění, aneurysmatu či disekce aorty**, což má zásadní význam při předoperačním vyšetření. Při hrudní aortografii zavádíme katetr většinou cestou femorální tepny, lze však postupovat i přes axilární, brachiální či radiální tepnu. Snímáme v různých projekcích po několik sekund. Při vyšetření můžeme snadno změřit rozsah stenózy, velikost aneurysmatu a zobrazit disekovanou stěnu aorty, která se zobrazí jako nekontrastní pruhovitý defekt v kontrastní náplni aorty.

### 5.4.3 Kardioangiografie

**Kardioangiografie je radiologická metoda, při které zobrazujeme anatomii a funkci srdečních dutin a cév. Pomocí kardioangiografie zobrazíme lumen dutin a velkých cév, chlopenní aparát srdce, vnitřní povrch dutin a mezisíňovou a mezikomorovou přepážku.** Kontrastní látku vstříkujeme katetrem zavedeným obvykle přímo do některé srdeční dutiny, nejčastěji do levé komory srdeční a sledujeme postup kontrastní látky srdečními dutinami a velkými cévami za normálních i patologických okolností. Kardioangiografie nám poskytuje cenné kvantitativní informace nejen o morfologii srdečních

duť, ale i o funkci srdeční svaloviny a chlopenního aparátu. Dnes je toto vyšetření indikováno nejčastěji pro předoperační posouzení vrozených srdečních vad u dětí. **Selektivně se dají vyšetřit i věnčité tepny srdce, potom mluvíme o tzv. koronarografii.**

## 5.5 CT hrudníku

**Výpočetní tomografie se v posledních letech stala nejdůležitější zobrazovací metodou v diagnostice onemocnění plic, mediastina, pleury, bránice i hrudní stěny.** CT vyšetření se provádí z různých důvodů, zejména pro zpřesnění nálezu na RTG snímku. **Hlavními indikacemi pro CT** vyšetření hrudníku jsou patologické nálezy na RTG snímku, mezi něž patří zejména **zpřesnění nálezu solitárního plicního uzlu, rozšíření mediastina, tumory plic a mediastina, pleurální změny.** Neméně významnými indikacemi jsou **detekce metastáz do plic, podezření na embolizaci do plic, disekci a aneurysma aorty.** CT je však také často využíváno pro cílené **biopsie nitrohrudní léze či drenáže kolekce tekutin.** Velkou indikační skupinou jsou CT **vyšetření srdce.**

**Příprava na CT vyšetření hrudníku spočívá v dostatečně dlouhém lačnění a odebrání alergické anamnézy z důvodu podání kontrastní látky.** Výjimku tvoří HRCT, kdy není příprava nutná, jelikož se jedná pouze o nativní vyšetření.

### 5.5.1 Spirální CT hrudníku

**Při spirálním CT se pacient vyšetřuje většinou nativně (bez podání kontrastní látky) a následně s dynamickým intravenózním podáním kontrastní látky.** Při skenování pacient zadrží dech v inspiriu. Při podání kontrastní látky můžeme spolehlivěji odlišit cévy od jiných struktur v mediastinu a v hilech. Spirální CT používáme zejména v diagnostice abscesu při bronchopneumonii, zobrazení plicní tuberkulózy a emfyzému, pleurální tekutiny a odhalení i malého pneumotoraxu. Dobře zobrazíme i bronchogenní karcinom, metastázy do plic, hilových a mediastinálních uzlin, prorůstání bronchogenního tumoru do mediastina a hrudní stěny. Při lymfomu zobrazí CT zvětšené uzliny, dokáže zobrazit i drobné metastázy, které na prostých snímcích nejsou patrné. Téměř vždy se spirální CT hrudníku provádí při polytraumatech jako součást vyšetření. Při úrazech hrudníku musíme vyloučit zejména pneumotorax, kontuzi plic, rupturu bránice a poranění aorty a srdce.

### 5.5.2 CT s vysokým rozlišením – HRCT

Při technice HRCT zhotovujeme 1 mm tenké řezy plicní tkáně, mezi kterými jsou mezery 1–2 cm. Skenování každé vrstvy probíhá zvlášť, pacient při každé vrstvě zadrží dech v inspiriu. HRCT využíváme zejména v diagnostice difuzních intersticiálních plicních onemocnění, bronchiektázií a emfyzému. HRCT vyšetření bývá indikováno u pacientů se sníženou imunitou (pacienti po transplantacích, s leukémií, AIDS), kde předpokládáme přítomnost zánětlivé infiltrace. HRCT je indikováno při podezření na mykózu, plicní fibrózu, pneumokoniózu, silikózu, azbestózu a sarkoidózu.





**Obrázek č. 5.2** Spirální CT (vlevo) a HRCT hrudníku (vpravo)

Zdroj: Autor

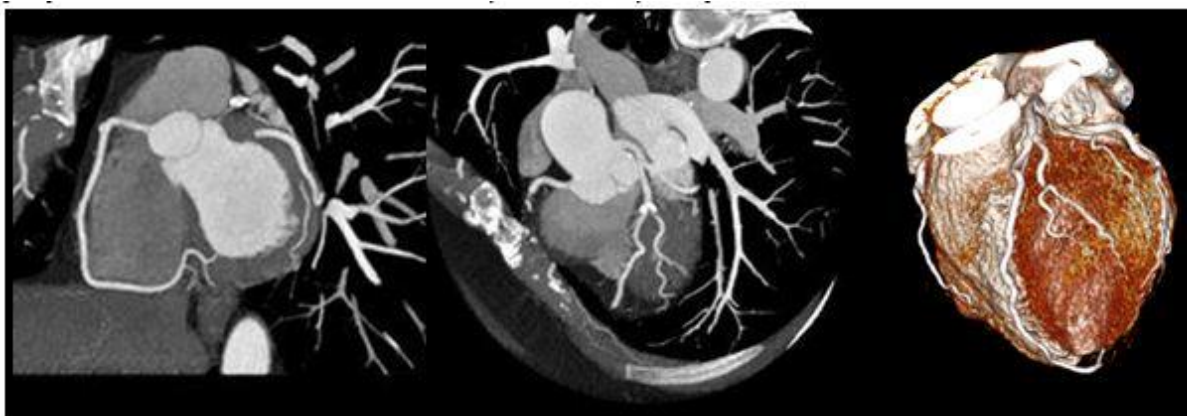
### 5.5.3 CT srdce

**Pro CT vyšetření srdce používáme nejvýkonnější CT přístroje.** Rotace rentgenky musí trvat méně než sekundu, počet řad detektorů musí být minimálně 64, abychom dosáhli vysokého rozlišení a rychlosti současně. Dnes se však na trhu vyskytují i přístroje s mnohem větším počtem řad detektorů (512) a vývoj pokračuje dál. CT vyšetření se provádí spolu s EKG měřením. Při použití této techniky se každá část srdce zobrazuje vícekrát při současném zaznamenávání EKG křivky. EKG záznam se poté použije ke korelaci dat z výpočetní tomografie s odpovídající fází srdečních kontrakcí. Po provedení korelace se všechna data nasnímaná během doby, kdy se srdce pohybovalo (během systoly), ignorují a snímky se zhotoví jen ze zbývajících dat, která byla získána během doby, kde bylo srdce v klidu (během diastoly). Díky těmto technickým parametrům se dosahuje výborného zobrazování nejen hlavních kmenů koronárních tepen, ale i jejich sekundárních větví a aortokoronárních bypassů.

**Při vyšetření srdce zkoumáme jednak kalciové skóre, jednak zobrazujeme věnčité tepny.** Kalciové skóre určuje hodnotu kalcia, které se vyskytuje v povodí koronárních tepen. Hodnota kalciového skóre určuje míru rizika pro pacienty s ischemickou chorobou srdeční. Hodnota do 10 představuje nízké riziko, s vyššími hodnotami riziko stoupá, nejvyšší je při hodnotách kalciového skóre nad 400.

K zobrazení koronárních tepen je při CT angiografii (CTA) srdce nezbytná aplikace neionické kontrastní látky. Musíme zavést kanylu větších rozměrů, protože **pro lepší zobrazení koronárních tepen je potřeba rychlá aplikace kontrastní látky** (4ml/s). Po vyšetření je důležité zpracování dat, ze kterých se získávají barevné trojrozměrné rekonstrukce. Indikacemi k CTA koronárních tepen jsou zejména vrozené koronární anomálie, dále jsou vyšetřováni pacienti s bolestí na hrudníku, u nichž je EKG nejednoznačné a pacienti s intermitentními bolestmi na hrudníku s častou hospitalizací a neurotickými obtížemi.

CT vyšetření srdce vede k relativně vysoké dávce ozáření (kolem 12 mSv), což je až 600x vyšší dávka záření než při prostém snímku plic. Riziko vysokého ozáření musí být vždy vyváženo diagnostikou potenciálního významného zdravotního postižení, jakým onemocnění koronárních tepen bezesporu je.



**Obrázek č. 5.3** CT vyšetření srdce – 3D rekonstrukce

Zdroj: Propagační materiál Toshiba

#### 5.5.4 CT angiografie plicních tepen a aorty

Při těchto vyšetřeních postupujeme podobně, jako při CT angiografie srdce. Při CTA truncus pulmonalis skenujeme od vrcholu oblouku aorty po úroveň dolních plicních žil, u CTA aorty skenujeme od úrovně bránice nad oblouk aorty. Aplikujeme okolo 100 ml neionické kontrastní látky rychlostí 3ml/s. **V diagnostice akutní plicní embolie je CTA plicnice metodou první volby. Velmi důležité místo má CTA také v diagnostice aneurysmat a disekcí aorty.** Pomocí CTA získáváme zobrazení celé aorty, můžeme zhotovit 3D rekonstrukci v různých projekcích. CTA umožňuje zobrazení pravých aneurysmat aorty, jejichž stěnu tvoří všechny vrstvy stěny aorty, u disekce aorty je CTA suverénní diagnostickou metodou, kterou využíváme i po operacích aorty a po implantacích aortálních stentgraftů.



**Obrázek č. 5.4** CT vyšetření plicnice – obraz oboustranné plicní embolie

Zdroj: Autor

#### 5.6 MR hrudníku

**Magnetická rezonance hrudníku se kromě diagnostiky patologických lézí zaměřuje zejména na vyšetření srdce a velkých cév.** Pro MR vyšetření hrudníku je výhodné použití

nejmodernějších přístrojů se silným magnetickým polem (1,5–3T), spolu s velmi silnými gradientními cívkami a s příslušným hardwarovým a softwarovým vybavením. Záznam obrázků je, podobně jako u výpočetní tomografie, vázán na elektrokardiogram, který synchronizuje srdeční akci s vyšetřením. Pomocí magnetické rezonance vyšetřujeme zejména patologické útvary v hrudníku, srdce a velké cévy a v neposlední řadě i prsa.

**Příprava na MR hrudníku spočívá zejména v kontrole kontraindikací k provedení magnetické rezonance (kapitola 2.6.4).**

### 5.6.1 Magnetická rezonance srdce

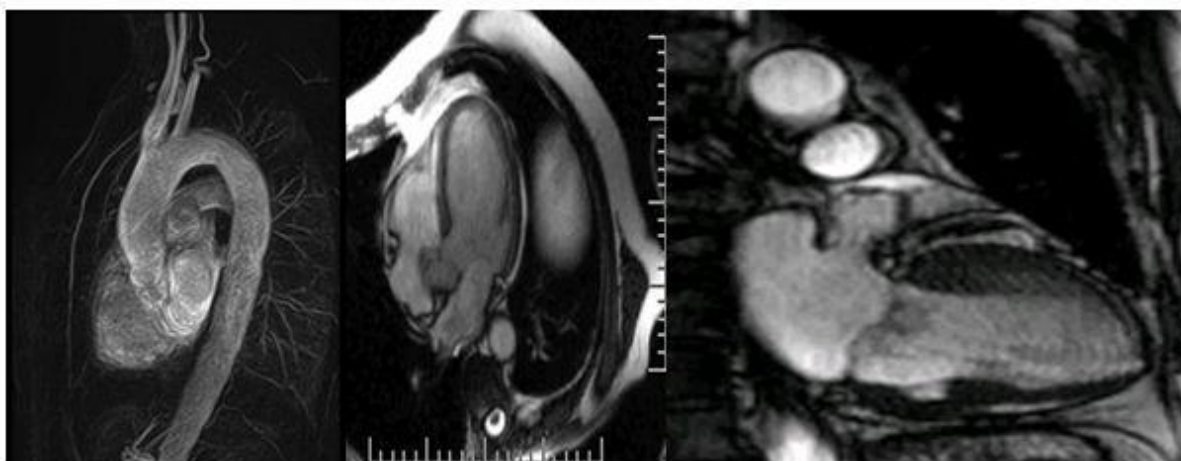
Vyšetřujeme ve standardních projekcích, tedy dvoudutinové, čtyřdutinové, v krátké ose, v dlouhé ose a v ose zaměřené na výtokové trakty levé a pravé komory srdeční. Doba získávání obrázků je delší než u CT, vyšetření trvá od 30 do 60 minut.

**MR umožňuje velmi přesné vyhodnocení velikosti obou srdečních komor, jejich hmotnosti i jejich systolické a diastolické funkce. Dále umožňuje hodnotit viabilitu a perfuzi myokardu,** v budoucnu se počítá i s lepším zobrazením koronárních tepen. Suverénní postavení má MR v diagnostice patologických útvarů, především benigních a maligních nádorů srdce a trombů, metodou volby je též pro diagnostiku arytmogenní kardiomyopatie pravé komory, mezi další indikace patří dilatační a hypertrofická kardiomyopatie a myokarditidy. Magnetická rezonance se stále více využívá také u vrozených srdečních vad, chlopenních vad a u plicní hypertenze.

### 5.6.2 MR angiografie hrudníku

**Při MR angiografii (MRA) hrudníku používáme jednak nativní techniky tmavé nebo světlé krve, častěji však MRA s kontrastní látkou.** Při kontrastní MRA nejdříve zobrazíme vyšetřovanou oblast nativně, poté aplikujeme kontrastní látku a sledujeme její příchod do oblasti zájmu pomocí MR skiaskopie a až po jejím objevení na obrazovce spouštíme sekvenci. Toto načasování začátku skenování při vstupu kontrastní látky do vyšetřované oblasti je pro perfektní výsledek vyšetření nejdůležitější. Při vyšetření MRA aplikujeme podle oblasti zájmu 10–20 ml gadoliniové kontrastní látky. Z naskenovaných obrazů vytváříme dodatečně 2D a 3D rekonstrukce podobně jako u CTA.

**MR angiografii používáme zejména k diagnostice patologie plicnice a aorty, zobrazení koronárních tepen je ve srovnání s katetrizační angiografií a CT angiografií diagnosticky nejméně přesná.**

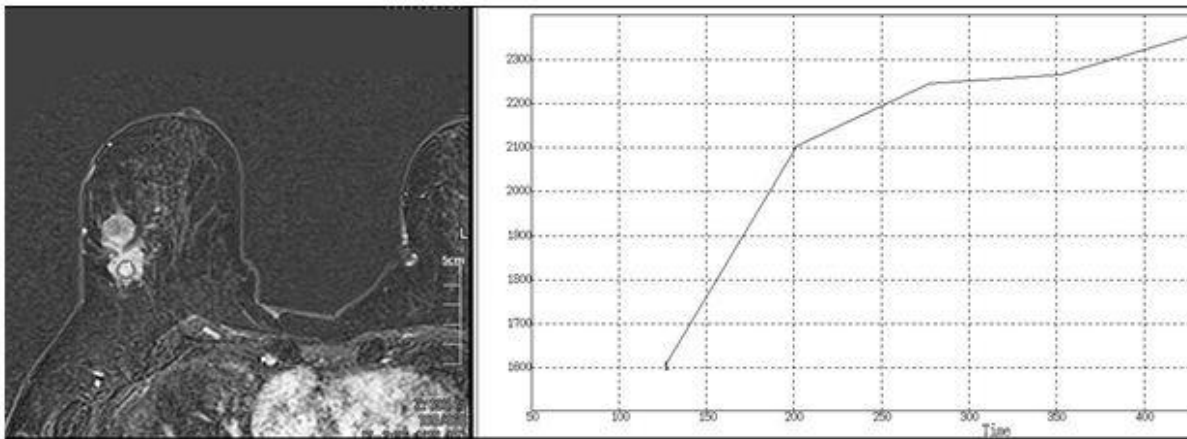


**Obrázek č. 5.5 MR zobrazení hrudní aorty a srdce**

Zdroj: Autor

**5.6.3 Magnetická rezonance prsu**

Magnetická rezonance prsu je nativní a kontrastní dynamické vyšetření s aplikací paramagnetické kontrastní látky. Při vyšetření se sleduje rychlost a velikost zvyšování intenzity signálu na T1 vážených obrazech. Analýzou dynamických řezů získáváme informaci nejen morfológickou, ale i funkční. Sledujeme postkontrastní sycení tkáně, která má původ v angiogenezi. Jelikož i malý karcinom má proti okolí výrazně vyšší vaskularizaci tvořenou sítí patologických novotvořených cév, můžeme ho na MR zjistit. Indikacemi MR prsu jsou zhodnocení rozsahu již diagnostikovaného karcinomu prsu, hledání primárního tumoru při nálezů metastáz v axilárních uzlinách a negativním mamografickém a ultrasonografickém vyšetření. Výjimečně zobrazujeme i prsní implantáty z důvodu hodnocení jejich celistvosti. MR nenahrazuje ani mamografii ani sonografii, je vždy doplňující metodou.



**Obrázek č. 5.6 MR vyšetření prsu, křivka sycení odpovídající karcinomu**

Zdroj: Autor

**5.7 Radioizotopové metody vyšetřování hrudníku**

Metody nukleární medicíny se při vyšetřování hrudníku zaměřují zejména na zobrazení srdce, v menší míře na plicní onemocnění. **Pro vyšetření srdce využíváme metody, které dokáží posoudit prokrvení myokardu za klidu i při zátěži, viabilitu myokardu a systolickou a diastolickou funkci srdečních komor.**

Nejvíce používanou metodou nukleární kardiologie je **perfuzní scintigrafie myokardu**, kdy po intravenózní aplikaci radiofarmaka sledujeme jeho vychytávání v myokardu. To je závislé na jeho prokrvení, k akumulaci radiofarmaka tudíž nedochází v poškozené myokardiální tkáni, například po infarktu myokardu. Toto vyšetření se provádí na přístrojích SPECT, a to za klidu i při zátěži, protože v klidu změny v myokardu nemusí být dostatečně průkazné.

Vyšetření k **určení viability myokardu** se většinou provádí pomocí PET. Principem metody je zjištění metabolismu glukózy a stavu perfuze v oblasti porušené funkce

myokardu. Průkaz viability myokardu je velice důležitý pro rozhodnutí o provedení revaskularizačního zákroku. Je-li totiž větší část dysfunkčního myokardu viabilní, pravděpodobnost zlepšení srdeční funkce je po tomto zákroku vysoká.

Vyšetření, které poskytuje komplexní informace o mechanické práci srdce, se nazývá **rovnovážná hradlovaná ventrikulografie**. Metoda je založena na detekci změn aktivity v různých srdečních oddílech během srdeční akce a je považována za nejspolehlivější postup pro výpočet ejekční frakce levé komory.

**V plicní diagnostice se nukleární medicína zabývá zejména distribucí plicní ventilace a perfuze.** Sledujeme výměnu vzduchu mezi zevní atmosférou a alveolokapilární membránou a průtok krve plicním oběhem. Tyto metody mají **význam pro detekci plicní embolie a poruchy průchodnosti periferních dýchacích cest.**

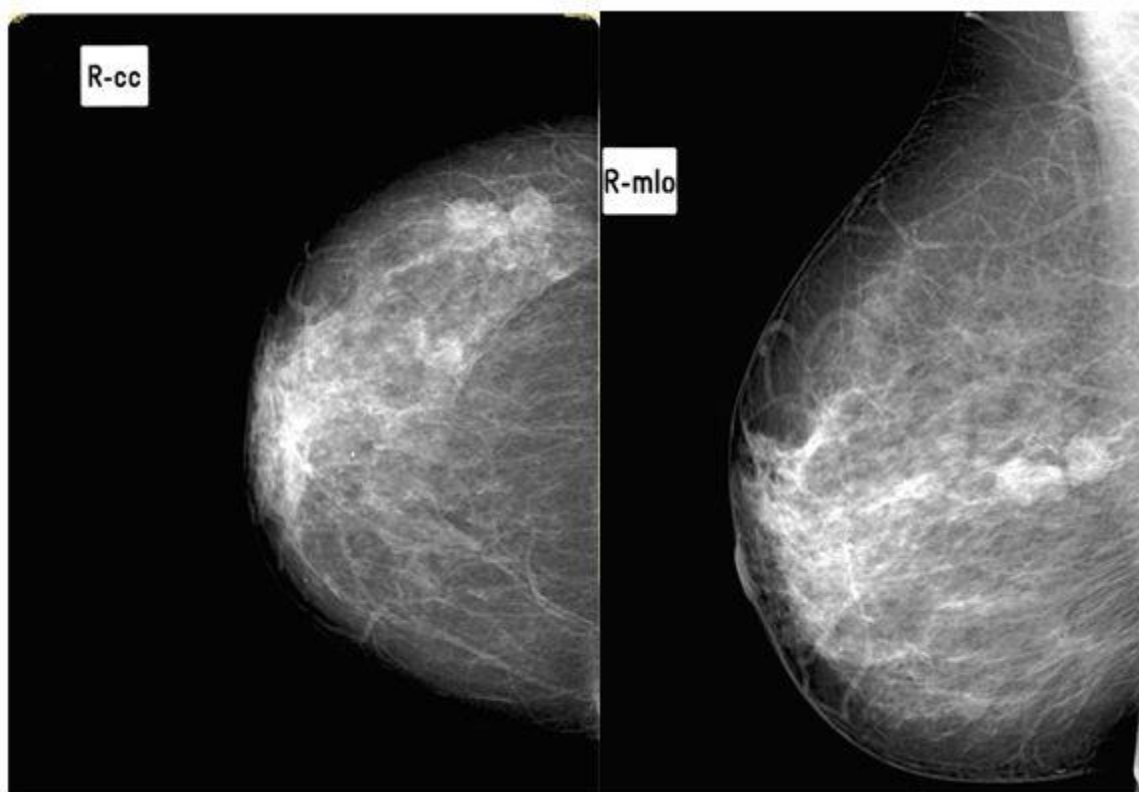
## 5.8 Mamografie

**Mamografie je skiagrafické vyšetření prsu.** Provádí se na speciálně upraveném rentgenovém přístroji, tzv. mamografu. Při vyšetření **využíváme měkkého RTG záření, které umožňuje odlišit v prsu i jemné změny,** kterými by se mohl projevit i počínající nádor. **Vyšetřují se oba prsy ve dvou projekcích, předozadní a šikmé, která je důležitá pro zobrazení axilárních uzlin.**

**Mamografie má přínos v detekci karcinomu prsu a metastaticky postižených lymfatických uzlin.** Dávky při mamografii jsou na moderních pracovištích velmi nízké, a proto je možné využívat metody nejenom k určení diagnózy u žen s příznaky onemocnění prsu, ale také při preventivním snímkování zdravých žen v pravidelných intervalech od určitého věku. **V České republice je mamografie hrazena pojišťovnou pro všechny ženy mezi 45 a 69 lety a to jednou za dva roky. Mamografie se používá hlavně jako screeningová metoda pro vyhledávání karcinomu prsu,** kde se jeho účinnost udává až 95 %. Spadá do takzvané sekundární prevence, protože nemůže zabránit vzniku nádoru, ale včasným zachytem nádoru může předejít generalizaci onemocnění. Dokáže totiž zobrazit i nádor, který je ještě velmi malý, nedá se nahmatat a nevyvolává žádné příznaky. V tomto stadiu je nádor většinou zcela vyléčitelný.

**Dalším důvodem pro provedení mamografie může být nahmataná bulka v prsu,** pokud je ženě více než 30 let. U mladších žen se dává přednost ultrazvukovému vyšetření, při nejasném UZ nálezů mohou být na mamografu vyšetřeny i ony. Strukturální obraz normální mléčné žlázy se mění s věkem. U žen do 20 let věku se jedná o hutný juvenilní typ žlázy, hůře zobrazitelný na mamografu, postupně s věkem je involucí žláza nahrazována tukem. Další možností mamografie je pomocí tzv. stereotaxe biopticky odebrat materiál z podezřelé léze a výrazně tak zvýšit diagnostickou výtěžnost vyšetření.

**Modifikací mamografického vyšetření je duktografie, při které se do vyústění mlékovodu zavede tenká kanyla a vstříkne kontrastní látka.** Toto vyšetření se provádí při abnormální sekreci z mléčné žlázy, a to pokud je sekrece jen na jedné straně, zvláště sekrece s příměsí krve.



**Obrázek č. 5.7** Mamografie prsu: předozadní a šikmá projekce, obraz karcinomu  
Zdroj: Autor

## 6 Zobrazování gastrointestinálního traktu, jater, žlučových cest a pankreatu

Do gastrointestinálního traktu patří dutina ústní (cavitas oris) a její deriváty (zuby, slinné žlázy), hltan (pharynx), jícen (oesophagus), žaludek (ventriculus), tenké střevo (intestinum tenue) a tlusté střevo (intestinum crassum). Radíme sem i játra (hepar), žlučník (vesica fellea), žlučové cesty a slinivku břišní (pankreas).

**Hltan** se podle komunikace s okolními dutinami dělí na tři části. Kraniální pars nasalis (**nasopharynx**) komunikuje s dutinou nosní, střední pars oralis (**oropharynx**) se otvírá do dutiny ústní a kaudální pars laryngea (**hypopharynx**) pokračuje do výše obratle C<sub>6</sub>, kde přechází v jícen.

**Jícen** je trubice dlouhá asi 25 cm, která navazuje na hltan, sestupuje před páteří hrudníkem a ve výši Th<sub>11</sub> končí vústěním do žaludku.

**Žaludek** navazuje na jícen jako rozšířený úsek trávicí trubice, má tvar zahnutého vaku s levým konvexním zakřivením (curvatura major) a pravým konkávním zakřivením (curvatura minor). Vústění jícnu do žaludku se nazývá **kardie**, přechod žaludku do duodena je **pylorus**. Hlavními částmi žaludku jsou kraniální **fundus**, střední **corpus** a distální **pars pylorica**.

**Tenké střevo** navazuje na žaludek a má tři úseky: duodenum, jejunum a ileum. **Duodenum** je dlouhé 20- 28 cm a je stočené do tvaru podkovy. **Jejunum** a **ileum** měří 3-5 m a přecházejí do sebe plynule bez určité hranice. V pravé jámě kyčelní ústí distální konec ilea do tlustého střeva.

**Tlusté střevo** je poslední část trávicí trubice. Je dlouhé cca 1,5 m a rozděluje se na tři části: slepé střevo (caecum), tračník (colon) a konečník (rectum). **Caecum** je nejširší část tlustého střeva, tračník jako hlavní část tlustého střeva se dělí na tračník vzestupný (**colon**

**ascendens**), tračník příčný (**colon transversum**), tračník sestupný (**colon descendens**) a esovitou kličku (**colon sigmoideum**). **Rectum** je poslední úsek střeva dlouhý 12-16 cm, je uložený v malé pánvi a otvor, jímž ústí navenek, se nazývá řiť (**anus**).

**Játra** jsou umístěna těsně pod bránicí, z větší části pod pravou klenbou, a jsou největší žlázou v těle. Dělí se na dva laloky (**lobus dexter** a **lobus sinister**), ty se dále dělí na jednotlivé segmenty. V jaterních buňkách se tvoří žluč, která pokračuje žlučovými cestami do žlučníku.

**Žlučové cesty** dělíme na **intrahepatické** (uvnitř jater) a **extrahepatické** (mimojaterní). Extrahepatické žlučové cesty začínají jako **ductus hepaticus dexter et sinister**, jejich spojením vzniká **ductus hepaticus communis**, spojením s **ductus cysticus** (vývod ze žlučníku) vzniká **ductus choledochus**, který ústí na papilla duodeni major do duodena.

**Pankreas** je žláza dlouhá 12-16 cm a je uložena od duodena ke slezině. Má tři části, hlavu (**caput pancreatis**), tělo (**corpus pancreatis**) a ohon (**cauda pancreatis**).

## 6.1 Zobrazování gastrointestinálního traktu

Trávicí trubici můžeme vyšetřit prakticky od oblasti hypofaryngu až po rektum. Indikace k vyšetření gastrointestinálního traktu jsou široké. Výběr vhodné vyšetřovací metody závisí především na klinických příznacích, anamnéze, základních klinických a laboratorních vyšetřeních a v neposlední řadě na věku a stavu pacienta, proto je úzká spolupráce ošetřujícího lékaře, radiologa, endoskopisty i gastroenterologa velice důležitá.

**Prostý RTG snímek má význam především v diagnostice akutních stavů. Metodou první volby se při vyšetření jícnu, žaludku, duodena a tlustého střeva postupně stala fibroskopie** a nahradila ve většině případů skiaskopická vyšetření s kontrastní náplní. Největší výhodou fibroskopie je kromě detailního zhodnocení vnitřní lumen trávicí trubice i možnost odebrání vzorku k histologickému a cytologickému vyšetření a v některých případech i provedení okamžitého terapeutického výkonu, například v podobě stavění krvácení. I tato metoda má však některé limitace, jakými jsou zejména intolerance pacienta k tomuto vyšetření, anatomické poměry trávicí trubice, různé patologické stavy a především nemožnost proniknout přes těsnou stenózu. Fibroskopie má též vyšší procento komplikací s možností perforace trávicí trubice.

**Vyšetření s kontrastní náplní** má v hodnocení lumen srovnatelnou senzitivitu s endoskopií, je však **nezastupitelné v případech, kdy fibroskopie selhala. Metodou první volby zůstává při vyšetřování tenkého střeva.**

Pro některé funkční změny lze použít radioizotopové metody, stále více se uplatňuje i ultrasonografie, výpočetní tomografie a magnetická rezonance.

### 6.1.1 Prostý snímek

Většinou se snímek provádí horizontálním paprskem vestoje, u pacientů nespolupracujících vleže. **Prostý snímek má pro diagnostiku onemocnění trávicí trubice značně omezený význam.** Trávicí trubice má totiž podobnou denzitu jako okolní měkké tkáně, tudíž při nativním vyšetření rozeznáme pouze plynem naplněné úseky (hltaň, fundus žaludku a části tračníku). Kromě **akutních stavů**, kdy máme podezření na náhlou příhodu břišní, je prostý snímek indikován pouze pro **zjišťování a lokalizaci kontrastních polknutých cizích těles.**

### 6.1.2 Vyšetření s kontrastní náplní

Základní radiologickou zobrazovací metodou pro zobrazení trávicí trubice je dvojkontrastní vyšetření. **Pozitivní kontrastní látkou je baryová suspenze, negativní kontrastní látkou je nejčastěji vzduch nebo oxid uhličitý.** Pozitivní kontrastní látka vytvoří na sliznici trávicí trubice povlak, negativní kontrastní látka trávicí trubici rozepne. V takto vzniklém dvojkontrastním obraze můžeme sledovat vnitřní reliéf vyšetřované oblasti. Pro ještě lepší rozvinutí podáváme intravenózně spasmolytika, které způsobí hypotonii.

**Velký pozor musíme věnovat pacientům s podezřením na perforaci trávicí trubice a pneumoperitoneum. V těchto případech je podání baryové suspenze kontraindikováno, proto používáme ve vodě rozpustnou jodovou kontrastní látku.**

Kontrastní vyšetření provádíme na skiaskopických pracovištích. Během vyšetření sledujeme na obrazovce průběh kontrastní látky vyšetřovaným úsekem a zhotovujeme obrazovou dokumentaci.

### **Vyšetření hltanu a jícnu**

Kontrastní vyšetření je nejvýnosnější pro posouzení struktur hypofaryngu.

**Při dvojkontrastním vyšetření je pozitivní kontrastní látkou baryová suspenze, negativní kontrastní látkou je plyn uvolněný z efervescentního prášku,** který pacient polkne před podáním baryové suspenze. Začínáme levou bočnou projekcí, pacient polkne jeden hlt a na obrazovce sledujeme průchod kontrastní látky a zároveň zhotovujeme snímky. Stejně pokračujeme v předozadní a šikmých projekcích.

**Indikací k vyšetření je především obtížné polykání, pocit váznutí sousta, bolesti na hrudi vázané na příjem potravy.** Nejčastějšími patologiemi, se kterými se setkáváme na jícnu, jsou divertikly, hiátové hernie, gastroezofageální reflux, refluxní ezofagitida nebo záněty jiné etiologie, ulcerace, varixy, nádory a v neposlední řadě achalázie. Akutní vyšetření se provádějí nejčastěji při podezření na cizí tělesa v jícnu, například kosti.

**Příprava pacienta na kontrastní vyšetření hltanu a jícnu není žádná.**

### **Vyšetření žaludku**

**Dvojkontrastní vyšetření žaludku má své místo při nejasném výsledku endoskopie, vhodné je u nespolupracujícího pacienta či za přítomnosti stenózy,** přes kterou se endoskopicky nedostaneme. Kontrastní RTG vyšetření má vyšší senzitivitu a specifitu při **posuzování infiltrace stěny žaludku,** lze jím detekovat i **jemné změny na úrovni areae gastricae. Můžeme zjistit jak morfologické, tak i funkční odchylky žaludku.**

Vyšetření žaludku a duodena následuje většinou po vyšetření jícnu. Obvyklý postup při vyšetření je takový, že nejdříve je intravenózně aplikováno spasmolytikum, poté pacient spolkne efervescentní prášek a následně pije baryovou suspenzi. Aby vytvořený plyn neunikal říháním, převede se nemocný ihned do polohy horizontální, ve které se zhotoví snímky těla a antra žaludku vleže na břiše i na zádech. Natočením do šikmých poloh se zhotovují snímky duodena, po postavení pacienta do vertikální polohy se vyšetří horní část těla žaludku a fundus.

Mezi nejčastější patologické nálezy patří herniace části žaludku do hrudníku (hiátová hernie), gastroezofageální reflux, ulcerace, nádory, záněty a polypy.

**Příprava pacienta na kontrastní vyšetření žaludku spočívá v lačnění.**





**Obrázek č. 6.1** Kontrastní vyšetření jícnu a žaludku

Zdroj: Autor

### Wyšetření tenkého střeva

Metodou volby při vyšetření tenkého střeva jsou doposud dvě kontrastní radiologické zobrazovací metody.

**První metodou je frakcionovaná pasáž, kdy pacient po jednotlivých doušcích pije 1-1,5 litru baryové suspenze ředěné s vodou v poměru 1:1.** Kličky tenkého střeva jsou naplněny většinou po 30 minutách od začátku pití. Lze provádět i funkční vyšetření, kdy pacient polkne speciální kontrastní kapsle a v časových odstupech (6, 12, 24 a 48 hodin) se provádí RTG kontrola jejich polohy v trávicí trubici.

**Druhou metodou je enteroklýza, což je dvojkontrastní vyšetření tenkého střeva s aplikací kontrastních látek pomocí nazojejunální sondy.** Enteroklýza je považována za zlatý standard ve vyšetření tenkého střeva. Pozitivní kontrastní látkou je baryová suspenze, negativní kontrastní látkou je 0,5% roztok metylcelulózy. Před vyšetřením znecitlivíme sliznici dutiny nosní Mesocain gelem, potom zavedeme nosem sondu do žaludku a za skiaskopické kontroly pokračujeme až do orálního jejunu. Do sondy aplikujeme pomocí dávkovací pumpy 250-400 ml baryové suspenze, poté pokračujeme s podáváním metylcelulózy, která před sebou tlačí baryovou suspenzi, až do naplnění všech kliček tenkého střeva.

**Hlavními indikacemi enteroklýzy je určení délky postižení, posouzení těsných stenóz, zhodnocení peristaltiky, řas a slizničních změn.** Nevýhodou enteroklýzy může být poněkud nepřesné stanovení aktivity postižení, vyšší radiační zátěž pacienta a nutnost zavedení nazojejunální sondy.

**Příprava pacienta na vyšetření tenkého střeva spočívá v lačnění.**



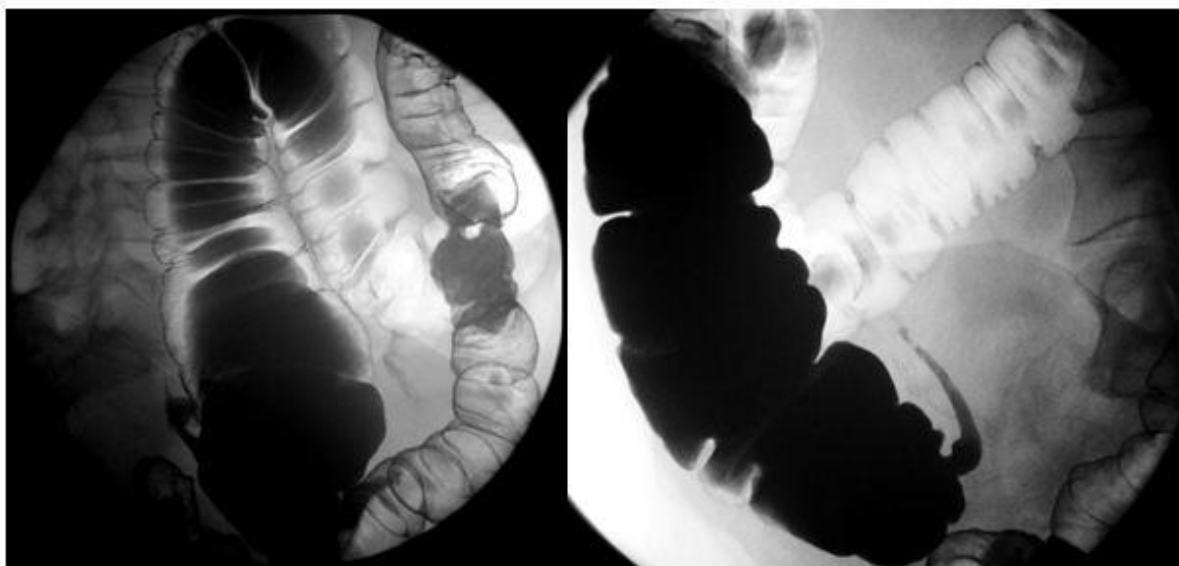
**Obrázek č. 6.2** Enteroklyza – postupné plnění tenkého střeva kontrastní látkou

Zdroj: Autor

### Vyšetření tlustého střeva

**Základní radiologickou zobrazovací metodou vyšetření tlustého střeva je dvojkontrastní irrigografie.** Před vyšetřením zavádíme do análního otvoru rektální rourku natřenou Mesocain gelem a aplikujeme intravenózně 2ml Buscopanu. Výhodné je použití rektální rourky s balónkem, který po nafouknutí zabraňuje vytékání kontrastní látky. **Tlusté střevo plníme postupně asi 500 ml baryové suspenze a poté insuflujeme vzduch.** Ten posouvá kontrastní látku do céka a terminálního ilea.

Při dobře provedeném vyšetření a řádné přípravě pacienta lze kvalitně posoudit nejen slizniční změny, ale zhodnotit také extraluminální procesy. K patologiím, které lze diagnostikovat při irrigografii, patří především záněty, divertikly, nádory a polypy. **Příprava pacienta na irrigografii spočívá zejména v kvalitním vyprázdění trávicí trubice.** Nutná je úprava jídelníčku, dva dny před vyšetřením podáváme pacientovi bezezbytkovou stravu, nejlépe tekutiny, den před vyšetřením nemocný pije projímavé roztoky, v den vyšetření je lačný. **Bez důkladné přípravy nelze pacienta vyšetřit,** protože zbytky stolice by mohly vést ke znehodnocení výsledku vyšetření.



**Obrázek č. 6.3** Irrigografie – vpravo zobrazení appendixu  
Zdroj: Autor

### 6.1.3 Ultrasonografie

Pro vyšetření gastrointestinálního traktu se využívá transabdominální i endoluminální sonografie.

**Transabdominální ultrasonografie umožňuje zobrazení žaludku, tenkého i tlustého střeva a spádových lymfatických uzlin**, kvalita zobrazení je však velmi závislá na konstituci a plynatosti pacienta. **Nejvíce ji využíváme v diagnostice postižení trávicí trubice, především u nemocných s Crohnovou chorobou a ulcerózní kolitidou**, kdy můžeme sledovat dynamiku procesu. Transabdominální ultrasonografie má některé limitace, mezi něž patří zejména určitá subjektivnost v hodnocení patologických změn a obtížnost vyšetření u pacientů obézních a po složitějších nebo opakovaných resekčních výkonech na střevních kličkách.

**Endoluminální ultrasonografie slouží zejména ke stagingu známých tumorů jícnu, kardiie a rektu. Umožňuje posoudit rozsah postižení stěny tumorem, infiltraci stěny a její prorůstání do okolí.** Limitujícím faktorem vyšetření není konstituce pacienta, ale šířka ultrazvukové sondy, která někdy neprojde přes těsnou stenózu.

**Příprava pacienta na ultrazvukové vyšetření spočívá v lačnění.**

### 6.1.4 Výpočetní tomografie

Při vyšetření gastrointestinálního traktu pomocí výpočetní tomografie můžeme postupovat třemi způsoby.

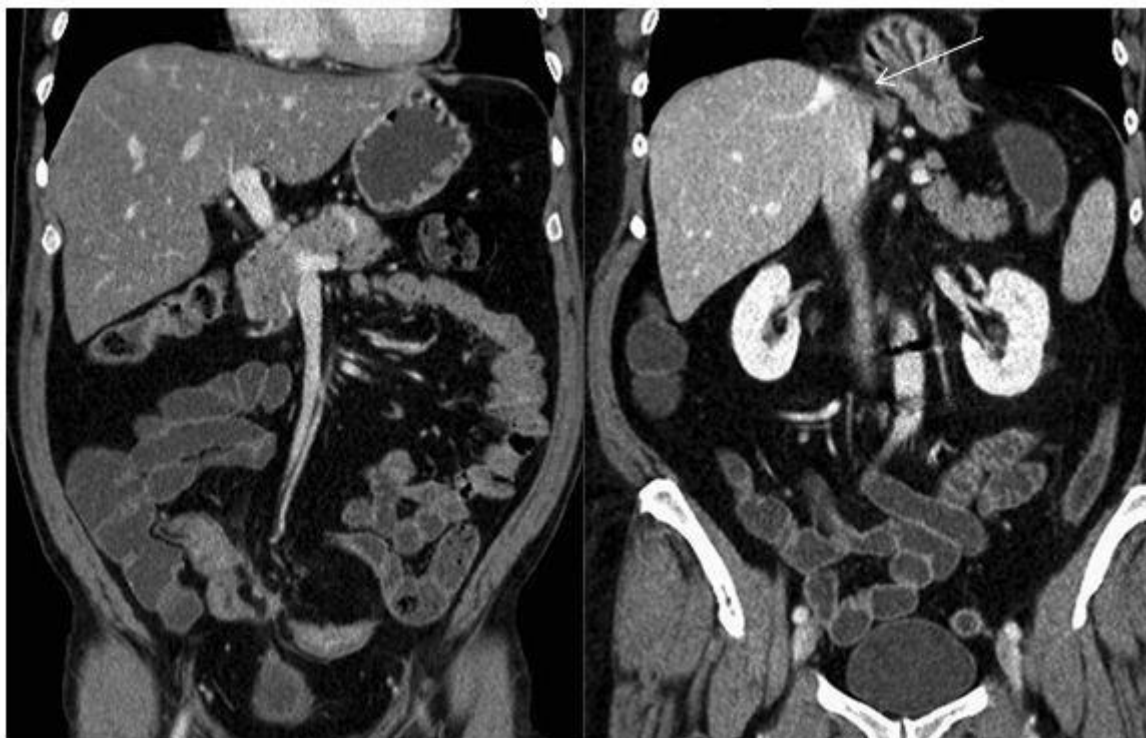
První možností je **klasické spirální vyšetření v nativní a postkontrastní fázi**, které provádíme po předchozím perorálním podání zředěné kontrastní látky z důvodu odlišení střevních kliček od případných patologických procesů dutiny břišní, jakými jsou absces, tumor nebo zvětšené lymfatické uzliny.

Druhou možností je **CT enterografie**, kdy místo kontrastní látky pacientovi perorálně podáváme hyperosmolární roztok (manitol), který umožní kvalitní zobrazení trávicí trubice.

Třetí možností je CT kolonografie, kdy je pacientovi kontrastní látka insulfována per rectum.

Hlavním přínosem výpočetní tomografie je posouzení struktur, tkání a orgánů v blízkosti trávicí trubice, šíření tumorózního procesu do regionálních i vzdálených mízních uzlin a zobrazení vzdálených metastáz. Velmi častou indikací CT jsou subfrenické a mezikličkové abscesy. CT enterografie je výhodná pro pacienty s Crohnovou chorobou, zejména u chronických změn, přináší však i komfort pro pacienta, protože odpadá zavádění nazojejunální sondy.

Příprava pacienta na CT vyšetření spočívá v lačnění a zjištění alergické anamnézy z důvodu podání jodové kontrastní látky. U CT kolonografie je nutná příprava stejná jako u irrigografie.



**Obrázek č. 6.4** CT enterografie (vlevo), spirální CT břicha (vpravo) - hiátová hernie žaludku (šipka)

Zdroj: Autor

### 6.1.5 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance dlouho nepřinášela v oblasti zobrazování trávicí trubice uspokojivé výsledky, avšak s nástupem nových, rychlejších sekvencí, se i na tomto poli začíná prosazovat. Magnetickou rezonanci gastrointestinálního traktu lze, podobně jako výpočetní tomografii, provádět dvěma způsoby.

Prvním způsobem je **vyšetření břišní dutiny nativně a s podáním kontrastní látky**, které se využívá zejména u stagingu tumorů rektu.

Druhým způsobem je **MR enterografie**, kdy shodně s CT enterografií používáme k náplni trávicí trubice perorálního podávání Manitolu. MR enterografii využíváme zejména k zobrazení chronických změn u pacientů s Crohnovou chorobou.

**Příprava pacienta na MR vyšetření spočívá v lačnění a zjištění kontraindikací vyšetření.**



**Obrázek č. 6.5** MR enterografie – postižení terminálního ilea

Zdroj: Autor

### 6.1.6 Radioizotopové metody

**Radioizotopové metody mají zásadní význam v diagnostice funkčních poruch.** Slouží zejména k zachycení gastroesofageálního refluxu a poruchy evakuace žaludku, umožňují průkaz ektopické žaludeční sliznice Meckelova divertiklu, detekci *Helicobacter pylori* v žaludeční sliznici atp.

### 6.2 Zobrazování jater

V počátcích radiologie se pro zobrazení jater využívaly zejména angiografické metody, pro zobrazování ložiskových lézí jater se však v posledních desetiletích stala základní vyšetřovací metodou ultrasonografie. Ještě přesnější a detailnější zobrazení dnes přinášejí novější metody, jakými jsou výpočetní tomografie a magnetická rezonance. Doplňkovými metodami zůstávají vyšetření angiografická a scintigrafická.

#### 6.2.1 Prostý snímek

V diagnostice jater nemá prostý snímek břicha větší význam. Játra se na něm zobrazují jako homogenní zastínění, které je ostře ohraničené pravou brániční kopulí. Jelikož dolní okraj jater není na snímku patrný, nemůžeme dobře hodnotit jejich velikost. Některé strukturální změny se mohou projevit projasněními nebo kalcifikacemi.

#### 6.2.2 Ultrasonografie

**Ultrasonografie bývá první zobrazovací metodou v diagnostice ložiskových lézí.** Normální parenchym se vyznačuje pravidelným rozložením zvukových odrazů, v něm vynikají větvičky se anechogenní struktury. Podle jejich větvení a tloušťky rozlišíme větve venae portae, jaterních žil a žlučodů. Z ložiskových změn jsou typické cysty, které jsou anechogenní, ostatní ložiskové změny mají různou echogenitu. Senzitivitu a specifitu pro zjištění a diferenciální diagnostiku ložiskových lézí zvyšuje **dynamická kontrastní ultrasonografie**. Po intravenózním podání ultrazvukové kontrastní látky jsme schopni zhodnotit průběh opacifikace cév a tkání a difuzní jaterní postižení.

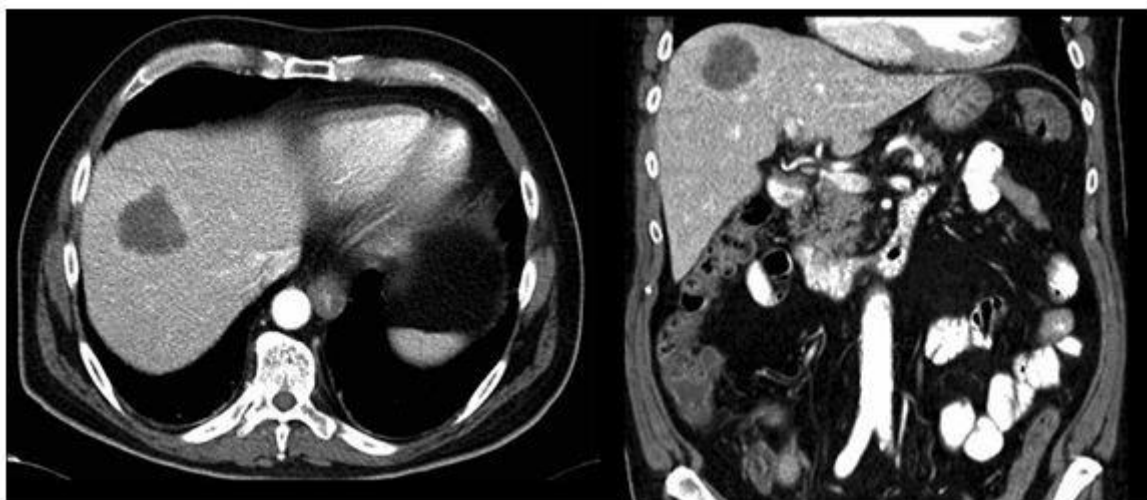
### 6.2.3 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie vykazuje v diagnostice jaterních lézí vyšší senzitivitu i specifitu než ultrazvuk.

Při podezření na ložiskové procesy je nevhodnější provést **dynamické vyšetření**, kdy po nativním vyšetření následuje zobrazování po aplikaci jodové kontrastní látky **ve třech fázích**. V první, arteriální fázi, která nastává 20-30 sekund po začátku aplikace kontrastní látky, dochází k postupnému plnění tepen, ve druhé, portální fázi, která nastává okamžitě po arteriální fázi, sledujeme plnění portální žíly. Poslední fáze, která nastává 120-180 sekund po začátku aplikace, umožňuje zobrazit jaterní ložiska v době, kdy je denzita jaterního parenchymu ještě vysoká. **Ložiska různé etiologie se v různých fázích sycení liší svým chováním, čehož využíváme v jejich diferenciální diagnostice.**

**Indikacemi k vyšetření jsou zejména nejasný nález na ultrasonografii nebo výrazný klinický nález s negativní ultrasonografií.**

Pod CT kontrolou lze, stejně jako pomocí ultrazvuku, provést biopsii z patologického ložiska.



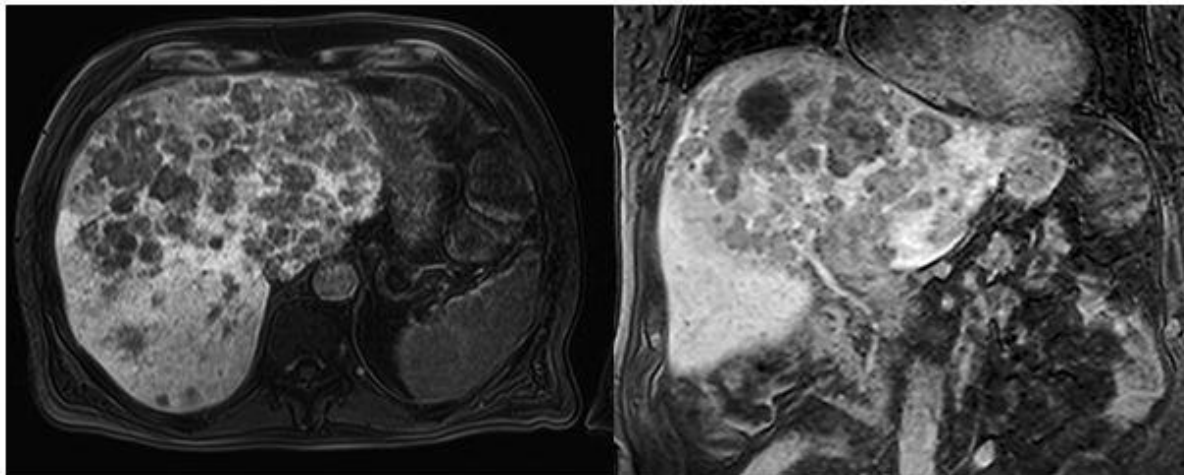
**Obrázek č. 6.6** CT jater – solitérní metastáza

Zdroj: Autor

### 6.2.4 Magnetická rezonance

**Magnetickou rezonanci jater využíváme k zodpovězení cílených diagnostických dotazů, zejména v diferenciální diagnostice hemangiomů.**

Při MR vyšetření doplňujeme nativní vyšetření dynamickým kontrastním vyšetřením, stejně jako u vyšetření CT. Na rozdíl od jiných MR vyšetření používáme při zobrazování jater hepatospecifickou kontrastní látku.



**Obrázek č. 6.7** MR jater – vícečetný metastatický proces

Zdroj: Autor

### 6.2.5 Angiografie

Indikace k angiografii jater se v posledních letech výrazně změnila. Dnes ji využíváme zejména v diagnostice portální hypertenze, méně často pro zobrazení cévního zásobení tumorů. Angiografie též umožňuje hodnotit rozsah a směr případného kolaterálního oběhu. Při vyšetření je kontrastní látka aplikována přes femorální tepnu do arteria hepatica communis, popřípadě do arteria coeliaca.

### 6.2.6 Scintigrafické metody

Při scintigrafii jater využíváme fagocytárních schopností Kupferových buněk. **Radiofarmakum, aplikované intravenózně, je fagocytováno v játrech a umožňuje tak nepřímou získat informaci o morfologii jater.** Převážná většina jaterních lézí je charakteristická sníženou hustotou Kupferových buněk, tudíž i sníženou akumulací radiofarmaka. Nález je však nespecifický a může znamenat různé typy postižení (abscesy, nádory, cysty).

### 6.3 Zobrazování žlučových cest a pankreatu

V radiodiagnostice žlučníku a žlučových cest se výrazně uplatňují nové zobrazovací metody, které zkrátily a zpřesnily diagnostický proces. Postavení vstupní až skriningové metody pro vyšetření žlučníku si v algoritmu vyšetření vydobyla ultrasonografie. V radiodiagnostice žlučových cest byla intravenózní cholangiografie při podezření na kameny nebo jinou překážku téměř vytlačena novějšími metodami, které při vyšší koncentraci jodové kontrastní látky aplikované přímo do žlučovodů dávají nesrovnatelně přesnější výsledky. Svoji roli v zobrazování žlučových cest hraje i magnetická rezonance a výpočetní tomografie.

### 6.3.1 Ultrasonografie

S pomocí moderních přístrojů pro dynamické zobrazení je ultrasonografie rychlé a nenáročné vyšetření, které selhává jen u části nemocných s větším meteorismem, případně s nenaplněným žlučníkem. **Žlučník se zobrazuje jako cystický útvar s anechogenní tekutinou**, ohraničenou hladce stěnou žlučníku. **Intrahepatální žlučovody normální šíře nejsou zobrazitelné, naopak extrahepatální žlučovody jsou zobrazitelné dobře.** Pankreas lze zobrazit i pomocí endoskopické ultrasonografie.

### 6.3.2 Perioperační a pooperační cholangiografie

**Cholangiografie v dnešní době slouží ke zjištění nebo vyloučení překážky ve žlučovodech během operačního zásahu na žlučových cestách nebo jako časná kontrola po chirurgickém výkonu** přes dočasně umístěný drén do žlučových cest. Jejím hlavním úkolem je provést časnou kontrolu výsledku chirurgického výkonu na žlučovodech, tj. zda byly odstraněny všechny kameny, stenózy, striktury apod. Cholangiografické vyšetření je možné doplnit též změřením tlaku ve žlučovodech.

### 6.3.3 Endoskopická retrográdní cholangiopankreatografie (ERCP)

**Princip endoskopické retrográdní cholangiopankreatografie spočívá v kontrastním plnění žlučovodů, pankreatického vývodu nebo i obou systémů najednou.** Provádí se za skiaskopické kontroly průchodem kontrastní látky. Nemocnému vleže na levém boku se na sklopném stole zavede duodenofibroskop do sestupného duodena, vyhledá se Vaterova papila a nasonduje se jemnou polyetylenovou cévkou. Snímky ve vhodných projekcích a polohách včetně snímků vestoje se většinou zhotovují až po vytažení fibroskopu.

**ERCP je zlatým standardem při zobrazení žlučového stromu, umožňuje získávat obrazy s vysokou rozlišovací schopností a mnohdy též provést terapeutické intervence.**

Indikacemi k vyšetření jsou podezření na úplnou či neúplnou obstrukci žlučových cest konkrementy, nádory, záněty, stenózy Vaterovy papily.

Tato metoda však může způsobit vedlejší účinky, jakými jsou indukovaná pankreatitida, sepse, krvácení nebo gastroduodenální perforace, často nemůžeme vyšetření provést z důvodu neúspěšné kanylace žlučových cest.

### 6.3.4 Perkutánní transhepatická cholangiografie (PTC)

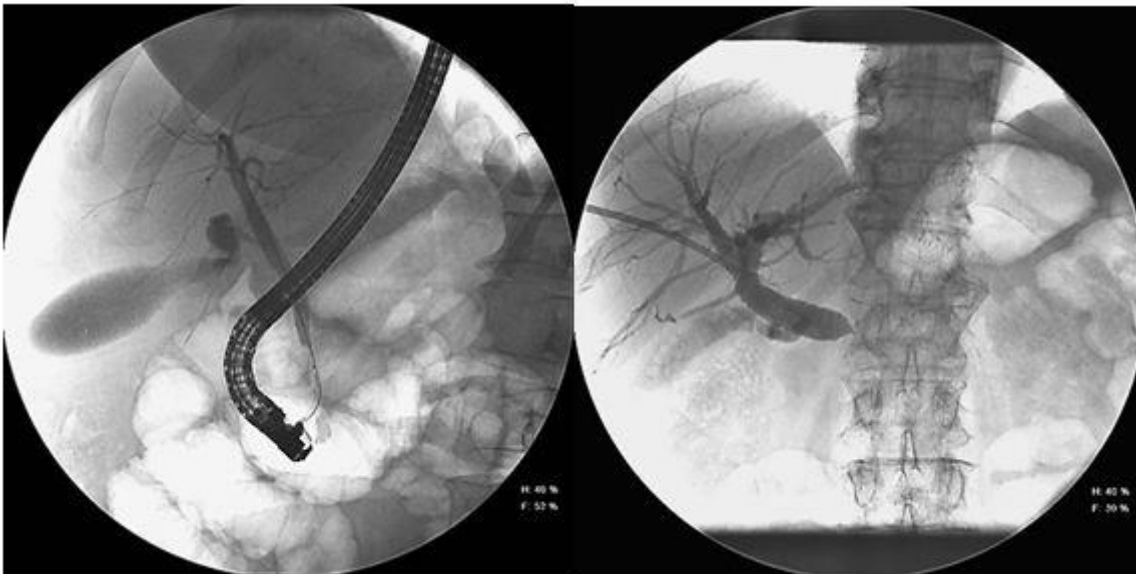
Perkutánní transhepatická cholangiografie se dříve využívala k vyšetření žlučových cest, pokud nebylo možné provést ERCP, dnes se toto vyšetření provádí pouze z terapeutických důvodů. Po diagnostické PTC následuje terapeutická perkutánní transhepatální drenáž (PTD), která umožňuje zavést drén k odvodu žluči zevně, popřípadě do duodena, popřípadě zavést plastickou endoprotézu či kovový stent.

**Při vyšetření se játra nabodávají tenkou Chiba jehlou v místním znecitlivění většinou v 9. mezižebří ve střední axilární čáře směrem nad jaterní hilus. Po naplnění žlučovodů kontrastní látkou se jehla vytáhne a snímkuje se podobně jako u ERCP.**

Komplikací PTC může být únik žluče do peritoneální dutiny s možností rozvoje biliární peritonitidy, méně časté jsou roztržení jaterního pouzdra a krvácení. Nejzávažnější komplikací je septický šok, jehož nejlepší prevencí je zajištění dostatečné drenáže žluči.



Kontraindikacemi této metody jsou nespolupráce a nesouhlas nemocného, parazitární cysty, alergie na kontrastní látku a poruchy hemokoagulace.



**Obrázek č. 6.8** ERCP (vlevo) a PTC (vpravo)

Zdroj: Autor

### 6.3.5 Výpočetní tomografie

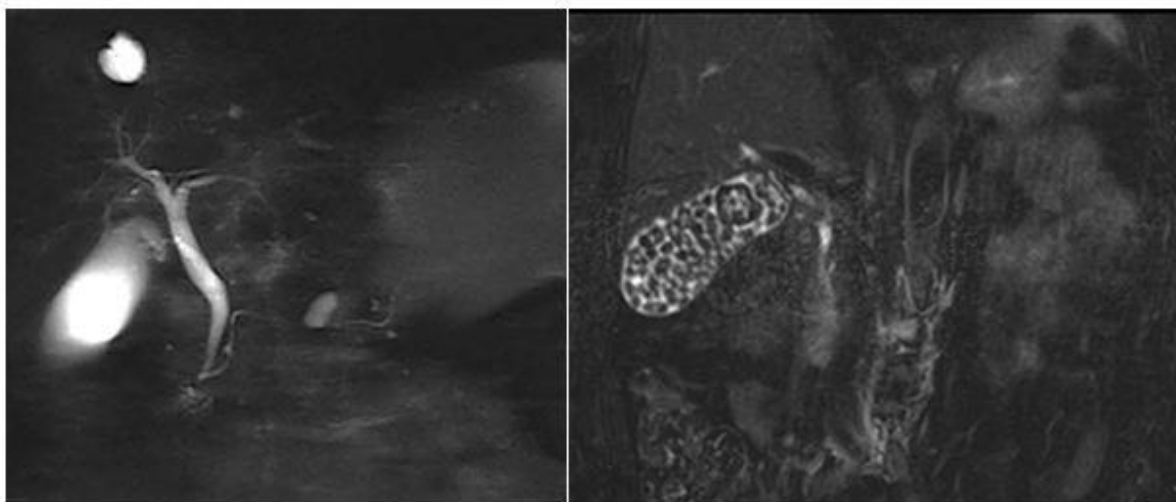
Výpočetní tomografie umožňuje zobrazit žlučník, žlučovody i pankreas, bývá však méně přesnější v zobrazování konkrémentů než ultrazvuk. Metoda není tak závislá na konstituci nemocného a množství plynu v trávicím ústrojí.

**CT bývá indikováno zejména při podezření na tumor žlučníku, žlučových cest a pankreatu, nebo zánětlivá onemocnění.**

### 6.3.6 Magnetickorezonanční cholangiopankreatografie (MRCP)

**Magnetickorezonanční cholangiopankreatografie je nativní MR vyšetření žlučníku, intra a extrahepatálního biliárního systému a pankreatického vývodu.** Vyšetření je prováděno s cílem zobrazit jak žluč a stěny žlučovodů, tak i přilehlé měkkotkáňové struktury. MRCP zobrazuje žluč ve žlučovodech a žlučníku užitím speciálních sekvencí, které dovolují zobrazení pouze tekutiny.

Indikacemi k MR vyšetření jsou neúspěšné ERCP vyšetření, cholelitiáza a choledocholitiáza, cholestáza neznámé etiologie, primární sklerozující cholangitida, tumory žlučníku, žlučových cest a pankreatu.



**Obrázek č. 6.9** MRCP (vlevo) a MR žlučníku (vpravo) – vícečetná litiáza

Zdroj: Autor

## 6.4 Zobrazování náhlých příhod břišních

Náhlými příhodami břišními označujeme onemocnění břicha, která se objevují většinou náhle z plného zdraví. Základními symptomy náhlé příhody břišní jsou zejména bolest, nauzea, zvracení, porucha průchodnosti střev.

Mechanismem vzniku náhlé příhody břišní jsou často úrazy při autonehodách, z ostatních se jedná zejména o postižení břišních orgánů záněty, ileózní stavy a krvácení do trávicího traktu. Ze zobrazovacích metod využíváme při diagnostice náhlých příhod břišních skiagrafii, ultrasonografii a výpočetní tomografii. Při těchto vyšetřeních se často vyšetřuje nestandardním způsobem a bez přípravy pacienta, proto často výsledné zobrazení není ideální. Mnohdy také nelze odebrat alergickou anamnézu.

### 6.4.1 Prostý snímek břicha

**Prostý snímek břicha je indikován při podezření na perforaci trávicí trubice, k potvrzení ileu a lokalizaci překážky.**

Základní projekcí je zadopřední snímek vestoje, pokud pacient není schopen stát, provádíme snímek vleže horizontálním paprskem. Na správně provedeném snímku **musí být zachyceny obě brániční klenby**, abychom mohli detekovat volný vzduch v peritoneální dutině (pneumoperitoneum), který se u pacienta snímkaného vestoje hromadí pod bránicí. **Pomocí rentgenového snímku můžeme zobrazit ileus, jehož typickým obrazem je přítomnost hladinek v distendovaných kličkách tenkého nebo tlustého střeva. Podle rozložení hladinek můžeme lokalizovat místo překážky.**

### 6.4.2 Ultrasonografie

**Ultrasonografie je obvykle indikována jako základní metoda při poranění břicha.** Poskytuje rychlou informaci o přítomnosti krve v peritoneální dutině a stavu parenchymatózních orgánů. Pomáhá též při zobrazování akutních stavů souvisejících se zánětlivým postižením žlučníku a apendixu, případně zobrazení abscesu a zejména u dětí invaginace.

### 6.4.3 Výpočetní tomografie

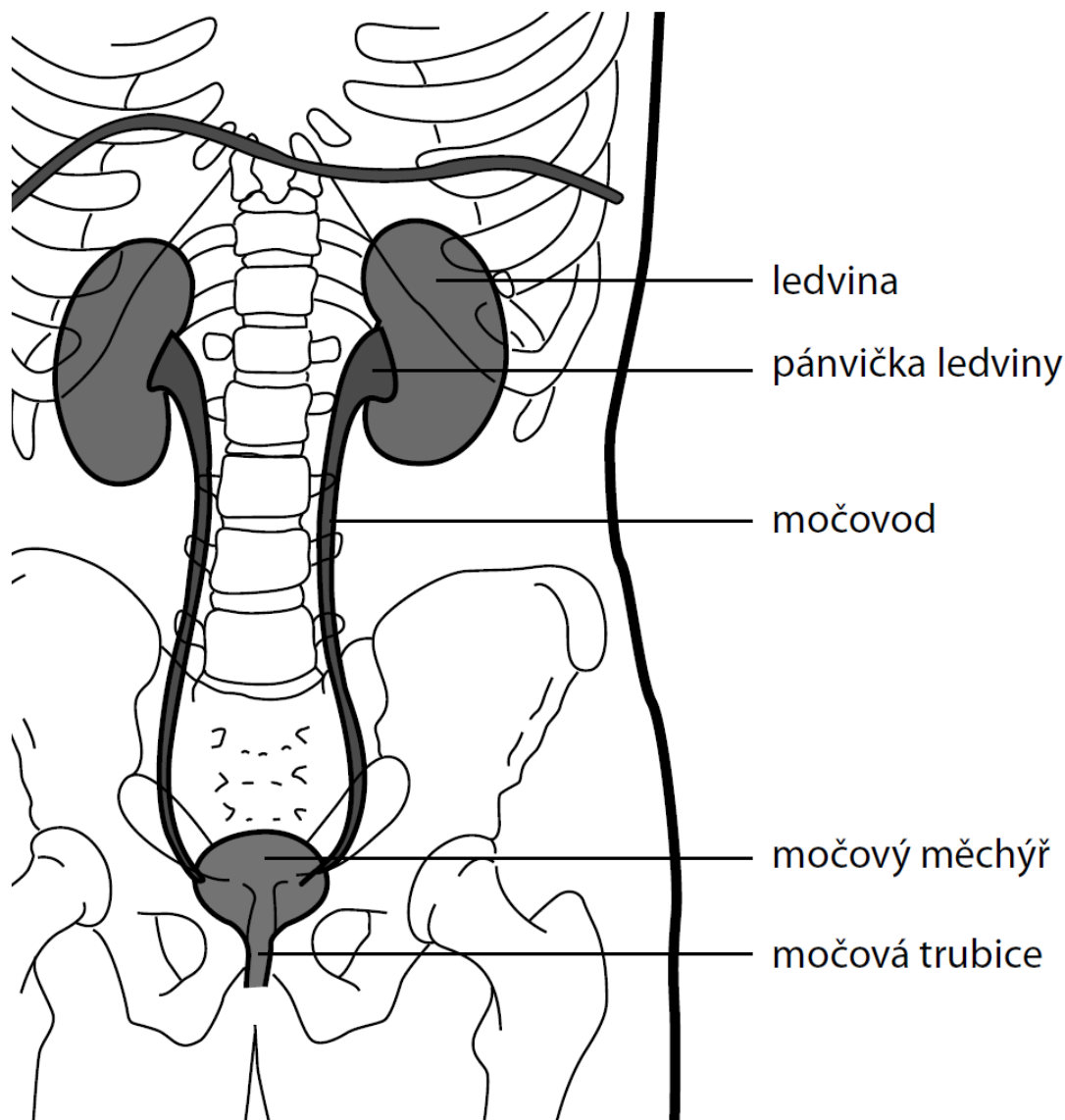
**Výpočetní tomografie** zejména v souvislosti s enormním zrychlením vyšetření v poslední době hraje **nejvýznamnější úlohu při zobrazení dutiny břišní v důsledku poranění či zánětu**. Celková doba vyšetření se dnes pohybuje okolo několika sekund, což má, zejména v traumatologii, ohromný význam. Většinou se provádí CT vyšetření po podání kontrastní látky, abychom dostatečně zobrazili absces a poranění vnitřních orgánů.

**Mnohdy nelze u pacienta odebrat alergickou anamnézu, proto při vyšetření musíme používat pouze izoosmolární nebo nízkoosmolární jodové kontrastní látky.**

## 7 Uroradiologie a zobrazování v gynekologii

### 7.1 Zobrazovací diagnostika urotraktu a prostaty

#### Anatomie



## Obr. 7.1 Schéma anatomie vývodného systému močového

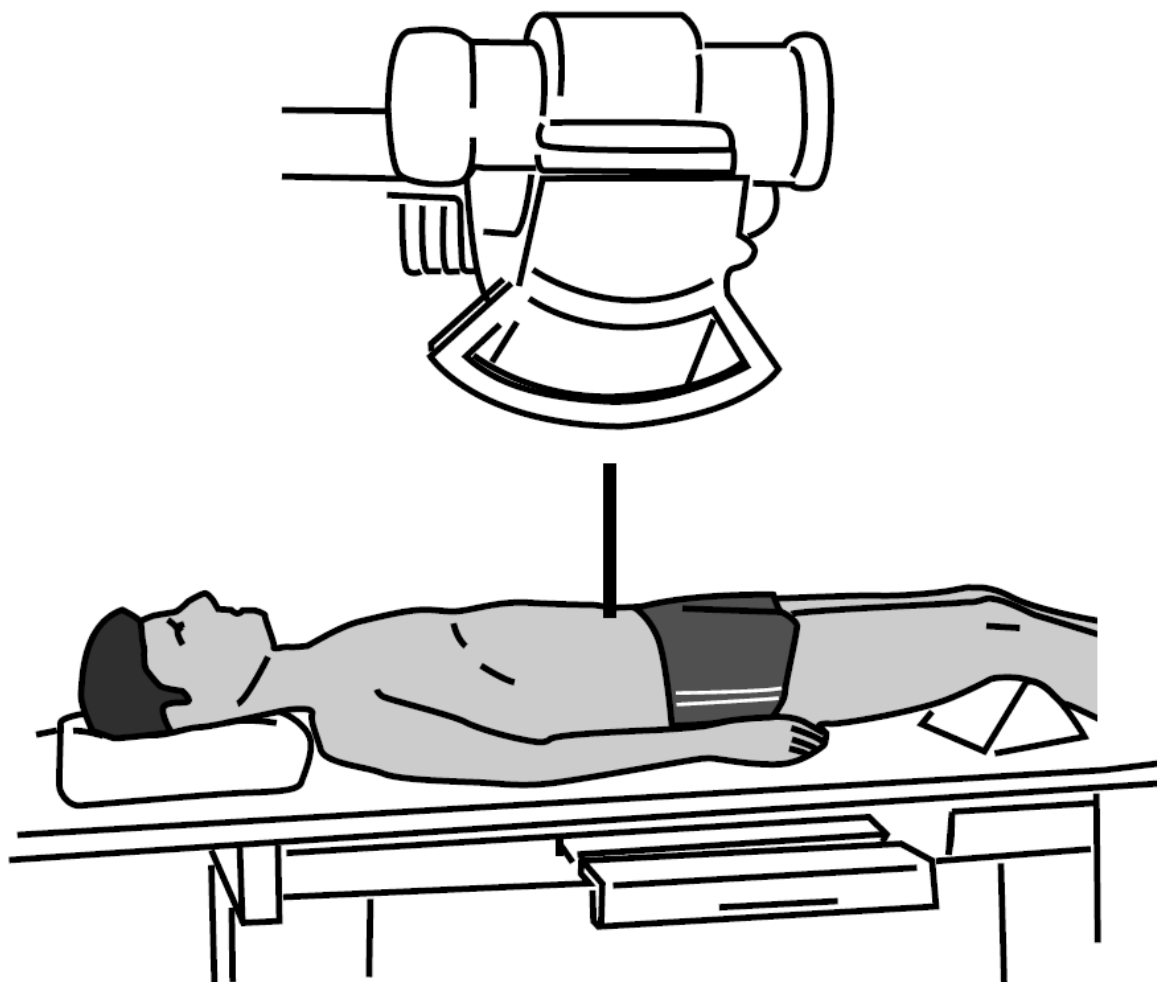
### Vyšetřovací metody

- nativní snímek
- intravenózní vylučovací urografie (IVU)
- ascendentní pyelografie
- zobrazení močového měchýře a uretry
- ultrasonografie (USG)
- výpočetní tomografie (CT)
- magnetická rezonance (MR)
- angiografie (AG)

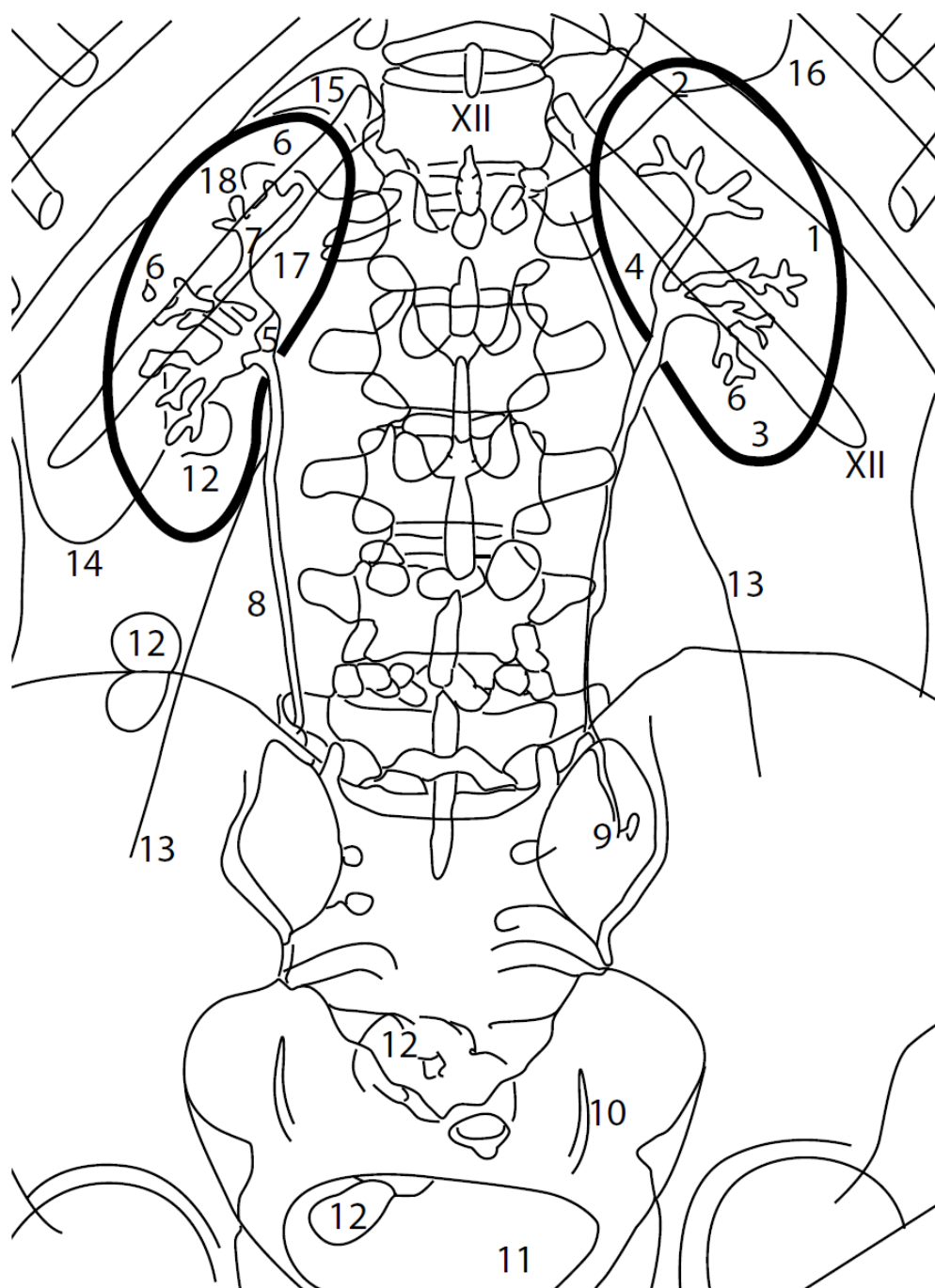
#### 7.1.1 Nativní snímek břicha

Břicho předozadně vleže na zádech (AP) vertikálním paprskem (nativní nefrogram). Schéma snímkování a nárys rentgenogramu (viz obr. 7.2, 7.3, 7.4).

**Indikace:** rentgen kontrastní konkrementy, kalcifikace (nefrokalcinóza, tuberkulóza, sarkoidóza, tumory), kontury ledvin a psoatů (bývají zastřeny u retroperitoneálních procesů), kontrola před vylučovací urografií.

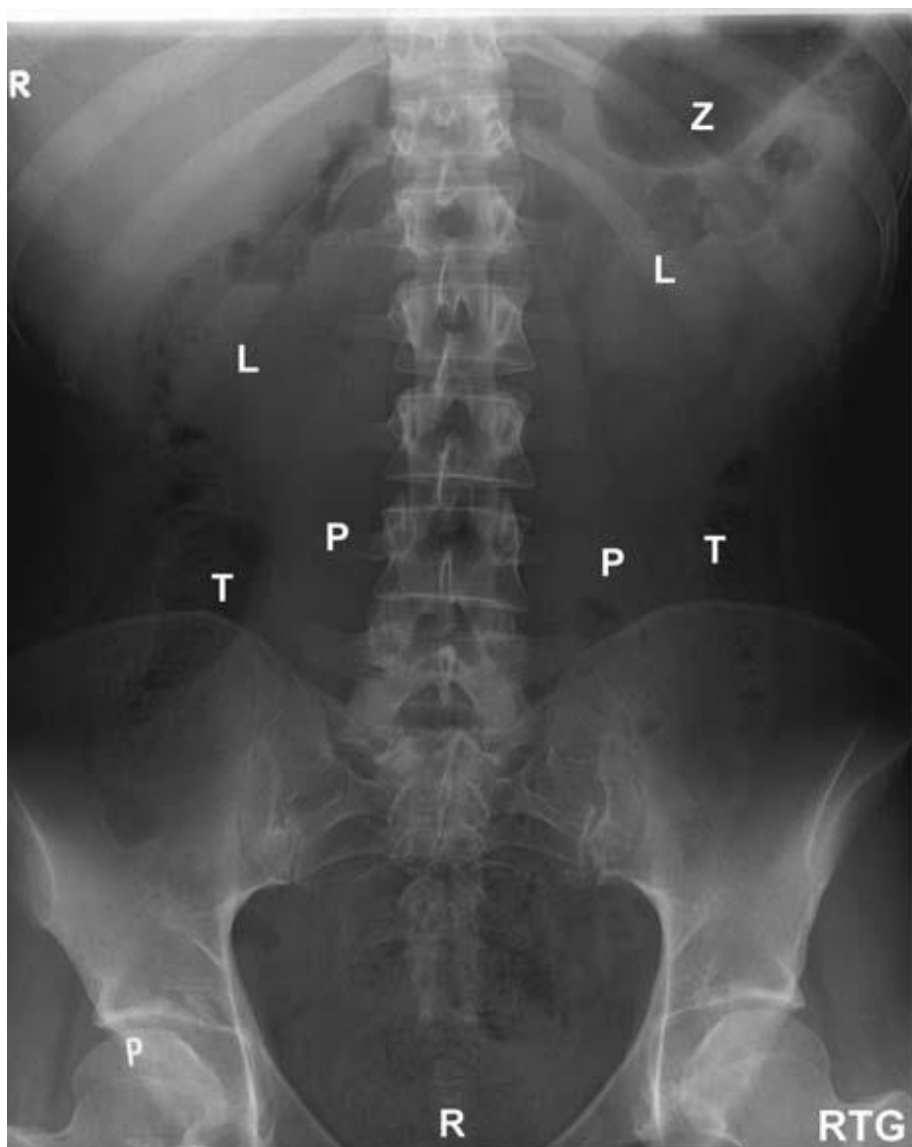


Obr. 7.2 Schéma snímkování – břicho předozadně (AP projekce)



**Obr. 7.3** Nárys rentgenogramu AP projekce břicha u ležícího pacienta

1 – ren, 2 – extremitas superior renis, 3 – extremitas inferior renis, 4 – hilus renalis, 5 – pelvis renalis (s kontrastní náplní), 6 – calyces renales, 7 – krček kalichu, 8 – pars lumbalis ureteri, 9 – pars sacralis ureteri, 10 – pars pelvina ureteri, 11 – vesica urinaria, 12 – vzduchové bubliny v kličkách střevních, 13 – kontura psoatu, 14 – kontura margo ventralis hepatis, 15 – uložení pravé nadledviny, 16 – kontura plynové náplně žaludku, 17 – oblast pyloru, 18 – plynem naplněný bulbus duodeni, XII – vertebra thoracalis XII

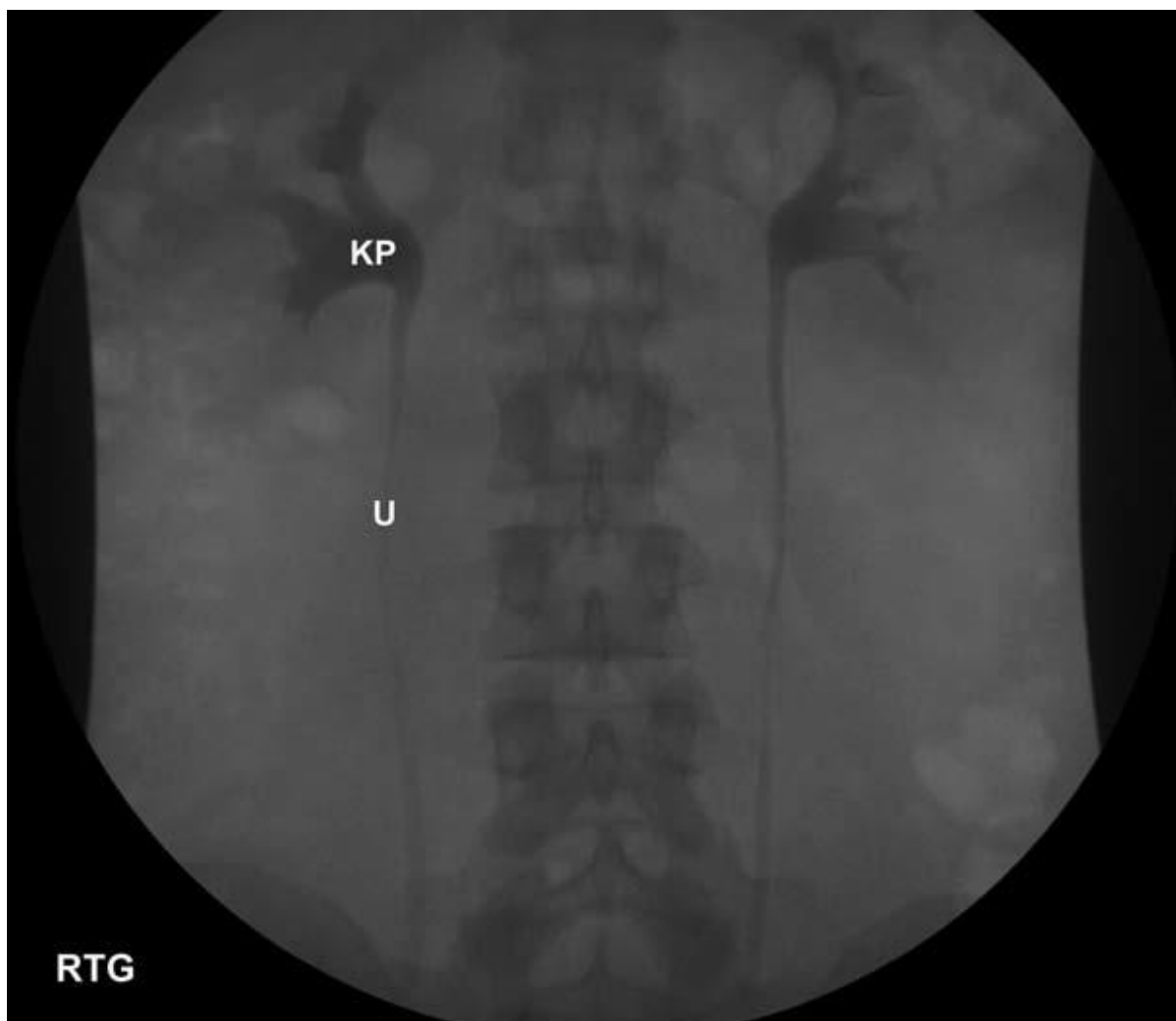


**Obr. 7.4** RTG břicha vleže na zádech vertikálním paprskem (AP); P – musculus psoas, L – ledviny, Z – žaludek, T – tračník, R – rektum

### 7.1.2 Kontrastní rentgenová vyšetření ledvin a močových cest

#### Intravenózní vylučovací urografie (IVU)

Intravenózní aplikace kontrastní látky vylučované ledvinami, zobrazení uropoetického traktu (obr. 7.5, 7.6). Začínáme nativním snímkem ledvin a malé pánve, nejen pro diagnostický význam (RTG kontrastní konkrement), ale podává informaci o centraci a kvalitě expozice snímku. Množství podávané kontrastní látky je obvykle 60–80 ml dle hmotnosti pacienta. Snímkuje se převážně v poloze na zádech v intervalech 1–30 min (např. 7, 15, 30 min).



**Obr. 7.5** IVU – normální nález KP – kalichopelvicový systém ledviny, U – ureter

Pokud ledviny vylučují opožděně doplníme tzv. odložený snímek za 45, 60, 120 min. K základní AP projekci lze doplnit projekce šikmé, lze také doplnit snímek na břiše, kdy se lépe zobrazí oblast močovodů, a snímek ve stoje, zejména při podezření na ren migrans. Cílené snímky na močový měchýř (cystogram) provádíme před a po vymočení. Vyšetřovanému nedovolíme močit a obvykle za 30 min zhotovíme snímky v AP a obou šikmých projekcích.

**Indikace:** renální kolika (urolitiáza), hematurie, tupý úraz postihující urogenitální trakt, rekurentní infekce uropoetického traktu, problémy s mikcí, IVU se provádí vždy před litotripsí rázovou vlnou a před perkutánní extrakcí konkrementů.

**Příprava:** Pacient má být důkladně vyprázdněn, obvykle je dostačující lehká a nenadýmavá strava v posledních dnech před vyšetřením. Vzhledem k tomu, že podáváme kontrastní látku i.v., je nutné 4 hodiny lačnit, doporučuje se správné zavodnění, ještě ráno před vyšetřením by se měl pacient napít. Je nutné se dotázat na případné alergické reakce, zvážit podání jodových preparátů při renální insuficienci.





**Obr. 7.6** Cystogram před vymočením (zhotovený v rámci IVU); U – ureter, MM – močový měchýř

Podmínkou získání diagnostické informace při vyšetření IVU je nutná zachovalá funkce ledvin, při snížení renálních funkcí jsou získané údaje limitované.

### Ascendentní pyelografie

Aplikace kontrastní látky katétrelem zavedeným do ureteru: Katétrelem zavádí urolog za pomoci cystoskopu. Jde o invazivní metodu, dnes se provádí výběrově, jen pokud ostatní neinvazivní metody nepřinesou dostatek diagnostických informací (obr. 7.7).

Kontrastní pyeloureterografie **Chevassuho cévkou**, spočívá v použití speciální cévky, která je na jedné straně otevřena, na obvodě je balónek, který se po zavedení do močovodu roztáhne, čímž se zablokuje odtok kontrastu, a získá se tak kvalitní pyeloureterogram.

**Indikace:** především u obstrukčních uropatií (zobrazení situace pod překážkou a eventuálně nad překážkou), někdy u intraluminálních patologických procesů.

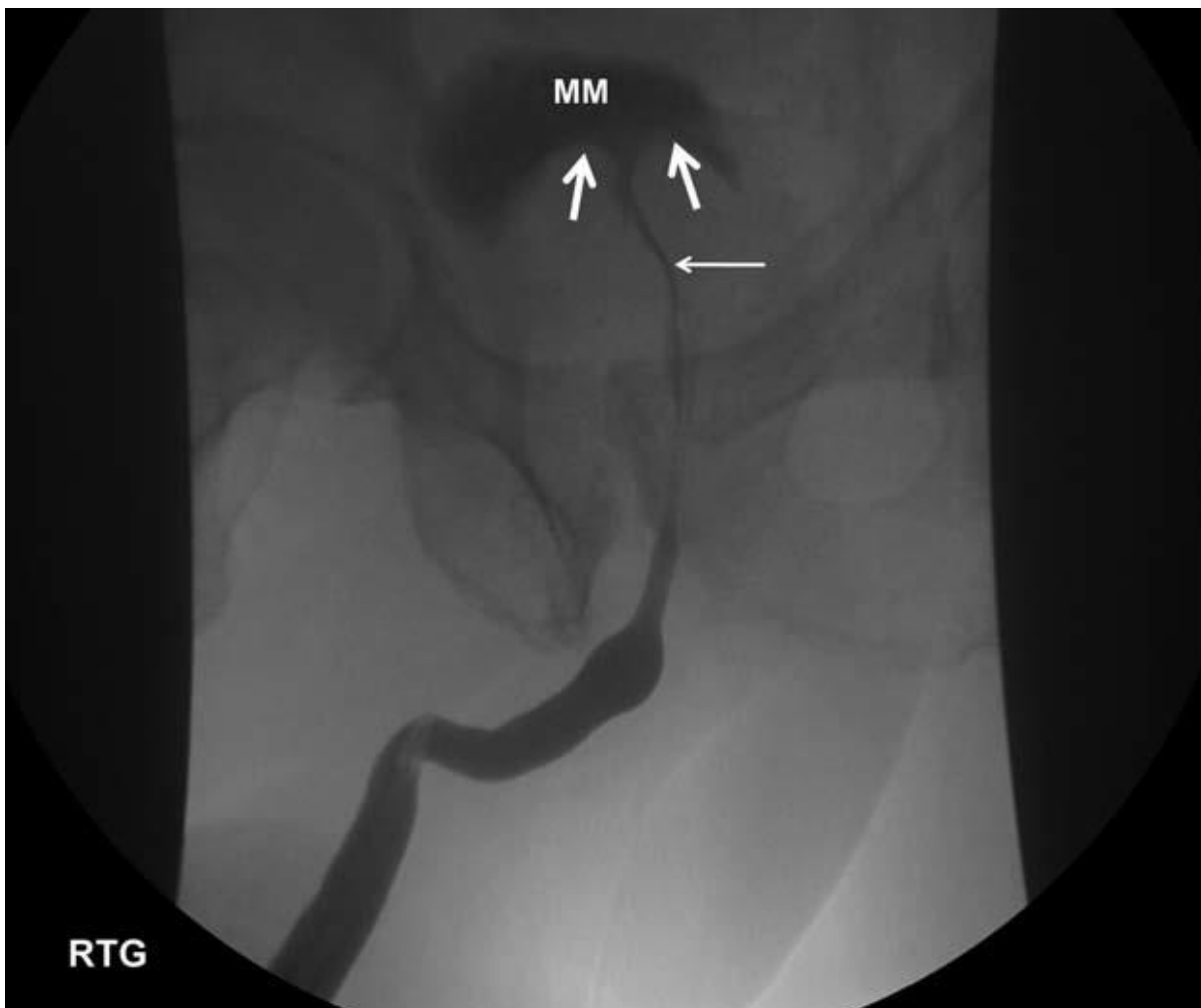


**Obr. 7.7** Ascendentní pyelografie – normální náplň ureteru (U)

### Zobrazení močového měchýře a uretry

Močový měchýř lze zobrazit dvěma postupy: **Sestupná (antegrádní) cystografie** navazuje na IVU (obr. 7.6). **Vzestupná (retrográdní) cystografie** spočívá v zobrazení močového měchýře a uretry při retrográdní aplikaci kontrastní látky, ta se aplikuje zpravidla cévkou s balónkem. Při normálním nálezu se naplní pouze močový měchýř, nemělo by dojít k naplnění ureterů. Snímkuje se po naplnění močového měchýře (obr. 7.8). **Mikční cystourethrografie** doplňuje zobrazení během mikce, je častým vyšetřením v dětském věku. Snímky se provádí v AP a šikmých projekcích.

**Indikace:** tvar a kontury močového měchýře při plné náplni a mikci (diagnóza divertiklu), trauma – podezření na rupturu močového měchýře, píštěle související s močovým měchýřem a/nebo uretrou, rekurentní infekty, podezření na vezikoureterální reflux, hodnocení pooperačních stavů, uretra – striktury, obstrukce, trauma, divertikly – a inkontinence.



**Obr. 7.8** Vzestupná (retrográdní) cystografie – hypertrofie prostaty; zúžení prostatické části uretry (tenká šipka), zvětšená prostata prominuje do močového měchýře (MM) a působí na spodině MM impresi (silnější šipky)

### Angiografie, digitální subtrakční angiografie (DSA)

**Indikace:** podezření na renální arteriální stenózu (renovaskulární hypertenze).

DSA je stále zlatým standardem zobrazení renálních tepen. Její nevýhodou je, že jde o metodu invazivní, spojenou s radiační zátěží a nutností podání jodové kontrastní látky, v neposlední řadě jsou přítomny komplikace vyplývající z invazivní procedury.

Na druhé straně umožňuje DSA kromě diagnostiky definitivní terapeutické výkony (PTA a implantace stentu).

Ke screeningu renální arteriální stenózy jsou vhodnější metody neinvazivní – USG (duplexní DUS), CTA a MRA, z nichž největší význam postupně nabývá MRA.

Největší výhodou MRA je, že není zatížena RTG zářením, kontrastní látka je méně nefrotoxická a podstatně méně alergoidní.

### 7.1.3 Ultrasonografie

Jde o nejčastěji indikované a často definitivní vyšetření urotraktu (obr. 7.9).



**Obr. 7.9** USG pravé ledviny – normální nález L – pravá ledvina, J – játra

## CT

**Indikace:** USG vyšetření je suboptimální (obézní pacient, meteorismus), USG nález není jednoznačný, podezření na maligní patologickou lézi z USG k jejímu potvrzení (eventuálně potom jako předoperační vyšetření), u malignit rovněž jako stagingové vyšetření. Vyšetření z indikace podezření na urolitiázu se provádí nativně. V ostatních případech musíme aplikovat kontrastní látku intravenózně pomocí tlakové stříkačky, často je vhodné provést vícefázové vyšetření včetně odložených snímků ve vylučovací fázi.

**CT angiografie** slouží pro vyšetření renálních tepen.

## MR

MR lze považovat za zobrazovací modalitu doplňující USG a CT. Role MR v hodnocení urologických patologií nabývá na významu. S rozvojem moderních přístrojů lze ve vysoké kvalitě zobrazit ledviny, vývodné cesty močové, perirenální prostory, retroperitoneum, stejně jako prostatu, semenné vajíčky, penis a skrotum.

**Indikace:** USG a CT nedaly uspokojivou odpověď o charakteru léze, kontraindikace podání jodové kontrastní látky i.v. na CT, staging karcinomu prostaty, prostatitida, diagnózy různých

kongenitálních anomálií u dětí – metoda bez radiační zátěže, pro zobrazení dilatovaného vývodného systému může MR urografie substituovat všechny ostatní metody.

**MR angiografie** slouží pro vyšetření renálních tepen.

#### 7.1.4 Nejčastější patologické nálezy

##### Vrozené anomálie a variace

**Ageneze ledviny.** Často náhodný nález při vyšetření, často je za agenezi považována nepoznaná ektopie.

**Ektopie (dystopie) ledviny.** Vzniká zadržením při normálním vzestupu ledviny z oblasti pánve, ledvinu lze nalézt níže než obvykle.

**Podkovovitá ledvina.** Jedná se o spojení dolních polů ledvin parenchymovým nebo fibrózním můstkem uloženým před páteří.

**Pelvis duplex, ureter duplex, ureter fissus.** Za klinicky nejvýznamnější lze považovat rozdělení močovodu (ureter fissus), kdy ureter vycházející z horního kalichu ústí do močového měchýře, ale někdy i mimo močový měchýř (uretra, vagina), což může způsobit závažné klinické potíže.

**Renkulizace (fetální lobulace).** Lze fyziologicky pozorovat u novorozenců a dětí do 4 let jako výrazné zářezy na zevní kontuře ledvin napodobující jizvy.

##### Obstruktivní uropatie

**Akutní obstrukce** – způsobuje výrazné klinické obtíže, kolikovitá bolest.

**Příčina:** konkrement, koagulum, akutní pelviureterální obstrukce.

**Vyšetřovací metody:** Za iniciální vyšetření lze považovat **nativní snímek** (obr. 7.10), který však nemusí konkrement zobrazit (některé konkrementy jsou nekontrastní). Následuje **USG** vyšetření, které jednoznačně prokáže přítomnost měštnání nad překážkou, i když nemusí odhalit příčinu měštnání. Dále je indikována **IVU**. Pokud je měštnání velké, bývá kontrastní náplň chabá, v těchto případech se přistupuje k **ascendentní pyelografii**.

V případě renální koliky je trendem ještě před IVU zařadit **nativní CT**, které zobrazí měštnání vývodného systému, odhalí příp. konkrement (obr. 7.11) či upozorní na jinou patologii, následně lze doplnit CT s intravenózní aplikací kontrastní látky.

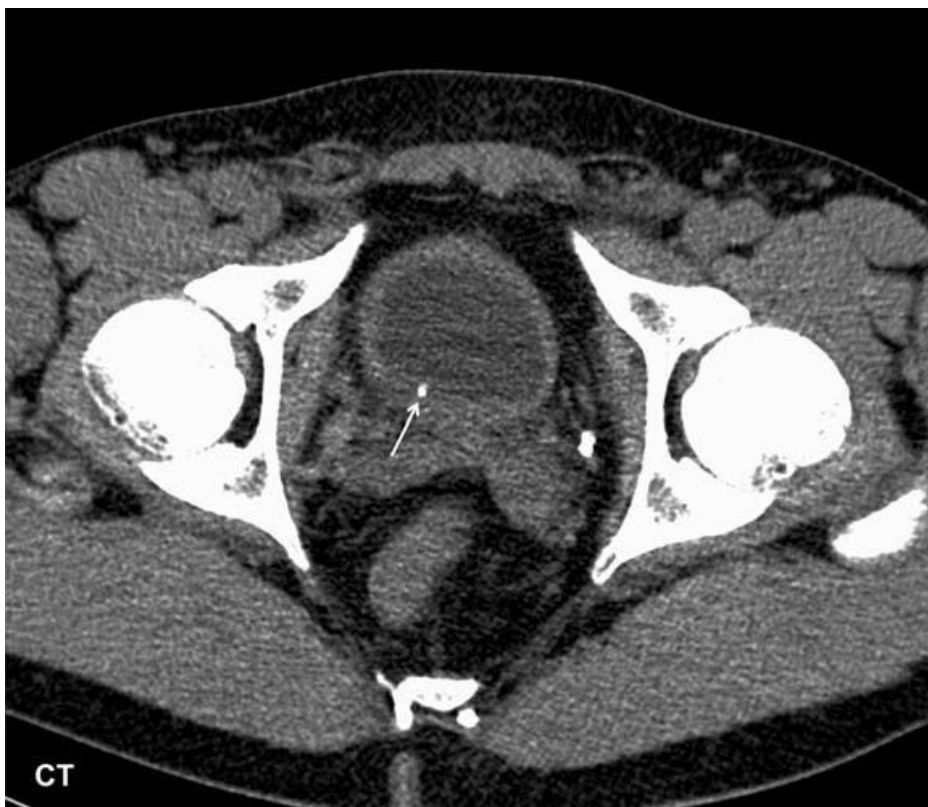
**Chronická obstrukce** – přechodná či stálá bolest v oblasti ledvin, postupné selhání ledvin.

**Příčina:** zvětšení prostaty, maligní onemocnění v pánvi, striktury močového systému infekčního, traumatického původu, nádory ledvinné pánvičky, močovodů, močového měchýře.

**Vyšetřovací metody:** dle posloupnosti – nativní snímek, USG, CT nativně a poté s intravenózní aplikací kontrastní látky. IVU ztratila své výsadní postavení (relativně často jsme se setkávali s nálezem tzv. „afunkční ledviny“).



Obr. 7.10 Nativní nefrogram – konkrement v pravém ureteru

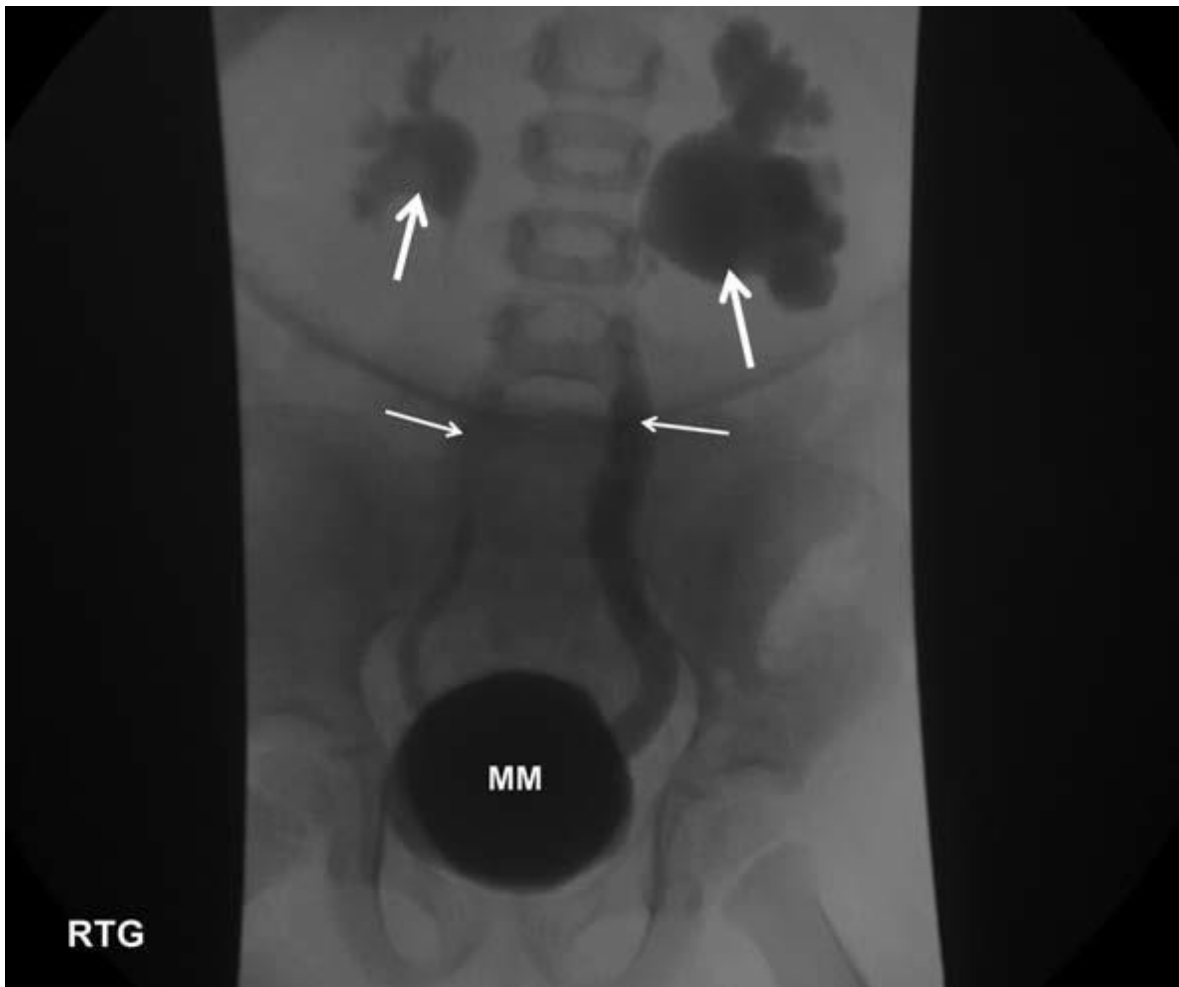


Obr. 7.11 Nativní CT – konkrement zaklíněný v ústí pravého ureteru do močového měchýře

### Vezikoureterální reflux

Reflux může dosahovat až do kalichopelvickeho systému a způsobit výraznou dilataci a otupení kalichů (obr. 7.12). Příčiny refluxu jsou vrozené (anomálie ureterovezikálního přechodu) a získané (cystitida, paraureterální divertikl).

**Zobrazovací metody:** mikční cystoureografie, scintigrafická cystografie, USG s použitím kontrastní látky.

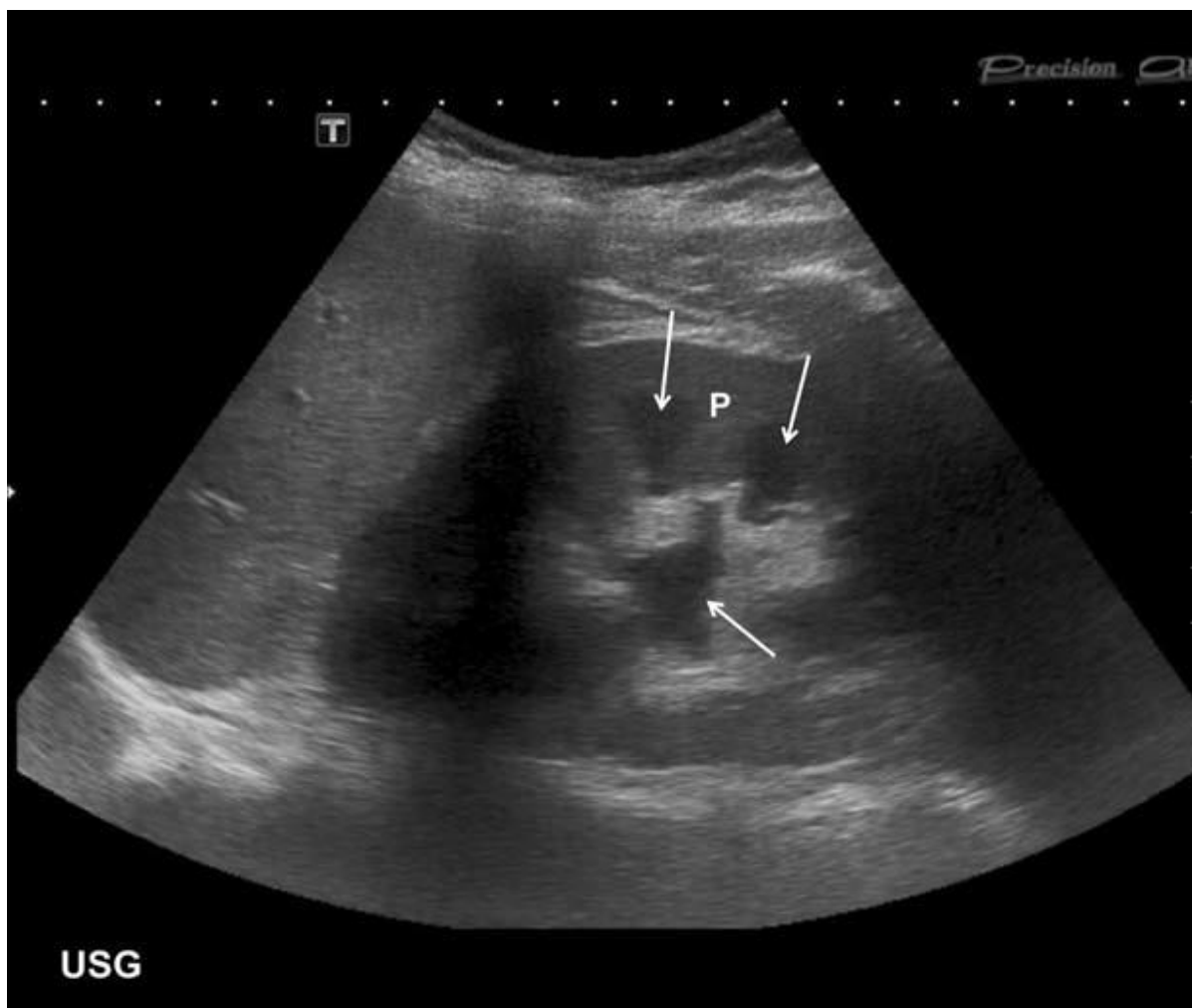


**Obr. 7.12** Mikční cystoureografie – vezikoureterální reflux IV. stupně: rozšířené uretery (tenké šipky) a kalichopelvicke systémy ledvin (silnější šipky), více vlevo MM – močový měchýř

### Záněty

**Akutní pyelonefritida.** Většinou ascendentní infekce, jen zřídka hematogenní etiologie (15 %). Zvýšené riziko pozorujeme při urolitiáze, cukrovce, neuropatickém močovém měchýři. Projevuje se horečkami, bolestí v zádech, leukocytózou, bývá hematurie a nález zánětlivých elementů v moči, léčba antibiotiky.

**Zobrazovací metody:** nativní snímek, USG (často definitivní diagnóza) (obr. 7.13), CT. Při IVU bývá obraz takřka normální.



**Obr. 7.13** *USG – pyelonefritida: rozšíření parenchymu ledviny (P), lehce rozšíření kalichopelvickeho systému ledviny (šipky)*

**Renální a perirenální či pararenální abscesy.** Bývají komplikací akutní pyelonefritidy nebo pooperačních stavů.

**Zobrazovací metody:** USG, CT, MR.

**Tuberkulóza.** Nejčastěji hematogenní etiologie (75 %), jednostranné postižení.

**Zobrazovací metody:** nativní snímek (přítomnost kalcifikací), IVU CT (dilatace kalichů a zúžení v infundibulu, eroze kalichů, nepravidelný povrch papil, kaverny).

**Chronická pyelonefritida.** Vzniká retrográdním zavlečením infekce při vezikoureterálním refluxu, iatrogeně (instrumentálním zavlečením), hematogenní cestou.

**Xantogranulomatózní pyelonefritida,** chronická granulomatózní supurativní infekce. Způsobuje bolesti, horečky, často sepse, hematurie, až v 80 % je přítomen kámen, který působí obstrukci.

**Vyšetřovací metody:** nativní snímek, USG, CT.

## Nádory



## Benigní nádory

**Cysty ledvin. Prostá cysta** se vyskytuje až u 25 % vyšetřovaných starších 50 let, počet i velikost s věkem narůstá, většinou nebývá klinická symptomatika.

**Komplexní komplikovaná cysta** – prokrváčená, infikovaná. Často doprovázená klinickými potížemi: koliky, hematurie, horečka, bakteriurie.

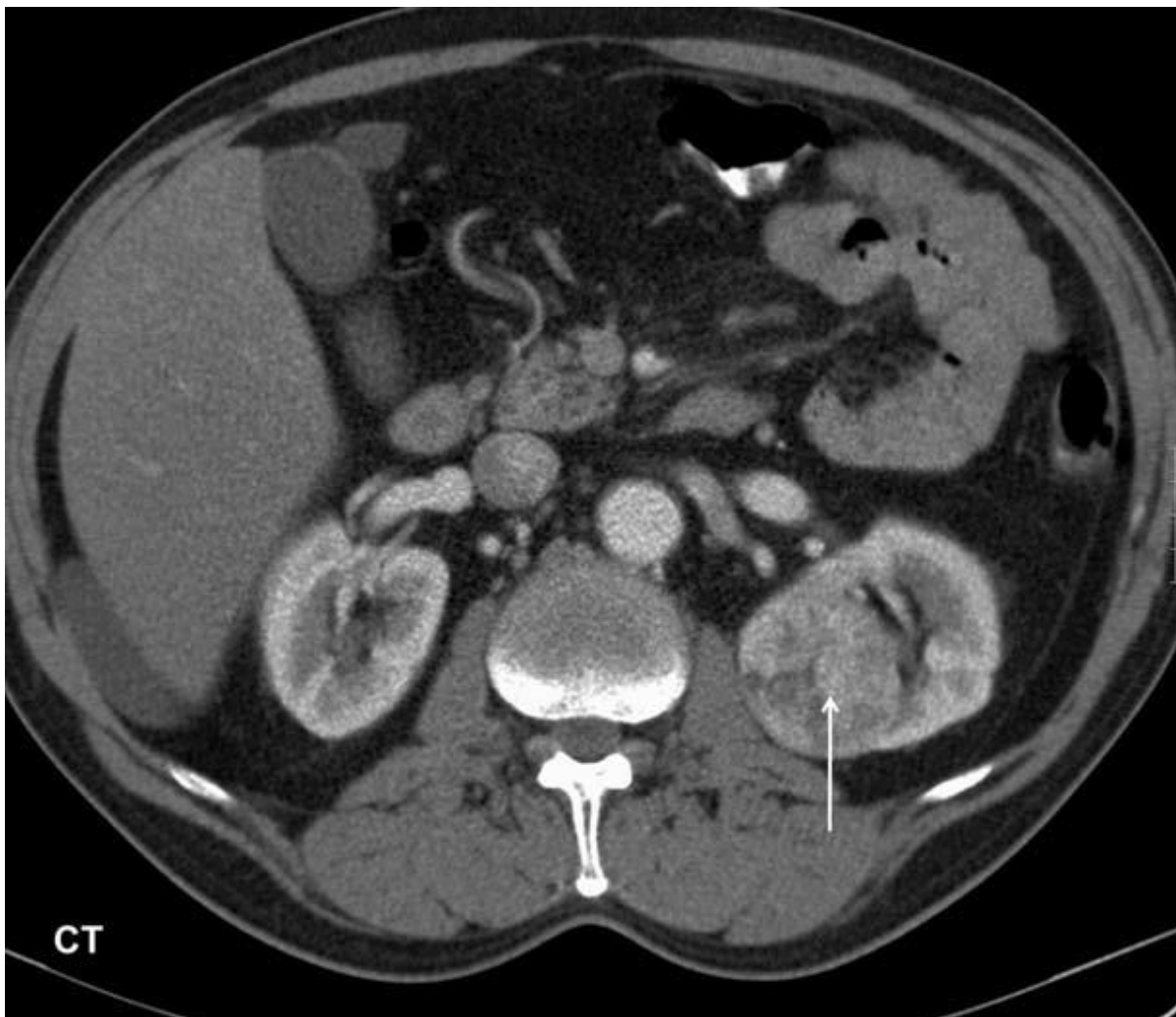
**Maligní transformace cysty** – cystický adenokarcinom.

**Polycystické ledviny** – vrozená forma, adultní forma.

Jiné benigní nádory ledvin jsou relativně vzácné – angiomyolipom, onkocytom.

## Maligní nádory

**Adenokarcinom (Grawitzův tumor)** je nejčastější maligní tumor ledvin u dospělých (80–90 %). Dominantními zobrazovacími metodami, většinou s jednoznačnou diagnostikou jsou UZ a CT, přičemž více než 50 % nálezů bývá zcela náhodných (obr. 7.14).



**Obr. 7.14** CT s kontrastem – tumor levé ledviny (Grawitzův tumor): ložisko nehomogenního sycení deformující konturu levé ledviny

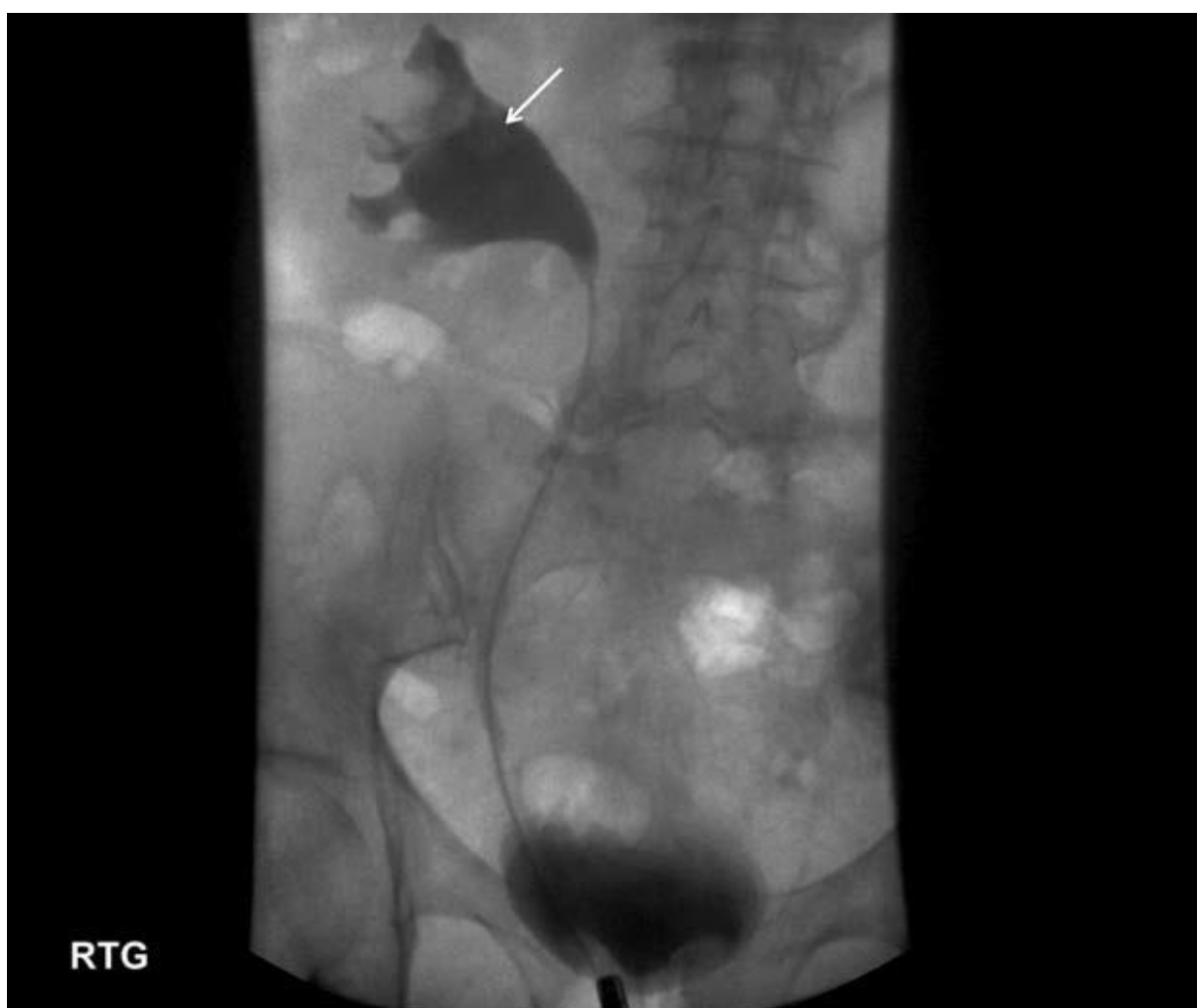
Při klinických potížích pozorujeme bolesti v zádech a hematurii. Léčbou je otevřená, radikální nefrektomie, trendem je použití méně invazivních metod – parciální nefrektomie, RFA.

Metastázy nádoru jsou časté, především do uzlin, plic, jater, mozku, kostí. Není neobvyklé, že první klinické projevy nádoru jsou z metastáz.

**Karcinom z cylindrického epitelu** (uroteliální karcinom) tvoří 85 % nádorů pánvičky ledvin, často současně nebo později nádor v ureteru či v močovém měchýři. Bývají diagnostikovány až při obstrukci (obr. 7.15).

**Wilmsův tumor (nefroblastom)** je druhý nejčastější primární nádor u dětí (za neuroblastomem). Většinou je doprovázen klinickou symptomatologií, metastazuje do plic, do jater, do kostí.

**Metastázy do oblasti ledvin tvoří:** bronchogenní karcinom, karcinom prsu, druhostranná ledvina, non-hodgkinský lymfom, tlusté střevo.



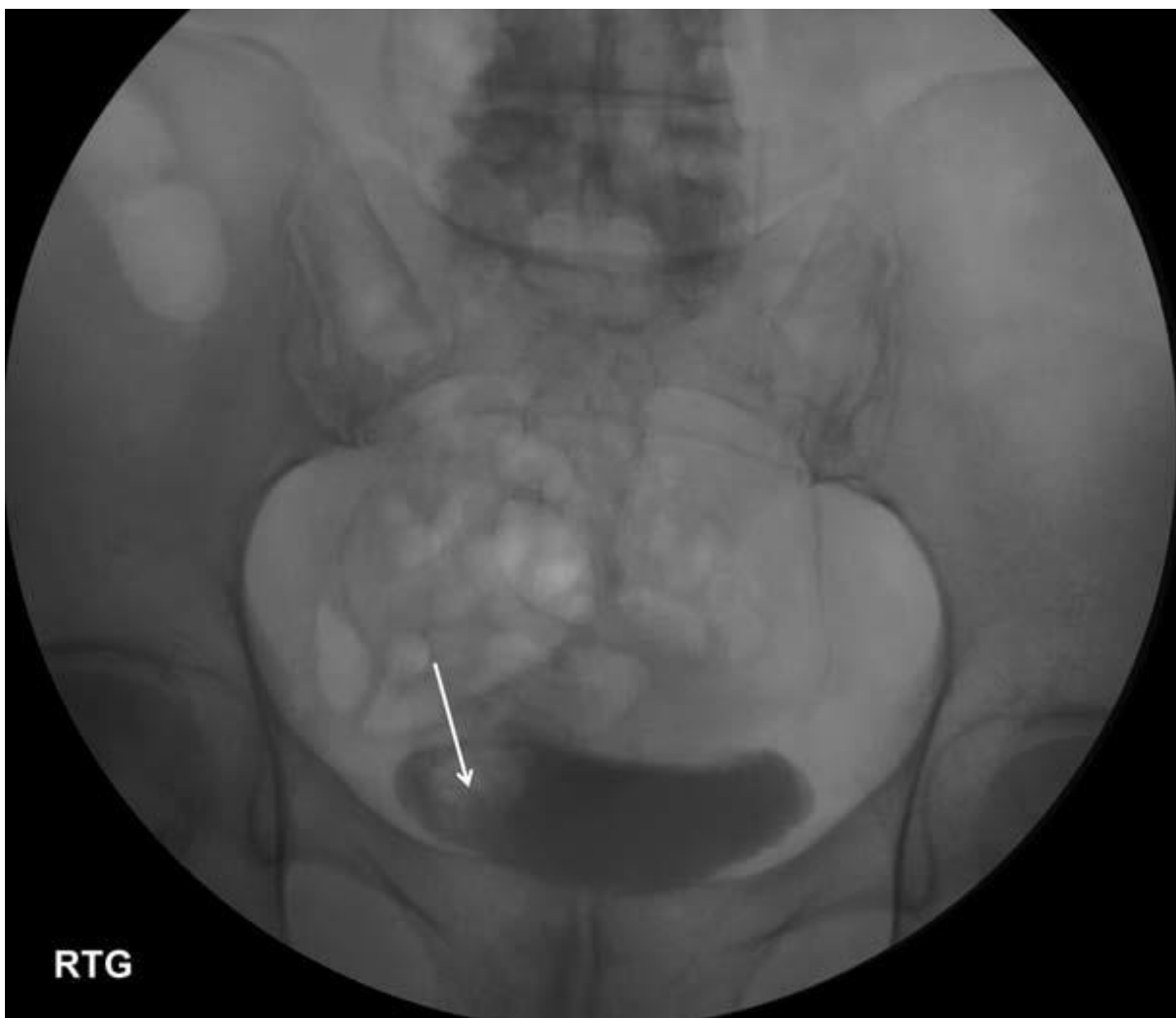
**Obr. 7.15** Ascendentní pyelografie – tumor v horním kalichu a pánvičce pravé ledviny (uroteliální tumor). Tumor působí defekt v kontrastní náplni horního kalichu a pánvičky (šipka).

**Nádory močového měchýře** jsou nejčastější nádory vylučovacího systému, s klinickými projevy bezbolestné hematurie (častý u kuřáků).

**Metody zobrazení:** USG, cystoskopie s biopsií, cystografie (obr. 7.16), CT.

### Hypertenze a choroby ledvin

Příčinou tzv. **renovaskulární hypertenze** je renální arteriální stenóza (RAS), která je ve většině případů způsobena arteriosklerózou (70–90 %), u mladších nemocných může být příčinou fibromuskulární dysplazie. Renovaskulární hypertenze je nejčastějším důvodem sekundární hypertenze a/nebo selhání ledvin. Hypertenzi mohou způsobit i jiné nemoci ledvin (**renální hypertenze**) – chronická nefritida, polycystické ledviny, obstruktivní nefropatie, refluxní nefropatie.



**Obr. 7.16** Cystogram – tumor močového měchýře. Tumor působí defekt v kontrastní náplni močového měchýře.

### Onemocnění prostaty

**Benigní hypertrofie prostaty.** Nejčastější benigní nádor u mužů ve vyšším věku.

Klinicky se manifestuje častým močením, dysuriemi, močovou retencí, infekcí močových cest.

**Diagnostika:** palpační vyšetření per rektum, stanovení sérové koncentrace specifického prostatického antigenu (PSA). Ze zobrazovacích metod obvykle indikujeme USG vyšetření ledvin, prostaty, měchýře včetně postmikčního rezidua a transrektální USG prostaty a močového měchýře rektální sondou. Vyšetření můžeme dle nálezů doplnit o urodynamické a endoskopické vyšetření. Rozlišení mezi benigním a maligním onemocněním bohužel často není možné bez biopsie.

**Adenokarcinom prostaty.** Druhá nejčastější malignita u mužů (za bronchogenním karcinomem). Vodítkem pro diagnózu je zvýšení PSA v laboratorních testech. Sedmdesát procent karcinomů je lokalizováno v periferní zóně prostaty.

Diagnostický algoritmus vyšetřovacích modalit je obdobný jako u benigní hypertrofie prostaty. Obvykle začínáme zobrazením USG, nejvíce informací přinese transrektální USG. Transrektální sondy bývají vybaveny bioptickým nástavcem. Biopsie prostaty per rektum ať již „naslepo“, či pod USG kontrolou je zásadní, diagnóza musí být vždy potvrzena histologickým vyšetřením. Trvá – li podezření při negativní histologii, opakujeme po 3–6 měsících vyšetření per rektum, které doplníme biopsií. Rovněž sledujeme laboratorní hodnoty PSA.

Při histologickém průkazu karcinomu doplníme staging, tzn. stanovení TNM (tumor, lymfatické uzliny, metastázy), které je zásadní pro další klinické vedení nemocného, resp. léčbu. Metodou volby pro **staging karcinomu prostaty** je MR (nikoliv pro screening!!). MR (obr. 7.17) je metodou nejvíce senzitivní pro lokální staging (přesnost přesahuje transrektální UZ a CT), zobrazí i lymfatické uzliny.

Prognóza závisí na rozsahu onemocnění v době stanovení diagnózy a jeho maligním potenciálu. Svým průběhem při časně diagnóze je karcinom prostaty nyní řazen k chronickým onemocněním. Jiná je situace u vyšších stadií choroby. Přibližně 80 % nemocných s pokročilým a generalizovaným onemocněním odpovídá dobře na hormonální léčbu.



**Obr. 7.17** MR – tumor prostaty: typicky hyposignální ložisko v periferní zóně prostaty, která je normálně zvýšeného signálu v T2 váženém obrazu

### 7.1.5 Intervenční uroradiologie

#### Vaskulární intervence

- perkutánní transluminální angioplastika (PTA),
- stent,
- embolizace.

#### Nevaskulární intervence

- cystoskopické zavádění ureterálních stentů,
- dilatace striktur balónkovým katétrem,
- perkutánní nefrostomie a navazující výkony
  - a) perkutánní extrakce konkrementu,
  - b) zavedení ureterálních stentů;
- perkutánní biopsie,
- drenáže tekutinových kolekcí,
- radiofrekvenční ablace (RFA).

**Perkutánní transluminální angioplastika (PTA).** V místě tepenné stenózy dilatujeme balónkový katétr insulací vzduchu. Při neuspokojivém výsledku dilatace lze přistoupit k zavedení **stentu**.

**Embolizace** – arteficiální uzávěr tepny. Provádí se selektivní (superselektivní) katetrizací se zavedením embolizačního materiálu (např. kovové spirálky, polyvinylakrylátové částičky, gelaspon, tkáňové lepidlo).

**Indikace:** kompletní či částečná embolizace neoperabilních nádorů ledvin či močového měchýře, omezení či zastavení krvácení z tumoru či krvácení traumatické – event. iatrogenní, řešení krvácení z postradiačně změněné stěny močového měchýře, embolizace vzácných aneurysmat renálních tepen, endovaskulární výkony k léčbě varikokél.

**Zavedení ureterálních stentů.** Ureterální stenty se zavádějí k obnovení odtoku moči z ledviny do měchýře „fyziologickou“ cestou. Plastikové vnitřní stenty se tradičně zavádějí cystoskopicky „retrográdně“. Pokud to není možné, zavádí se antegrádně nefrostomickým přístupem. Stent se doporučuje za 4–6 měsíců vyměnit, protože je nebezpečí inkrustace stentu močovými solemi a jeho uzávěr.

**Dilatace striktur balónkovým katétrem.** Indikována především u striktur uretry.

**Perkutánní nefrostomie.** Podstatou je zavedení katétru (tzv. pigtail) do ledviny, resp. do kalichu a pánečky přes kůži. Během výkonu se rozšířený vývodný systém zaměřuje pod USG kontrolou. Metodu lze užít pro krátkodobou i déletrvajícím **drenáž** zablokované ledviny, případně i pro odstranění konkrementu z KP systému ledviny – **perkutánní extrakce konkrementu**. Dalším navazujícím výkonem může být **zavedení stentu**.

**Indikace:** Při léčbě obstrukcí horních močových cest tam, kde je znemožněn přirozený odtok moči, dále při řešení močových píštělí.

**Perkutánní biopsie** solidních ložiskových lézí pod USG či CT kontrolou.

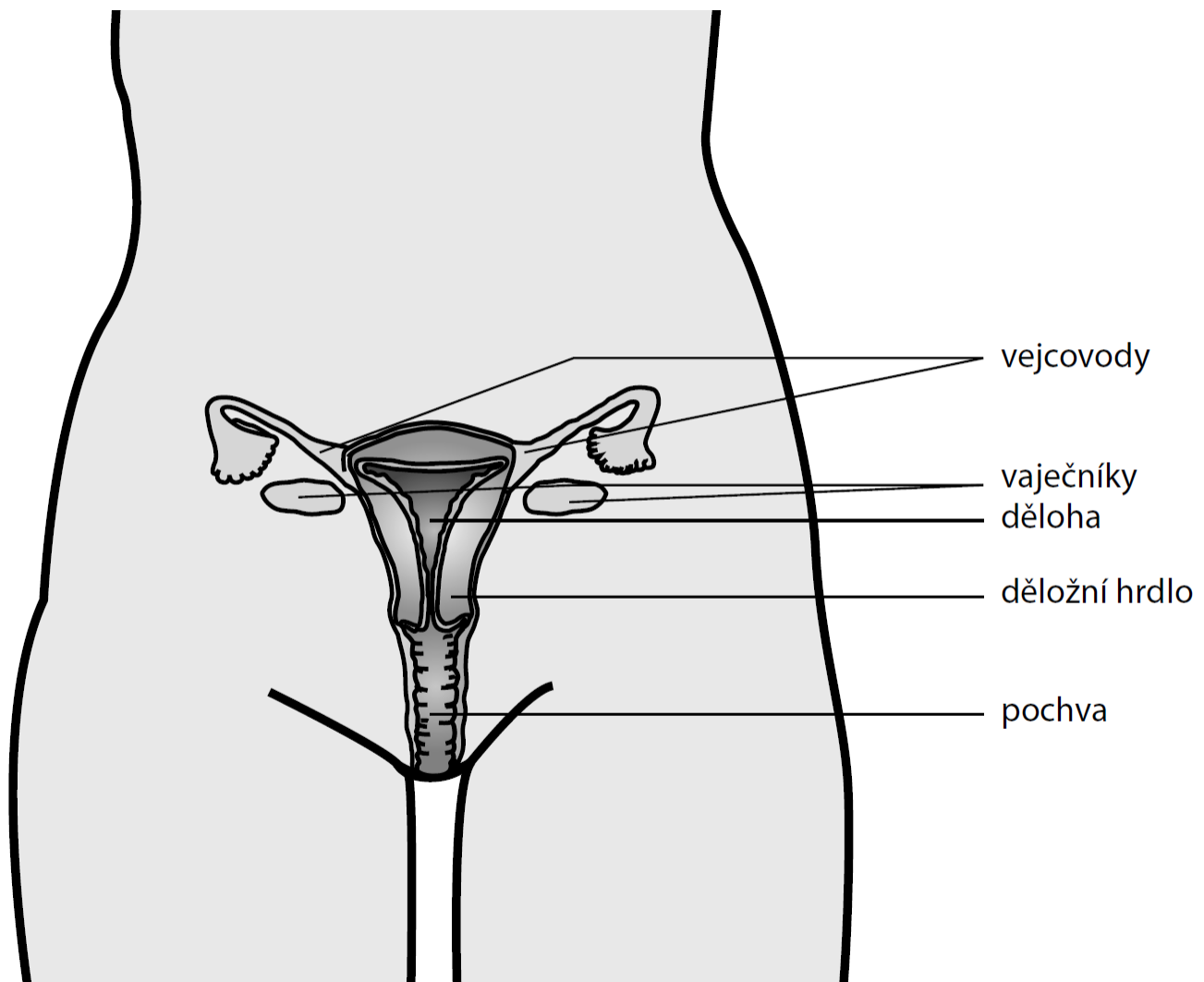
**Drenáže tekutinových kolekcí.** Při zachování výhod miniinvazivního přístupu je úspěšnost například drenáže ledvinných abscesů srovnatelná s chirurgickou léčbou.

V oblasti ledvin můžeme provádět diagnostickou či terapeutickou punkci nebo drenáž různých kolekcí, k nimž patří abscesy (intra-, peri- či pararenální), kolekce tekutiny při akutní pankreatitidě (přední pararenální prostor), punkce, drenáž či alkoholizace symptomatické cysty.

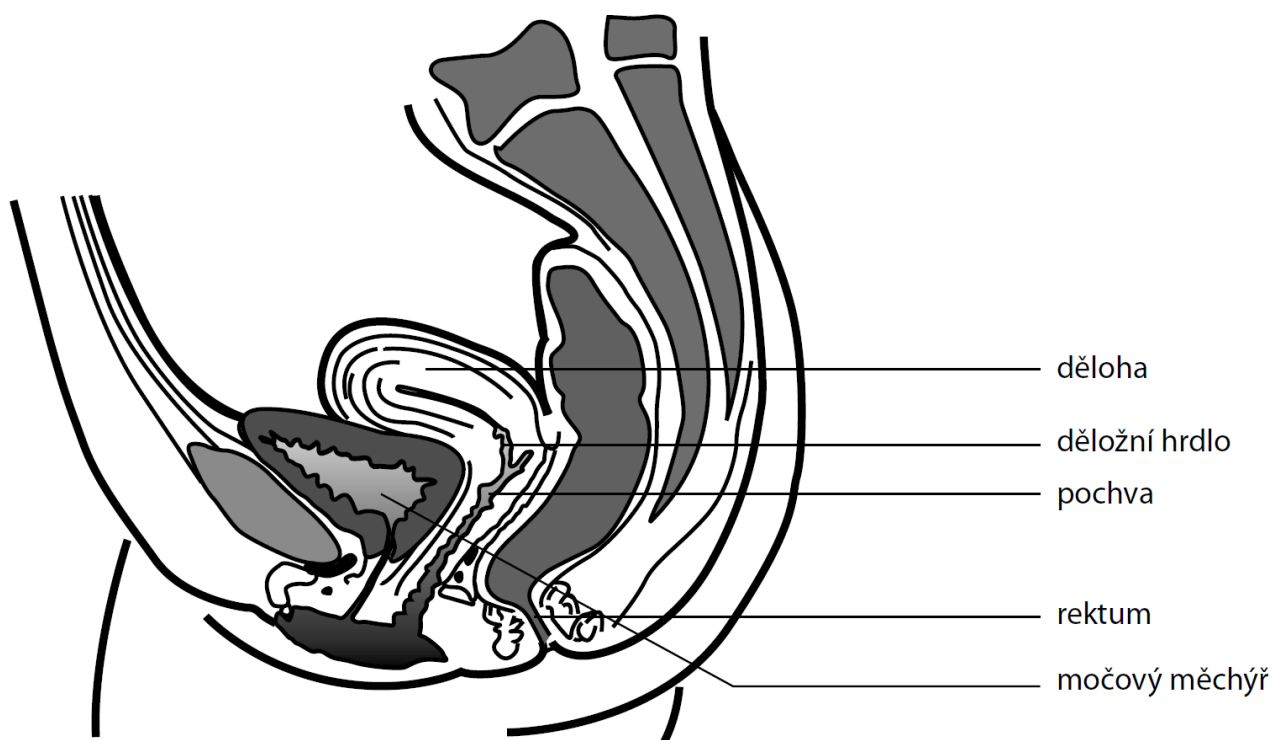
**Radiofrekvenční ablace (RFA).** Klasickou léčbou adenokarcinomu byla otevřená radikální nefrektomie. V souvislosti se vzrůstající časnější detekcí nádorů v počátečním stadiu se léčba posunula směrem k méně radikálním chirurgickým technikám, jako je parciální nefrektomie – otevřená či laparoskopická. RFA, kterou lze charakterizovat jako minimálně invazivní perkutánní techniku, se nabízí jako možná terapie především u starších, obtížně operovatelných pacientů. Predikátorem úspěšnosti RFA je velikost tumoru, vhodné jsou tumory do 4 cm.

## 7.2 Zobrazovací diagnostika v gynekologii

### Anatomie ženské malé pánve



Obr. 7.18 Schéma anatomie malé pánve – COR rovina



Obr. 7.19 Schéma anatomie malé pánve – SAG rovina

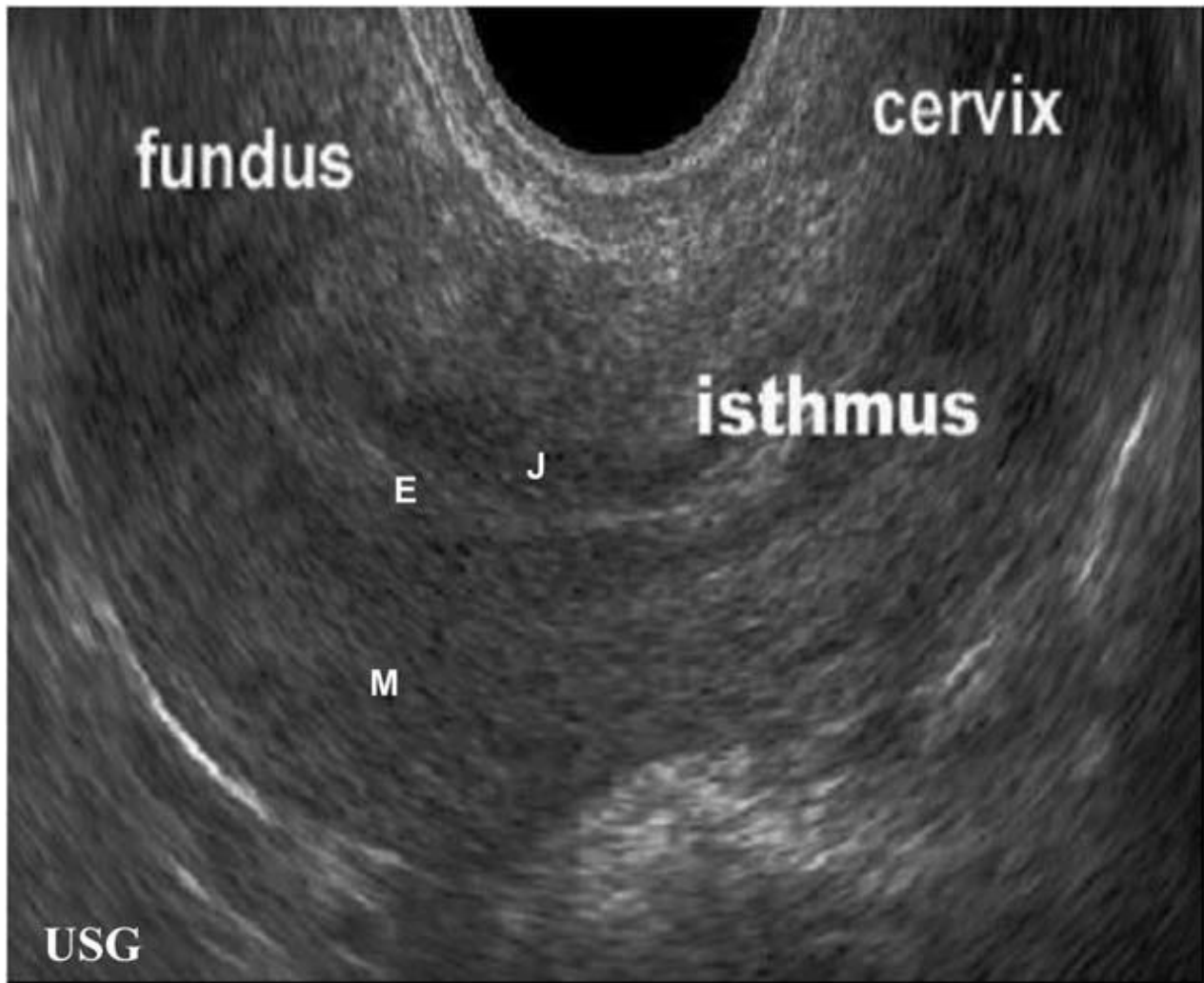
### 7.2.1 Vyšetřovací metody

- ultrasonografie (USG) transabdominální
- ultrasonografie transvaginální (obr. 7.20), transrektální
- výpočetní tomografie (CT)
- magnetická rezonance (MR) (obr. 7.21)
- PET/CT (především onkologická diagnostika)
- hysterosalpingografie
- lymfografie

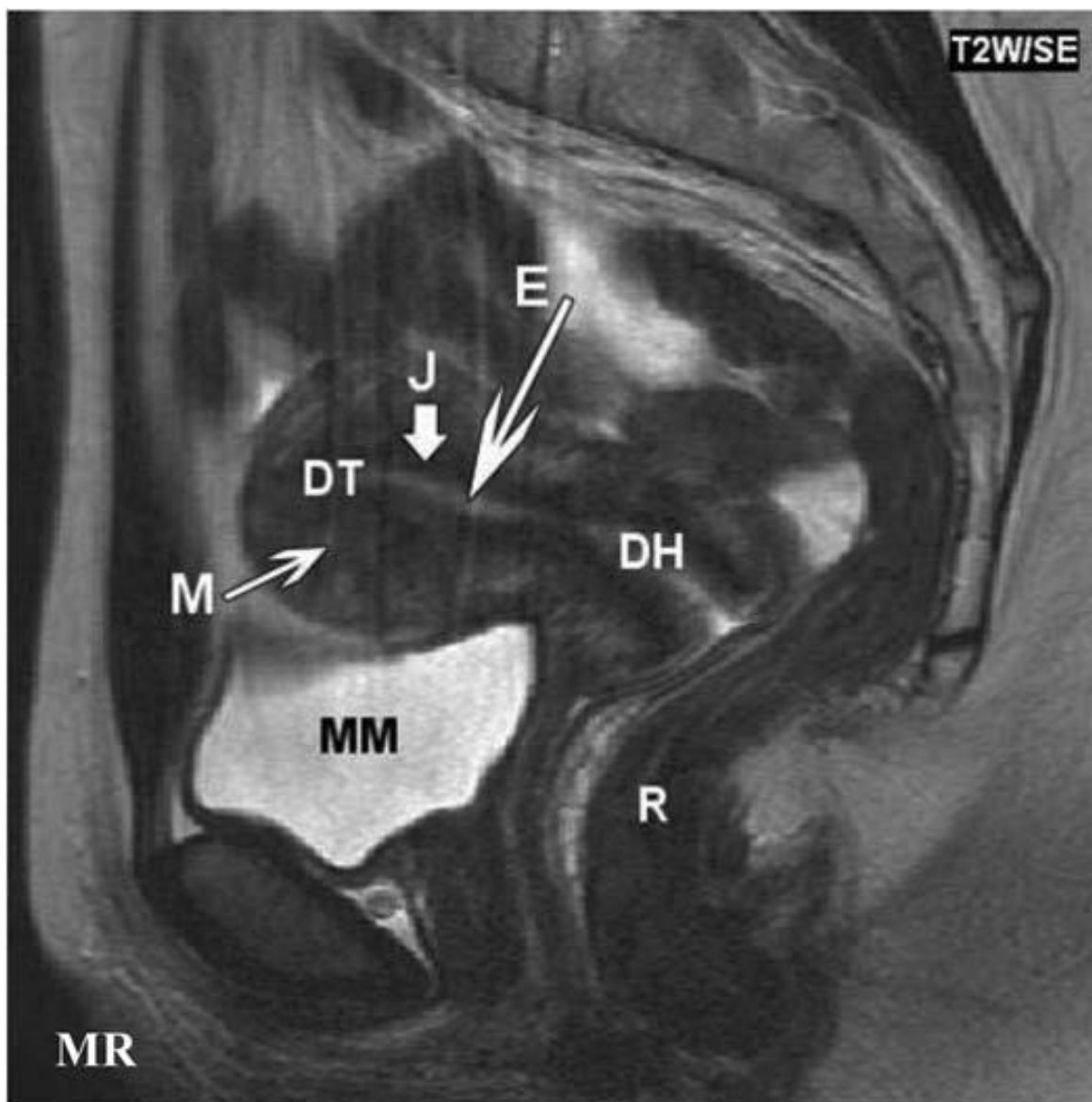
Základní zobrazovací metodou je **USG**, především **USG vaginální sondou** (eventuálně rektální) má v gynekologii výsadní postavení. Pokud je zobrazení ultrazvukem suboptimální (v případě transabdominálního vyšetření nejčastěji pro obezitu pacienta či meteorismus) nebo nepřinese jasný diagnostický závěr, následuje počítačová tomografie (**CT**) a magnetická rezonance (**MR**). V onkologické oblasti je další možnou modalitou pozitronovaná emisní tomografie v kombinaci s CT (**PET/CT**).

Dnes pouze doplňkově, především v onkogynekologii, využíváme klasické zobrazovací metody jako intravenózní vylučovací urografii, irrigografii, nativní snímek břicha, hysterosalpingografii, lymfografii. Výjimkou je skiagram hrudníku, který je stále základní zobrazovací metodou při vyhledávání plicních metastáz. CT je modalita senzitivnější, ale je nutné počítat s vyšší radiační zátěží. Intravenózní vylučovací urografie (**IVU**) se dnes využívá jen minimálně, protože ledviny dobře zhodnotí ultrazvuk a v indikovaných případech lze ledviny a vývodné cesty močové zobrazit při CT vyšetření ve vylučovací fázi nebo na MR. Irrigografie bývá indikována výjimečně, například při podezření na píštěl. Nativní snímek břicha má své místo při podezření na ileus či pneumoperitoneum.





**Obr. 7.20** USG dělohy transvaginální fundus – vyklenutá horní část těla dělohy, isthmus – mírně zúžený přechod mezi tělem a hrdlem děložním, cervix – hrdlo děložní Zonální anatomie dělohy: E – endometrium, J – junkční zóna, M – myometrium



**Obr. 7.21** MR, SAG řez T2W obraz – pánev ženy DT – děložní tělo, DH – děložní hrdlo, MM – močový měchýř, R – rektum Zonální anatomie dělohy: E – endometrium, J – junkční zóna, M – myometrium

**Hysterosalpingografie (vyšetření dutiny děložní a vejcovodů).** Jedinou indikací je dnes zjištění příčin ženské sterility. Jde o invazivní modalitu, po vyšetření se mohou objevit teploty a bolesti v podbříšku. Vyšetření je kontraindikováno při akutním zánětu a krvácení. Pacientka má být vyprázdněna, před vyšetřením se vymočí, doporučuje se premedikace, protože vyšetření bývá bolestivé. Před nástřikem děložní dutiny kontrastní látkou se provede utěsnění hrdla. Nástřik pozitivní nefrotropní látkou se provádí za skiaskopické kontroly, během plnění se pořizují snímky v AP a šikmých projekcích. S odstupem 15, eventuálně 30 minut se provedou odložené snímky v AP projekci, které hodnotí, na kolik a jak se změnil RTG obraz. Po vyšetření mají pacientky 2–3 hodiny klidový režim vleže.

**Lymfografie (zobrazení uzlin a lymfatických cest).** Indikuje se zcela výjimečně, jedná se o invazivní vyšetření s nutnou preparací lymfatických cév nejčastěji na nártu dolní končetiny

s následnou aplikací olejové kontrastní látky. Odtud postupuje celým lymfatickým systémem, který se pak zobrazí na RTG snímcích. Pacientka by měla být 4 hodiny před vyšetřením nalačno, aby se snížilo riziko vzniku alergické reakce na kontrastní látku.

## 7.2.2 Nejčastější patologické nálezy

### Vývojové odchylky

Nejčastěji je postižena děloha, např.: ageneze, hypoplazie dělohy a různé tvarové odchylky (uterus didelphys, bicornuate, septate), které mohou být příčinou ženské sterility nebo opakovaných potratů.

### Záněty

Záněty se mohou objevit v kterékoliv části ženských pohlavních orgánů. Velmi často pozorujeme v gynekologických ambulancích záněty pochvy a vulvy (vulvovaginitidy), které však nejsou indikací pro zobrazovací metody. Závažnější jsou záněty vnitřních pohlavních orgánů, které se mohou šířit do okolních tkání. Klinicky bývá přítomna bolest v podbříšku, zvýšená teplota či horečka, nevolnost a únava. Podbříšek je na pohmat bolestivý, při postižení vazů a pobříšnice se mohou objevit i příznaky dráždění pobříšnice. Ultrazvukové vyšetření může prokázat zvětšení vaječnicků, hnisavou náplň vejcovodu či přítomnost volné tekutiny v malé pánvi. Podezření na tuboovariální absces je indikací k CT vyšetření.

### Endometrióza

Jedná se o poměrně časté onemocnění u žen v reprodukčním věku, většinou velmi bolestivé, charakterizované výskytem ložisek děložní sliznice (endometria) mimo děložní dutinu. Tyto částky sliznice v průběhu menstruačního cyklu reagují na hormonální změny, probíhá v nich narůstání, přeměna a odlučování s krvácením, stejně jako ve sliznici děložní. Tento proces způsobuje bolesti, často vznikají srůsty. Ložiska se mohou vyskytovat prakticky kdekoli, nejčastěji se objevují na peritoneu v malé pánvi, na vaječnicích (endometroidní cysty), dále bývá postižen vejcovod, stěna děložní, děložní vazy, rektovaginální přepážka, vzácněji stěna močového měchýře nebo střeva. Endometriózu lze diagnostikovat pomocí vaginální USG, velmi specifická je potom MR, která v postiženém místě zobrazí přítomnost rozpadových produktů hemoglobinu (zvýšený signál v T1 – váženém obrazu, tzv. shadowing v T2 váženém obrazu) (obr. 7.22).

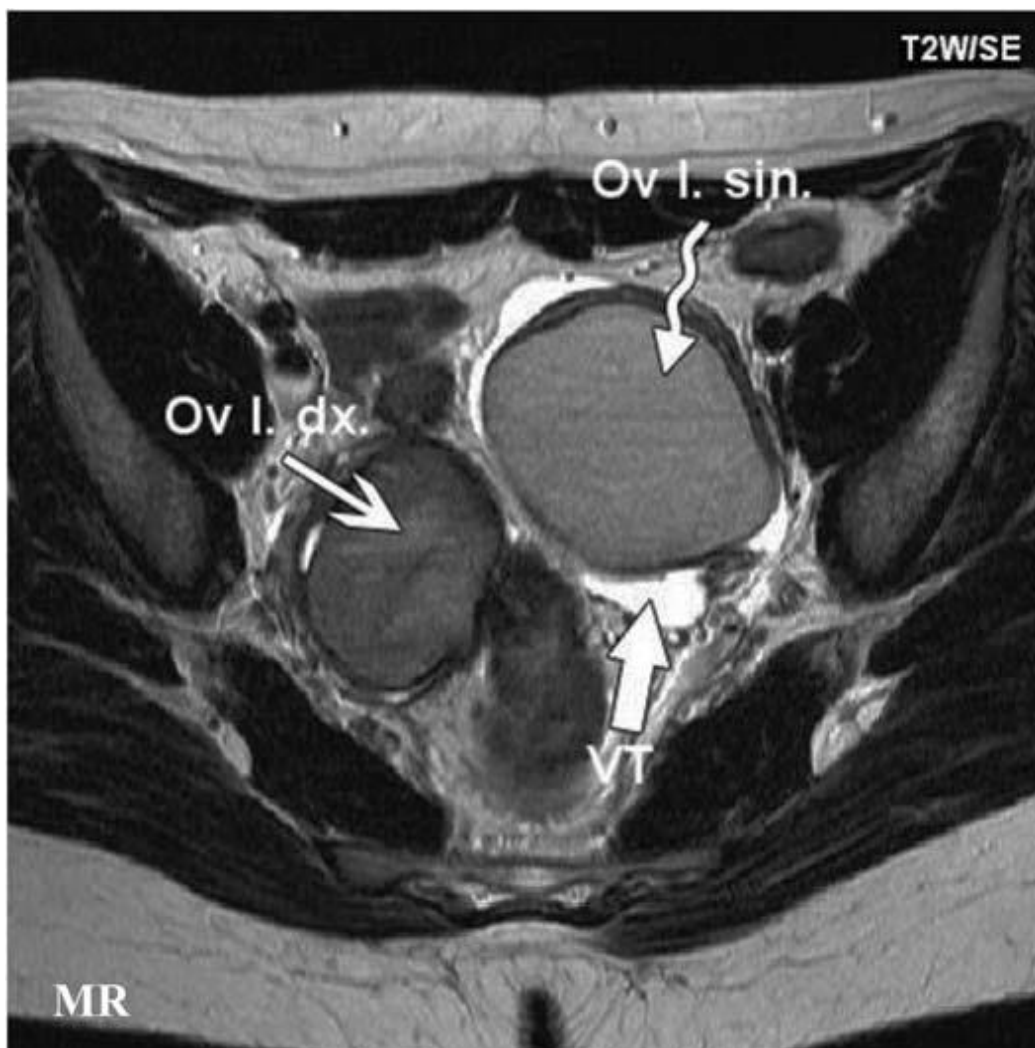
### Mimoděložní těhotenství

Jediným příznakem může být opoždění či vynechání menstruace. Často jsou přítomny bolesti v různé intenzitě od občasných tupých přes křečovitě po ostrou bolest. Při vzniku nitrobřišního krvácení se může mimoděložní těhotenství projevit jako náhlá příhoda břišní (hemoperitoneum). Metodou volby k diagnostice je USG.

### Nádory

Nejčastějším **benigním** nádorem na děloze je **leiomyom** s výskytem 30–40 %. Působí zvětšení dělohy, uzlové vyklenutí a deformaci kontury (obr. 7.23). Někdy bývá bez klinických příznaků, jindy způsobuje např. silnější krvácení a bolesti, rovněž může být jeho důsledkem neplodnost. Častou benigní lézí je **adenomyóza**, což je fokální či difúzní invaze endometriální tkáně do myometria, která v průběhu cyklu nereaguje na hormonální změny. Na ováriích pozorujeme často cystické tumory – **serózní a mucinózní cystadenom**, dále **dermoidní cysty (zralý cystický teratom)** – většinou komplexní útvar, pro který je typická přítomnost tuku, kalcifikací, může obsahovat i zbytky zubů. Maximum výskytu je 6–11 let,

tvoří až 60 % nádorů vaječníku u dětí. **Mezenchymální nádory** – nádory ze stromatu tvoří cca 5 % všech nádorů ovarií.



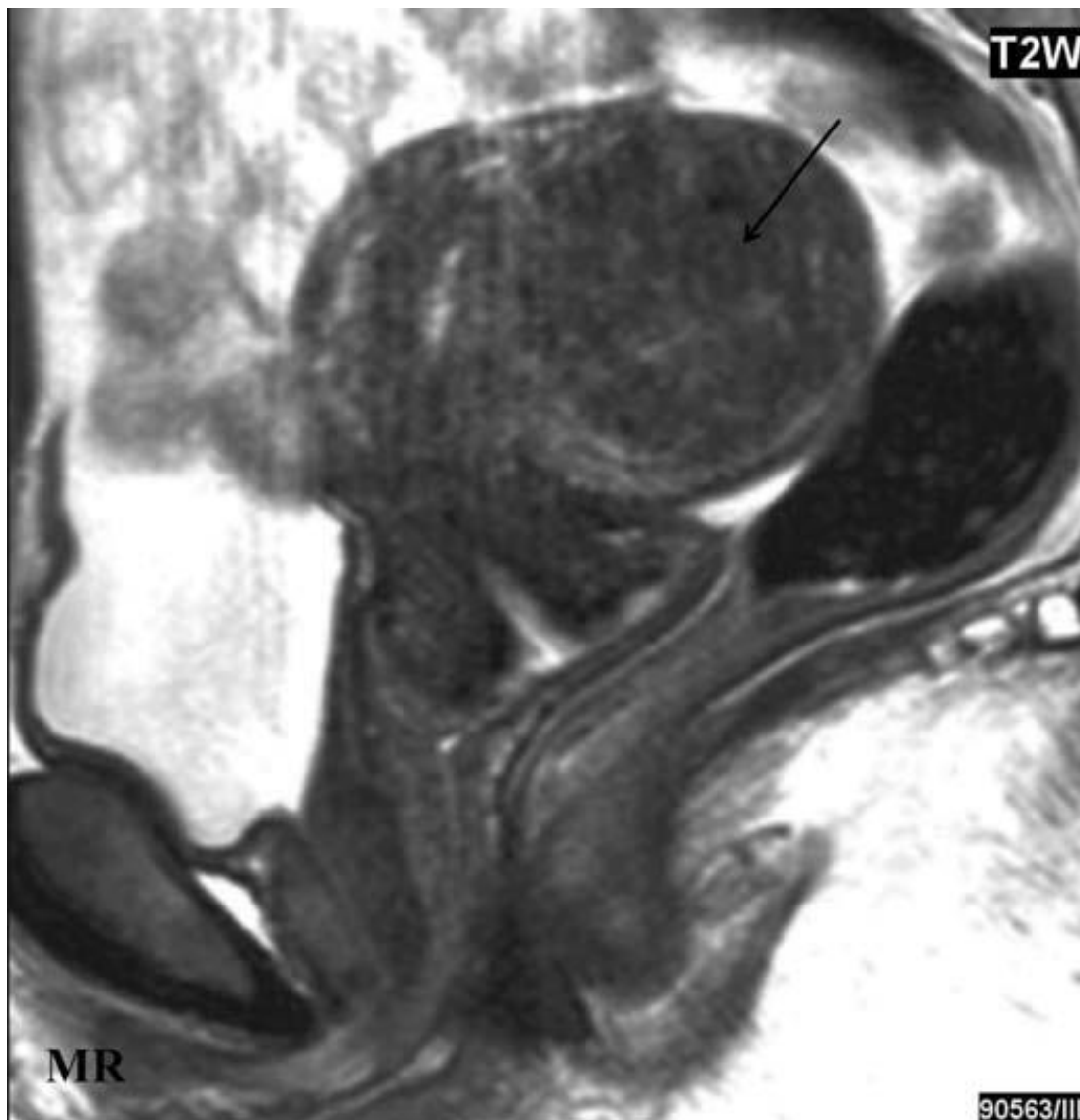
**Obr. 7.22** MR – endometrióza: TRA řez; endometroidní cysta na pravém (Ov.I.dx) a levém (Ov.I.sin) vaječníku, kolekce volné tekutiny (tlustá šipka)

**Karcinom endometria** (obr. 7.24) je nejčastější gynekologická malignita, 75 % nádorů se vyskytuje u starších žen po 50. roku věku, asi v 85 % se jedná o adenokarcinom. Téměř 75 % pacientek je diagnostikováno v I. stadiu onemocnění, což znamená dobrou prognózu.

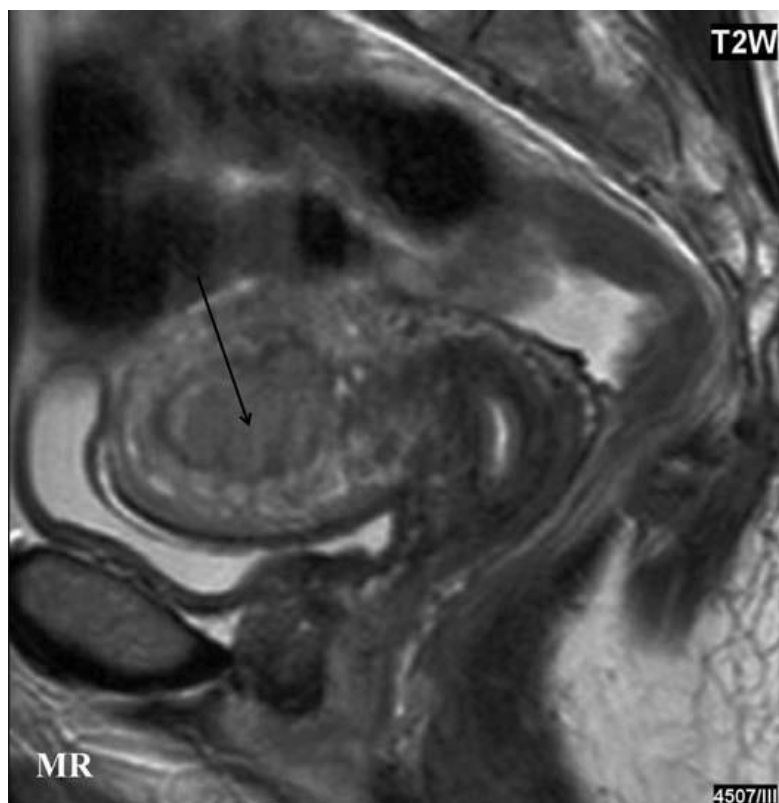
**Karcinom hrdla dělohy** (obr. 7.25) je druhá nejčastější gynekologická malignita, nejčastěji jsou postiženy ženy se špatným sociálním postavením. Za rizikové faktory jsou považovány: časně zahájení sexuálního života a větší počet sexuálních partnerů.

Společným jmenovatelem výše uvedeného je infekce lidským papilomavirem (HPV), která má v etiologii karcinomu hrdla rozhodující význam. V 60–80 % se jedná histologicky o dlaždicobuněčný karcinom, adenokarcinomy různého typu představují 10–15 % karcinomů, zbylá část připadá na vzácné nádory. Znalosti etiopatogeneze dělají z karcinomu hrdla

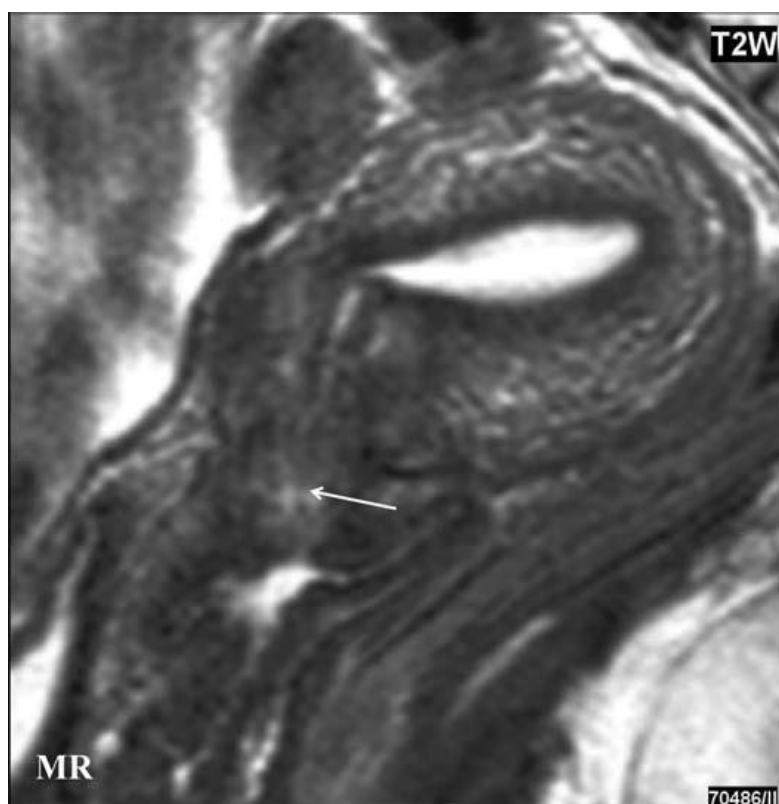
nejlépe preventabilní zhoubný nádor v gynekologii. Mezi protektivní faktory patří účast ve screeningovém programu, dodržování zásad bezpečného sexu, aplikace profylaktických vakcín (očkování).



**Obr. 7.23** MR – leiomym: SAG řez. Působí zvětšení dělohy a uzlové vyklenutí na zadní stěně.



**Obr. 7.24** MR – karcinom endometria: SAG řez; patologická masa v dutině děložní, která je rozšířená



**Obr. 7.25** MR – karcinom hrdla dělohy: SAG řez; ložisko v hrdle děložním, typicky zvýšeného signálu v T2 vážených obrazech



**Obr. 7.26** CT – karcinom ovaria: TRA řez; objemný tumor s převahou cystické složky se septy a ztluštělou stěnou s papilitami

**Ovariální karcinom** (obr. 7.26) je třetí nejčastější gynekologickou malignitou, s nejvyšší mortalitou ze všech karcinomů u žen (až 60 %). V 80 % jsou postiženy ženy starší 50 let. Nebezpečím je, že může být dlouho bezpříznakový, tedy ženy přicházejí k lékaři již v pokročilém stadiu onemocnění. To se projevuje bolestmi břicha, pocitem plnosti, častějším močením, zácpou, může být nepravidelná menstruace. Histologicky se nejčastěji jedná o epiteliální nádory – 75 % všech tumorů ovarií. Mívají cystickou i solidní složku, bývá ztluštělá stěna s papilitami.

Dále můžeme diagnostikovat **nádory ze zárodečných buněk** (5 % všech nádorů ovarií) – dysgerminom, nezralý (maligní) teratom, choriokarcinom.

**Terapie nádorů a prognóza přežití** závisí na rozsahu tumoru (staging) dle FIGO klasifikace (International Federation of Gynecology and Obstetrics):

**stadium I** – časně onemocnění omezené na primární orgán,

**stadium II** – onemocnění s lokální progresí mimo primární orgán postihující přilehlé tkáně,

**stadium III** – onemocnění s extenzivnějším, avšak lokálním šířením,

**stadium IV** – metastatické onemocnění.

**Metastázy** tvoří cca 10 % všech ovariálních nádorů, typický je tzv. Kruckenbergův tumor (metastázy nádorů z GIT, především žaludku).

## 8. Neuroradiologie

### 8.1 Obecná část

Neuroradiologie je odvětví, které v oblasti zobrazovacích metod prodělalo v posledních letech největší změny. Došlo k objevům nových vyšetřovacích modalit a jejich následnému výraznému rozvoji, který zdaleka není ukončen. Nedávná doba, kdy výše uvedený obor ovládalo pneumoencefalografické a perimyelografické vyšetření, se bude mladým lékařům a RTG asistentům zdát tak vzdálená, jako když naši planetu obývali dinosauři. Je logické, že až na základě klinických zkušeností nové metody najdou své optimální uplatnění, možná že některé zaniknou s objevem modalit nových. Při interpretaci nálezů je vždy přínosné posuzovat patologický obraz v souvislosti s klinickým nálezem a dalšími paraklinickými vyšetřeními.

#### 8.1.1 Nativní RTG vyšetření

Při podezření na patologické procesy hlavy a mozku je v dnešní době nativní RTG vyšetření stále méně vyžadováno. Před objevením CT bylo kromě základní projekce lebky (zadopřední a bočné) užíváno mnoha projekcí „speciálních“, např. Stenversova a Schillerova na oblast pyramidy a vnitřního ucha, axiální projekce a Towne-Twiningova na zadní jámu lebky, projekce na oblast tureckého sedla, optické kanály, vedlejší dutiny. Provádění těchto projekcí předpokládalo mnohdy značnou zkušenost radiologického asistenta. V současné době jsou uvedená vyšetření vyžadována jen sporadicky, tím samozřejmě klesá „rutina“ RTG asistentů (řada mladších možná nikdy uvedená vyšetření neprováděla), rovněž zkušenosti lékařů s uvedenými projekcemi jsou stále skromnější.

Základní projekcí lebky je zadopřední a bočná (obr. 8.1 a, b). Nativní RTG páteře je řadou autorů považováno stále za základní vyšetření, které zobrazí zakřivení páteře (lordózu, kyfózu), respektive její poruchu (skoliózu – porucha zakřivení ve frontální rovině), spondylotické změny (výšku meziobratlové ploténky, fenomén vakua – plyn v disku, osteofyty, stenózu kanálu páteřního, situaci v oblasti intervertebrálních foramin), lze provést dynamické snímky ve flexi a extenzi, kdy je možné diagnostikovat nestabilitu, obratlový blok. Zobrazíme tvar a strukturu obratlů (při osteoporóze je nativní RTG málo citlivá modalita, změny jsou patrné až při ztrátě 50 % minerálů). Základní projekcí je předozadní, bočná, pro zobrazení intervertebrálních foramin je vhodná projekce šikmá (obr. 8.2, 8.3 a, b). Autoři si myslí, že zvláště u mladších jedinců (do 40 let), nativní RTG vyšetření přináší málo informací a zatěžuje jedince ionizačním zářením.





Obr. 8.1 a, b RTG – zadopřední projekce lebky (a), bočná projekce lebky (b)



Obr. 8.2 RTG – transorální projekce na dens axis

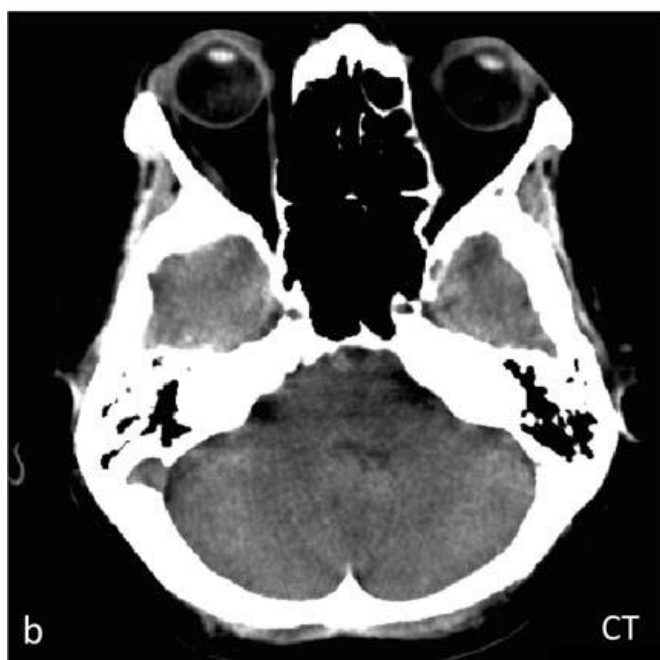
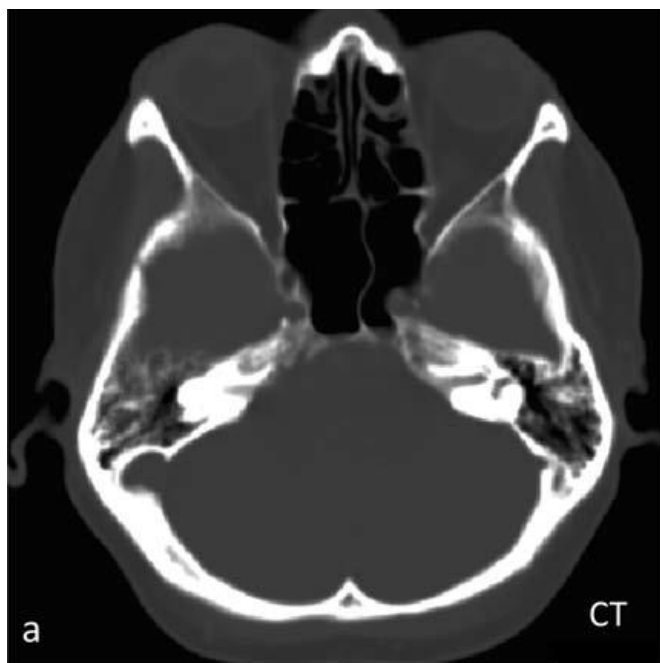


Obr.8.3 a, b RTG – zadopřední projekce (a), bočná projekce krční páteře (b)

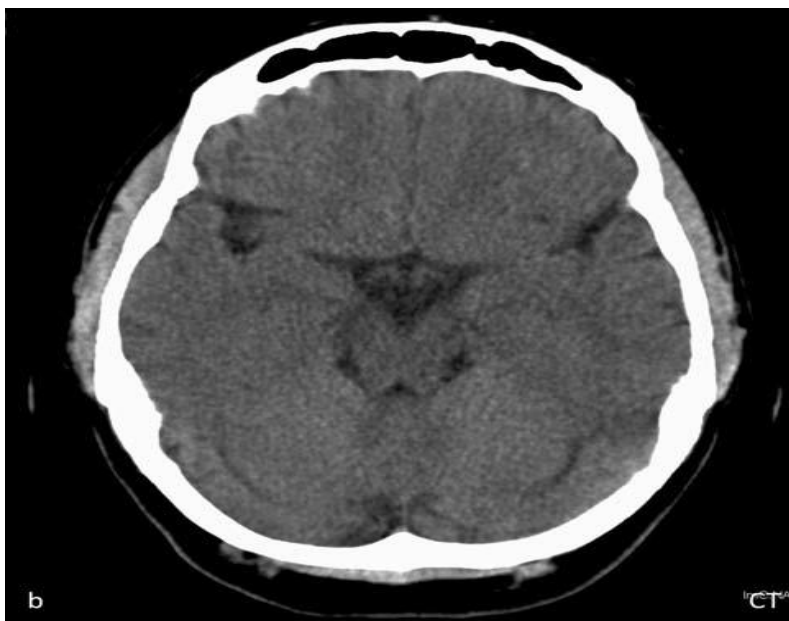
### 8.1.2 Výpočetní tomografie (CT)

CT jako první modalita umožnila *in vivo* zobrazit mozkovou tkáň, rozlišit bílou a šedou hmotu mozkovou, zobrazit *in vivo* patologické procesy CNS. Výhodou této metody je zobrazení

kostních struktur, rychlost vyšetření (oproti MR), nevýhodou je poměrně značná dávka ionizujícího záření (obr. 8.4 a, b). CT preferujeme u traumatických stavů postihující hlavu a mozek, při poranění páteře a míchy dáváme přednost MR. Výhodou CT oproti MR je rychlost a dostupnosti vyšetření (CT trvá desítky vteřin, MR při stejném rozsahu vyšetření desítky minut). Nemusí se ztrácet čas dotazy ohledně vyloučení kontraindikací MR, což je výhodou především u akutních vyšetření (obr. 8.5 a–d).



Obr. 8.4 a ,b CT – řez na úrovni zadní jámy, kostní okno (a), zobrazení CNS (b)



Obr. 8.5 a, b CT – fyziologický nález mozku



**Obr. 8.5 c, d** CT-fyziologický nález mozku

Při suspekci na akutní cévní mozkovou příhodu není jednotný postup na všech pracovištích v České republice, některá upřednostňují CT, jiná MR. Výhodou CT je rychlost vyšetření, kromě alergie na KL nejsou kontraindikace vyšetření, naopak nevýhodou CT je skutečnost, že mozkovou difuzi, která zobrazí iktus již v první hodině od doby vzniku, je možné provést pouze MR. Důležité z hlediska techniky vyšetření je při provádění mozkové perfuze na CT

tuto modalitou provést před aplikací KL při vyšetření cév (MRA). CT nám přinese ve většině případů dostatek informací při diagnostice mozkových nádorů včetně metastáz, mozkového abscesu, vrozených poškození mozku, je však obvykle méně senzitivní a specifická než MR. Většina neurochirurgických i onkologických pracovišť na základě našich zkušeností vyžaduje před léčbou vyšetření MR. Výjimkou je oblast hypofýzy, orbit a obvykle i zadní jámy lebny, kde bychom jako metodu první volby použili MR. Rovněž u patologických procesů v oblasti bílé hmoty mozkové (např. roztroušená skleróza mozkomíšní) je MR mnohem více specifická a senzitivní než CT. Zobrazení obličejových dutin je naopak velmi vhodná oblast pro CT. Nepochybnou výhodou MR je zobrazení v libovolné rovině řezu, na CT je možná pouze axiální (transverzální) projekce, zobrazení v jiných rovinách je možné pouze rekonstrukcí, nelze provést přímé řezy.

Při vyšetření páteře a míchy preferujeme MR. Vzhledem k dávce ionizačního záření provádíme při využití modality CT vyšetření jen 3–4 segmentů, což vyžaduje značně přesnou topickou diagnostiku předpokládaného patologického procesu.

Při vyšetření oblasti selární (hypofýzy) je možné provést řezy v záklonu pacienta, čímž získáme „částečně“ přímé koronální řezy, jsou vhodné i při zobrazení obličejových dutin, ale na současných přístrojích již prakticky provádíme jen „klasické“ transversální řezy a k zobrazení v jiných rovinách používáme softwarových rekonstrukcí. Aplikace kontrastní látky zvyšuje v řadě případů senzitivitu a specifitu vyšetření, enhancují struktury s poruchou hematoencefalické bariéry: např. nádory, zánětlivé léze nebo prokazující zvýšenou vaskularizaci – např. cévní malformace, nádory ap. Obvykle vystačíme s nedynamickou aplikací kontrastní látky (1 ml/kg váhy), důvodem k dynamické aplikaci je perfuzní vyšetření mozkové tkáně nebo CTA (ve VFN v Praze při vyšetření mozkové perfuze aplikujeme 30 ml, průtok 6 ml/s, při vyšetření cév – CTA 80–90 ml, průtok 3 ml/s).

Vyšetřením páteře dochází k dobrému zobrazení kanálu páteřního (stenózy, herniace disku, osteofytů), nezobrazíme míšní struktury (obr. 8.6 a, b). Je důležité sklápět gantry podle roviny meziobratlového prostoru.



Obr. 8.6 a,b CT – fyziologický nález páteř

### 8.1.3 Magnetická rezonance (MR)

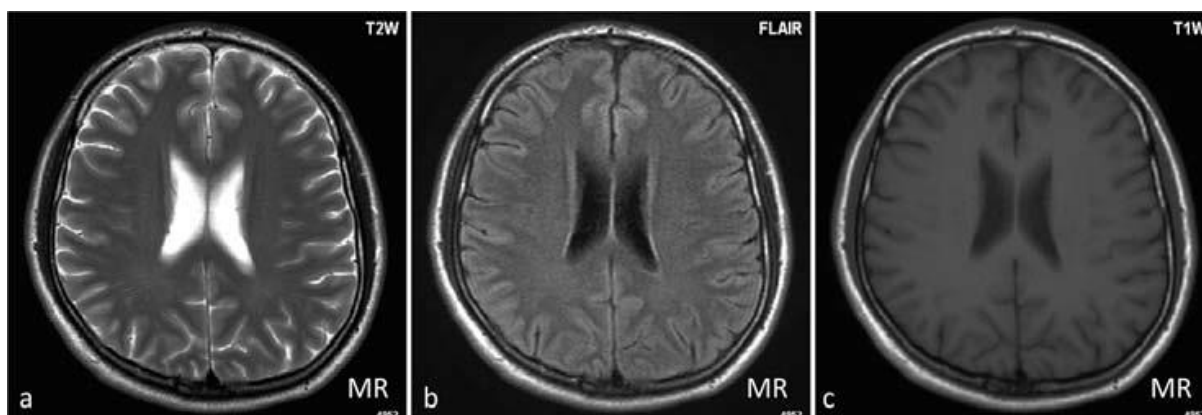
Při zobrazení většiny patologických procesů mozku, hlavy, míchy a páteře je MR metoda senzitivnější a specifitě čtější než CT, ale také ekonomicky náročnější. Indikací k akutnímu

vyšetření MR je podezření na lézi míšní, rovněž nejasný patologický proces v zadní jámě lební. Při zobrazení patologických stavů postihujících bílou hmotu mozkovou (roztroušená skleróza mozkomíšní, vaskulitidy, leukodystrofie...) jednoznačně upřednostňujeme MR. Suspekce na akutní cévní mozkovou příhodu nabízí využití CT i MR, některá pracoviště dávají přednost CT, jiná MR.

Výhodou CT je krátká doba vyšetření, dostupnost, menší ekonomické náklady a kromě alergie na kontrastní látku nejsou kontraindikace vyšetření. Nezobrazí však mozkovou difuzi, což je možné jen na MR. Vyšetření provádíme vždy alespoň ve dvou rovinách řezů, rovina transverzální je vedena podle spodního okraje corpus callosum nebo mezi přední a zadní komisurou mozkovou.

V základním vyšetřovacím protokolu na našem oddělení při zobrazení mozku jsou transverzální a koronální roviny řezu v T1 váženém obrazu (T1W obrazu), T2W obrazu a modu FLAIR (sekvence výhodná při diferenciaci patologických lézí v blízkosti likvorových prostorů) (obr. 8.7 a–c, 8.8 a–e). Před aplikací KL (používá se v T1W obrazech) je nutné vždy provést nativní T1W vyšetření, abychom odlišili enhancující ložiska od lézí mající zvýšený signál v nativním T1W obrazech (tuk, krvácení, melanin, koloidní bílkovina). Gradientní sekvence jsou výhodné pro vysokou senzitivitu při zobrazení krvácení, kalcifikací, jsou méně náchylné k artefaktům způsobených pulzací likvoru.

*Sekvence s potlačením tuku nesmí chybět v základním protokolu při zobrazení orbity (ne při zaměření na vyšetření bulbu očního), umožňují diferenciaci tukové tkáně, zlepšují relaxivitu po aplikaci KL. Inversio recovery (IR) je výhodnou modalitou při zobrazení šedé hmoty mozkové (poruchy migrace, gyrifikace...).*

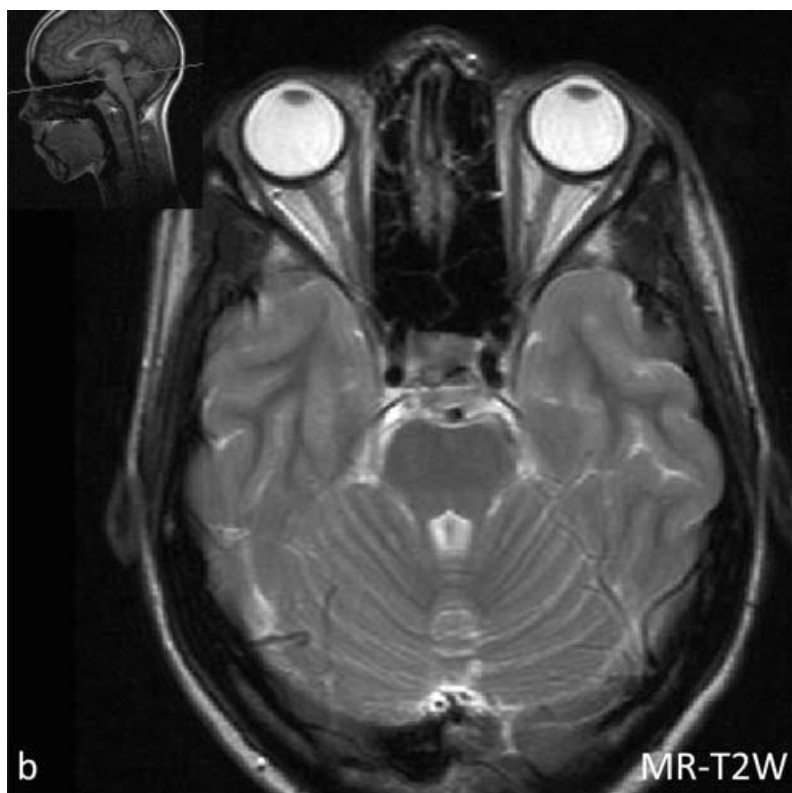


**Obr. 8.7 a–c MR – řez mozkiem supratentoriálně**

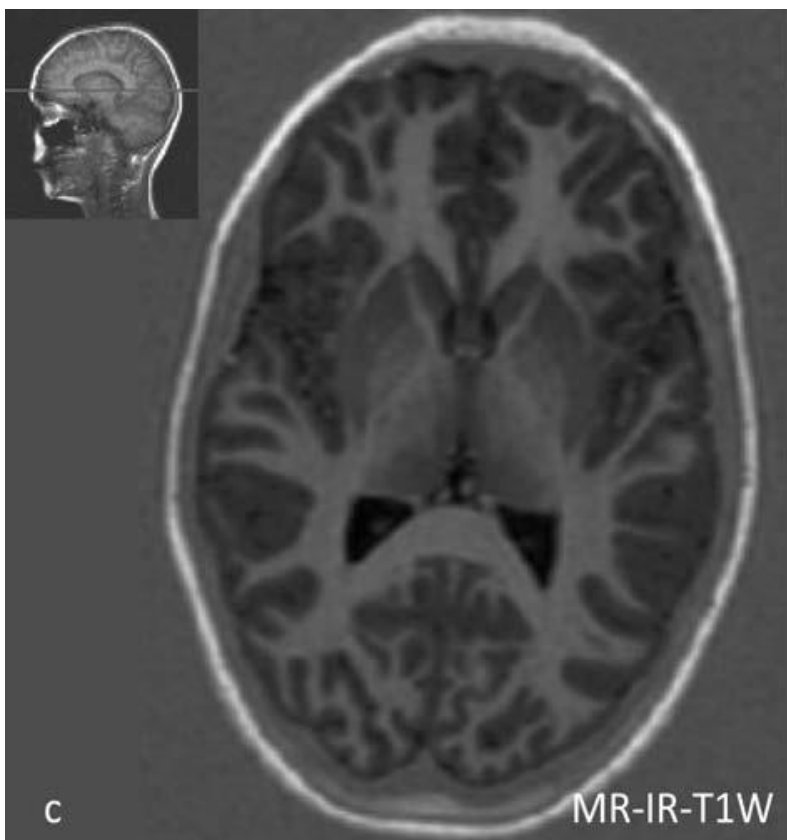
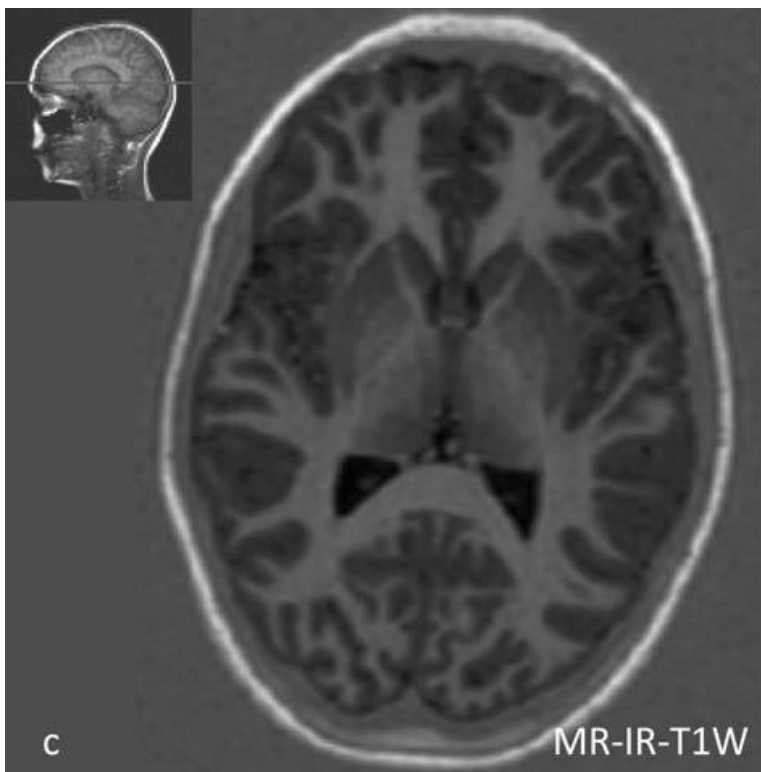
T2W obraz – likvor je hypersignální, FLAIR – likvor je hyposignální (speciální sekvence potlačující signál volné vody), T1W obraz – likvor je hyposignální. Šedá hmotu je vyššího signálu než bílá hmotu v T2W obrazu a FLAIR, obrácený poměr je v T1W obrazu. (Šedá hmotu je intenzitou signálu blíže likvoru než bílá hmotu.)

Při volbě šíře vrstvy obvykle vystačíme s tloušťkou 6 mm, při vyšetření selární krajiny, koutu mostomozečkového volíme tenčí řezy 2–3 mm, rovněž při vyšetření dětí v prvních 2 letech života.

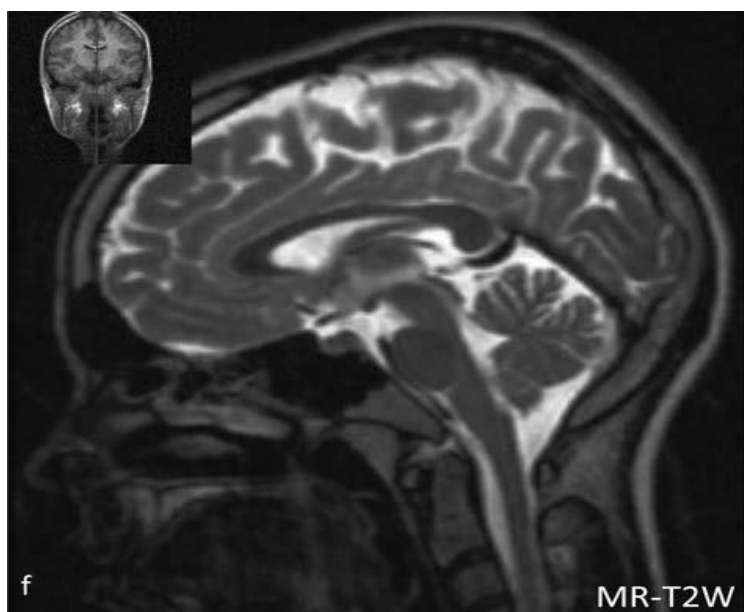
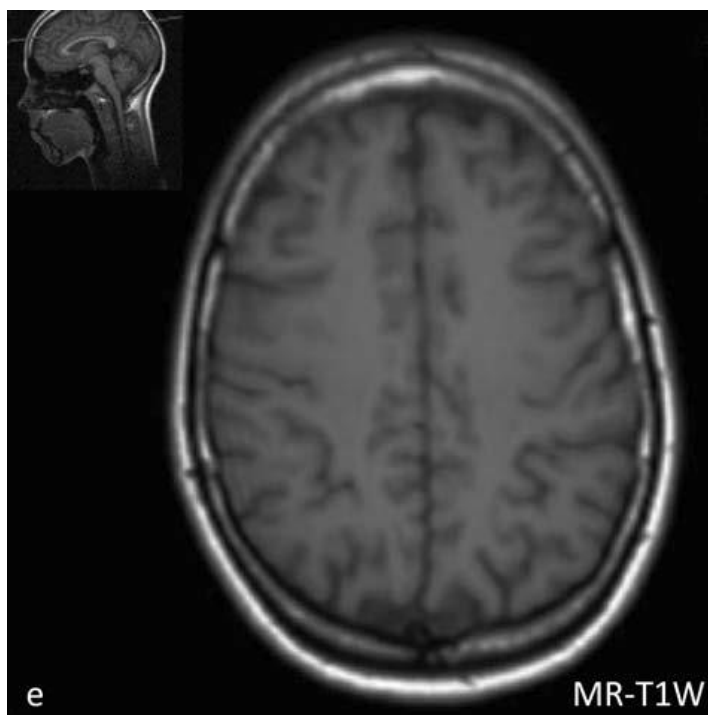




Obr. 8.8 a, b MR – fyziologický nález mozku

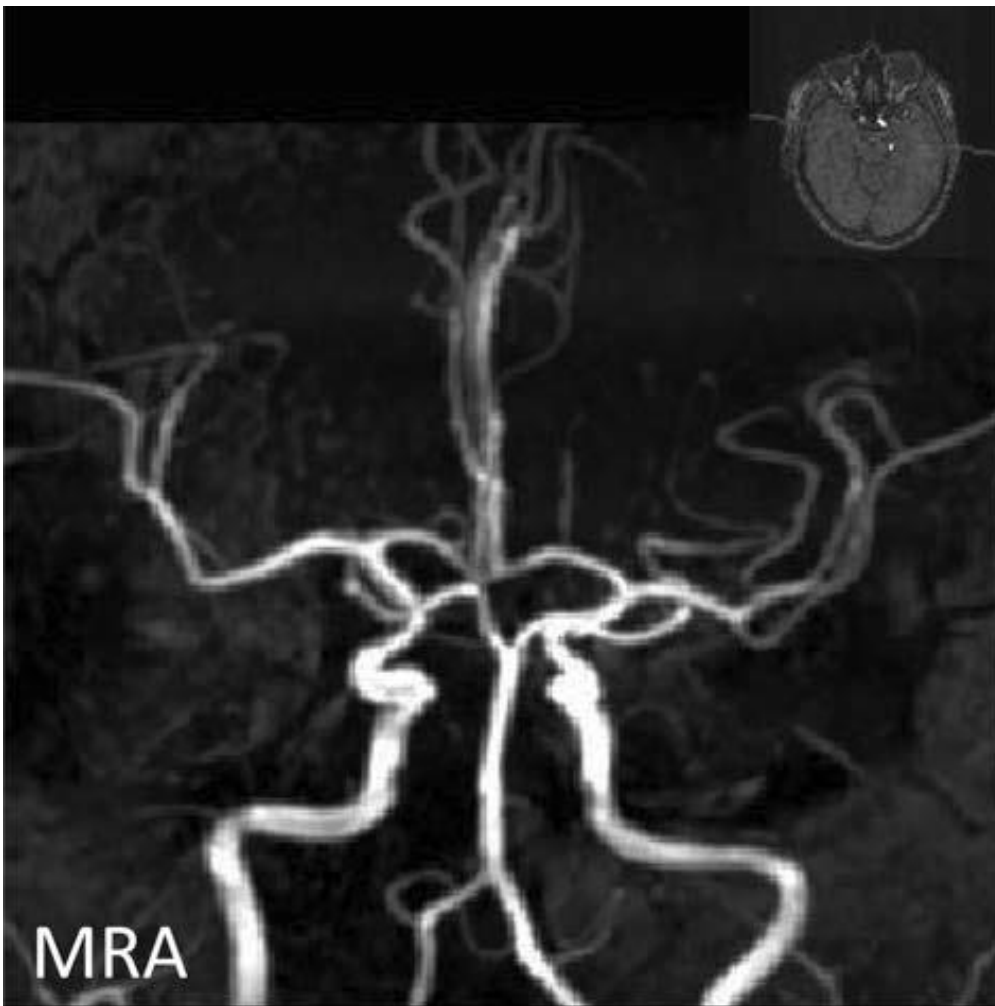


Obr. 8.8 c, d MR – fyziologický nález mozku



**Obr. 8.8 e, f MR – fyziologický nález mozku**

Mozkovou angiografi i pomocí MR (MRA) provádíme obvykle bez aplikace KL, technikou Time of flight (TOF), zpracováváme algoritmem MIP (maximum intensity projection) (obr. 8.9), nebo technikou Phase Contrast (PC). Vyšetření páteře a míchy provádíme řezy v sagitální a transverzální rovině, v T1W a T2W obrazu, někdy doplníme sekvencí po potlačení tuku, při podezření na nádorové, zánětlivé onemocnění, v pooperačních stavech při podezření na FBSS vyšetříme po aplikaci KL (obr. 8.10 a, b, 8.11 a–c).



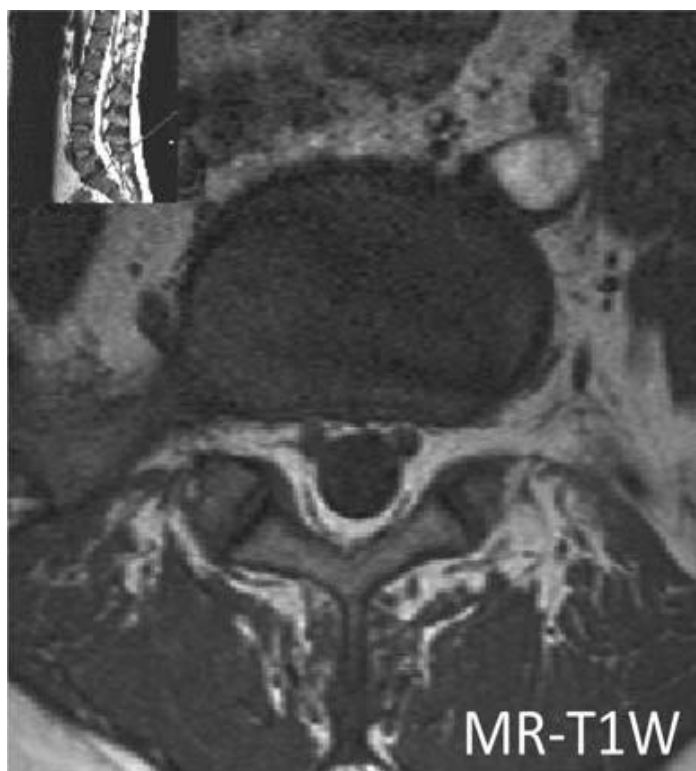
Obr. 8.9 MRA – fyziologický nález: Willisův okruh



Obr. 8.10 a, b MR – fyziologický nálezn krční páteře



Obr. 8.11 a, b MR – fyziologický nálezn bederní páteře



Obr. 8.11 c MR – fyziologický nález bederní páteře

#### 8.1.4 Angiografické vyšetření (AG), DSA

Jedná se o invazivní vyšetření cévního systému podrobně popsané v obecné radiologii. Je nutné si uvědomit, že kromě RTG záření se jedná o invazivní metodu, která má v určitých procentech morbiditu i mortalitu, i když stále patří ke „zlatému standardu“ vyšetření cév. Předpokládáme, že v budoucnu bude AG nahrazena neinvazivními modalitami (dopplerovou metodou, MRA, CTA), neboť při trendu neustálého zdokonalování hardware a software senzitivita a specifická vyšetření se stále více blíží klasické AG, kterou upřednostníme tehdy, budeme-li uvažovat o léčebném, intervenčním zákroku (zavedení stentu do zúžené cévy, spirály do mozkové výdutě aneuryzmatu ap.). Zobrazení cév míšních je prováděno na specializovaných pracovištích, obvykle při podezření na cévní malformace. Riziko komplikací je dosti vysoké. Angiografie mozku je také modalitou při diagnóze určení mozkové smrti (chybí náplň ACI od supraclinoidálního úseku, ACE se může zobrazit) (obr. 8.12 a–c).

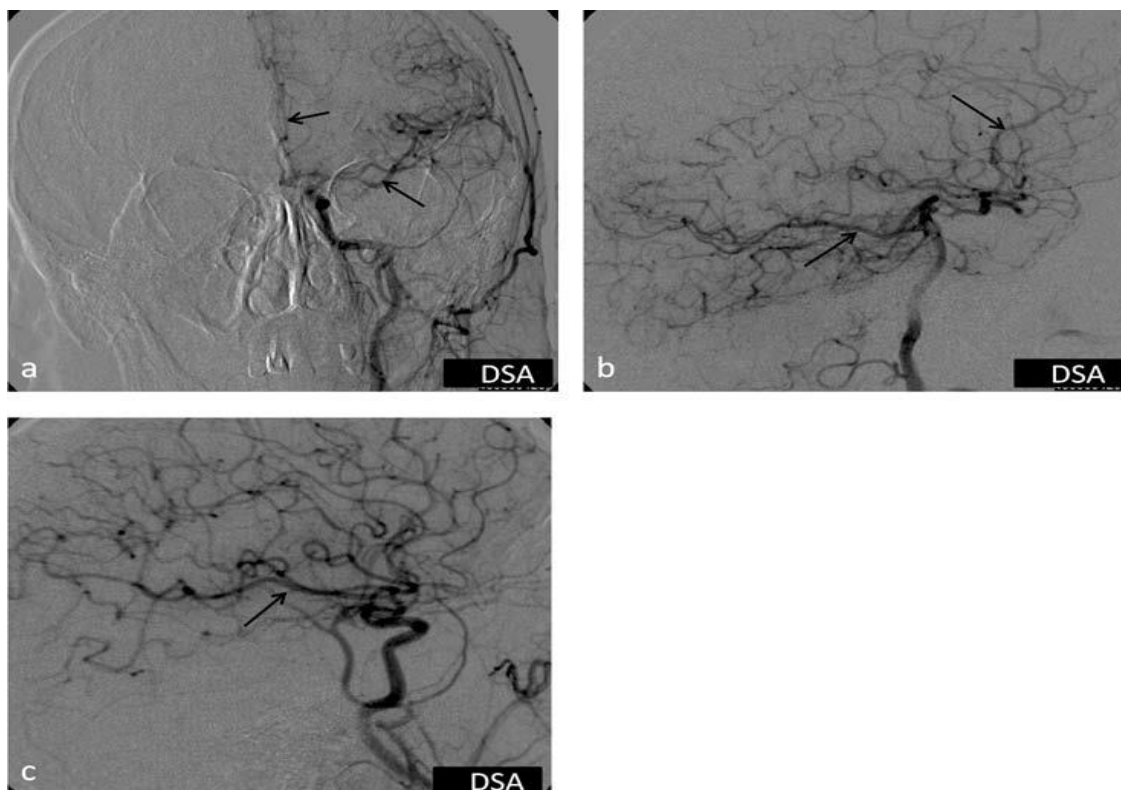
#### 8.1.5 Perimyelografické vyšetření (PMG)

*Dnes je tato metoda prakticky vytěsněna CT a především MR. PMG indikujeme v případech, kdy MR nelze provést pro kontraindikace MR, nebo předpokládáme, že další informace by mohlo přinést dynamické vyšetření, nebo projekce ve stoje pacienta, které někdy může zobrazit např. herniaci disku, která v poloze vleže byla utajena.*

*Používáme ve vodě rozpustné kontrastní látky, které aplikujeme do kanálu páteřního po předchozí lumbální punkci.*

*Výhodou této metody bylo odebrání moku mozkomíšního, kdy jsme mohli získat další informace, nevýhodou, asi třídní následný pobyt na lůžku (unikání likvoru po punkci, které*

doprovázejí příznaky likvorové hypotenze). Jedná se o invazivní metodu doprovázenou bolestivostí výkonu a možnými komplikacemi. např. zánětlivými.



**Obr. 8.12 a–c** DSA – selektivní nástřík a. carotis communis (šipky ukazují a. cerebri media a a. cerebri anterior), selektivní nástřík a. vertebrális, šipka ukazuje a. cerebri posterior (c)

Rovněž dnes již obsoletním vyšetřením je PMG/CT, kdy po provedení PMG byla s určitou časovou penalizací několika hodin (z důvodů částečného vstřebání kontrastní látky, pro větší senzitivitu ke kontrastu na CT) provedeno následné CT vyšetření.

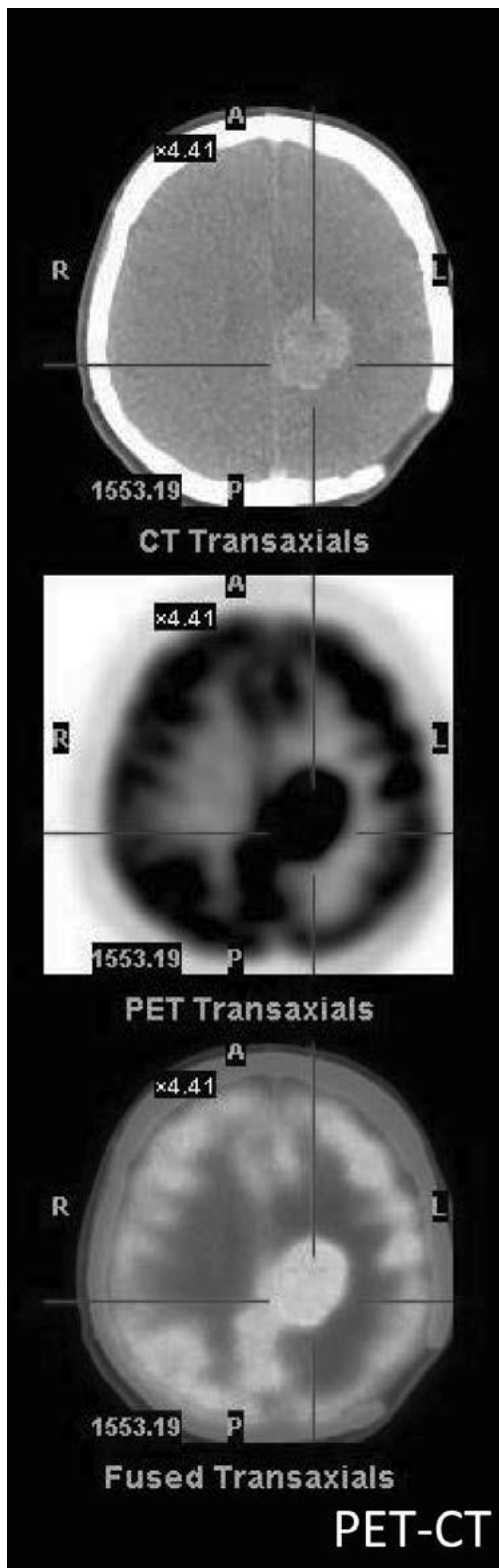
### 8.1.6 Pozitronová emisní tomografie PET a hybridní přístroj PET/CT

Princip metody je uveden v obecné části radiologie. Za indikaci považujeme podezření na nádorové a zánětlivé procesy nejasné lokalizace, při sledování možné recidivy nádorů, odlišení recidivy nádoru (zvýšená akumulace značené glukózy) od postiradiační nekrózy (naopak snížené vychytávání glukózy).

Indikací stále přibývá s dostupností metody, např. nádory hlavy a krku již v primární diagnostice, podezření na zánětlivé komplikace cévních protéz (vhodné je aplikovat současně jodovou KL pro zobrazení cév při CT skenech) (obr. 8.13).

Nově je uveden na trh přístroj PET/MR (kde místo CT je použita MR). Zatím však nejsou s těmito hybridními přístroji větší klinické zkušenosti.





**Obr. 8.13** PET/CT – metastáza karcinomu mammy. Na CT je po podání KL patrné parietálně l.sin patologické enhancující ložisko. Při fúzi obrazů je patrná patologická akumulace FDG v této oblasti. (také v barevné příloze)

### 8.1.7 Jednofotonová emisní tomografie SPECT a hybridní přístroj SPET/CT

Metoda je popsána v obecné části radiologie. V současné době je využívána receptorová diagnostika. Stále větší uplatnění má v diferenciální diagnostice parkinsonského syndromu, svoje místo má při vyšetření regionálního průtoku mozku, v diferenciální diagnostice demence, u epilepsií, při průkazu mozkové smrti. Lze říci, že SPECT je v neurologii stále častěji nahrazován ekonomicky náročnější, ale více senzitivní a specifickou modalitou PET.

### 8.1.8 Pneumoencefalografické vyšetření (PEG)

PEG je dnes již zcela obsolentní metodou. Bylo zcela nahrazeno modalitou CT a později i vyšetřením MR. Uvádíme je spíše z hlediska historického vývoje neuroradiologie. Po náplni mozkových komor vzduchem, po předchozí lumbální punkci, jsme při jejich nenaplnění, deformaci nebo dislokaci vyslovili suspekci na patologický proces CNS.

### 8.1.9 Ultrasonografické vyšetření

Ultrasonografické vyšetření využíváme v neuroradiologii v prenatální diagnostice patologických procesů mozku a míchy. Základní vyšetření CNS se provádí v rámci screeningu, v období mezi 20. až 24. týdnem těhotenství (obr. 8.14 a–c).

Postnatálně zobrazujeme mozek transfontanelárně, nejlepší zobrazitelnost je v prvních 6 měsících po narození, později začíná fontanela osifikovat, a tím se zhorší podmínky pro vyšetření. U dospělých používáme Dopplerovu metodu k zobrazení cévního řečiště.



Obr. 8.14 a–c Prenatální ultrazvukové vyšetření v 21. týdnu, vyšetření ve 3 rovinách. Je patrná výrazná dilatace postranních komor (do 21 mm). Prakticky chybí mozkové hemisféry, chybí středové struktury (snímky prof. MUDr. Pavel Calda, CSc.)

## 8.2 Speciální neuroradiologie

### 8.2.1 Vývoj nervového systému a vývojové vady

Maturace centrální nervové soustavy (CNS) nekončí porodem, ale pokračuje v kojeneckém věku (myelinizace některých spojů v oblasti okcipitální a frontální je patrná ještě ve třetí dekádě).

Defekty vzniklé v období časně **neurulace** (1. měsíc embryonálního vývoje) jsou spojeny s těžkými malformacemi CNS a často končí spontánním potratem. Častou příčinou je např. infekce, exogenní toxické látky. Tyto poruchy organogeneze bývají spíše sporadické a nedědičné na rozdíl od malformací histogenetických a poruch biochemických, které jsou naopak často dědičné. Ke konci 2. měsíce je ukončeno období **organogeneze** a nastupuje fáze **neurální a gliální proliferace**. Ze zárodečné tkáně (germinal matrix), která je uložena

periventrikulárně (subependymálně), „vycestovávají“ neurony a buňky glie (2. až 5. měsíc), gliové buňky ještě v prvních měsících po narození do cílových míst své funkce. Tímto způsobem se postupně vytváří šedá hmota centrální, mozečku a mozkové kůry. Začátek gyrifikace můžeme zobrazit od 22. až 24. týdne fetálního vývoje a končí kolem 40. týdne, kdy počet gyrů a sulků mozku odpovídá dospělému jedinci.

Další mechanismus nutný pro činnost nervového systému je **sympatogeneze** (vytváření propojení nervových buněk). Maximum těchto synapsí se objevuje v 4. a 5. měsíci embryonálního vývoje, ale tvoření nových spojů pokračuje po celý život jedince a umožňuje schopnost paměti. Na druhé straně některé synapse i během života zanikají.

**Myelinizace** (tvorba myelinových pochev kolem nervových vláken) je poměrně dlouhý proces. Začíná ve 20. týdnu fetálního vývoje v hřbetní míše a je dokončena až ve 3. a 4. deceniu). Lze konstatovat, že myelin je známkou funkční zralosti mozku.

**Gyrifi kaci** mozku můžeme sledovat kromě vyšetření MR pomocí UZ, myelinizaci kromě histologických studií umožňuje sledovat pouze MR. Z vývoje mozku lze odvodit některé vrozené malformace.

V našem textu jsme se rozhodli vybrat určité spektrum vývojových malformací, které jsou relativně časté. Vyhledávání vývojových vad v období prenatálním je z hlediska zobrazovacích metod doménou ultrasonografie. Toto vyšetření je součástí prenatální péče. Každá těhotná žena je takto vyšetřena a nález malformace, která by byla velmi obtížně slučitelná s normálním životem, je důvodem doporučení interrupce. MR je modalita, která je indikována jako doplňující vyšetření, když nález na UZ není jednoznačný. Na konci I. trimestru lze již posoudit anatomii plodu a zachytit tyto fetální malformace. Ve II. trimestru se provádí screeningové ultrazvukové vyšetření plodu v rozmezí 20. až 24. týdne, kdy je již možné diagnostikovat většinu vývojových vad. V postnatálním období se již plně vedle ultrasonografického vyšetření uplatňuje CT a MR.

**Encefalokéla, meningoencefalokéla:** Defekt kostí lebky doprovázený výhřezem mozkové tkáně; je-li doprovázena herniací mening s depozity likvoru, je nazývána meningoencefalokéla. Klinický nález je závislý na velikosti defektu, poškození mozkové tkáně, topice a eventuálně dalších malformacích.

**Chiariho malformace** (Arnoldova-Chiariho malformace). Rozlišujeme tři formy (stupně) této malformace. Chiari I je charakterizován sestoupením mozečkových tonsil do foramen okcipitale magnum do oblasti krční páteře (u dospělých jsou tonzily mozečku max. 5 mm pod úrovní báze lebky, u malých dětí (do 10 let) do 6 mm), protáhlá IV. komora, malá zadní jáma lebky. Chiari II malformace je ve 100 % doprovázena otevřeným spinálním dysrafismem (obvykle myelomeningokélou) (obr. 8.15 a, b). Chiari III lze definovat jako Chiari II + okcipitální nebo cervikální meningokéla. Malformaci můžeme již diagnostikovat ke konci II. trimestru fetálním ultrazvukem, kdy vkleslé frontální kostní struktury připomínají „citron“ a mozečkové hemisféry konvexním tvarem okcipitálně „banán“.

Další malformace doprovázející tuto klinickou jednotku jsou syringomyelie, ageneze corpus calosum, často obstrukční hydrocefalus s poruchou cirkulace v oblasti foramen okcipitale magnum. Chiari I malformace je v 50 % asymptomatická, u symptomatické skupiny pozorujeme bolesti hlavy a krční páteře, existují i nemocní se závažnými příznaky komprese

mozkového kmene, které mohou končit i náhlou smrtí. Léčba je chirurgická dekomprese v subokcipitální oblasti, snaha o obnovení normální cirkulace likvoru.

**Myelomeningokéla, meningomyelokéla.** Otevřený spinální dysrafismus, nekompletní středočárové uzavření mezenchymálních, kostních a nervových struktur. Struktury, na kterých chybí kožní kryt (plakoda, meningy, likvorový prostor), se vyklenují nad okolní kožní kryt, dislokována je plakoda, ze které probíhají ventrálně míšní nervy, chybí segmentace epidurálního tuku v místě dysrafie smu, nízko uložené míšní kořeny, skoro vždy jsou lokalizovány v oblasti dolní thorakolumbální a sakrální páteře. Je přítomna ve 100 % u Chiari II malformace. Malformace jsou s životem slučitelné.



**Obr. 8.15 a, b** Chiariho malformace II, MR – sestup mozečkových tonzil; šipka ukazuje protáhlý tvar IV. komory (a), myelomeningokéla, již po operačním překrytí kožním krytem, nervová plakoda (přerušovaná šipka, b)

Novorozeneček je ohrožen infekcí a defekt vyžaduje urgentní operační řešení. Radiolog obvykle vyšetřuje pacienta až po operaci, kdy je již defekt kryt kůží.

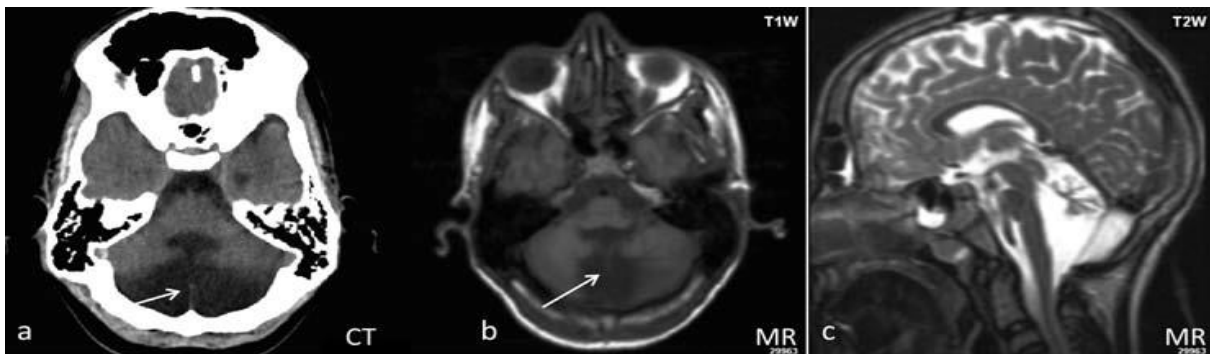
**Lipomyelomeningokéla (lipomyelokéla + meningokéla), lipomyelokéla.** Kůži krytý spinální dysrafismus, prominuje neurální plakoda a tuk (mimo kanál páteřní) souvisí s podkožním tukem. Tethered cord je skoro pravidlem. Bývá v oblasti lumbosakrální.

**Meningokéla.** Kůži krytý spinální rozštěp, protruze likvorových prostor do podkožního tuku.

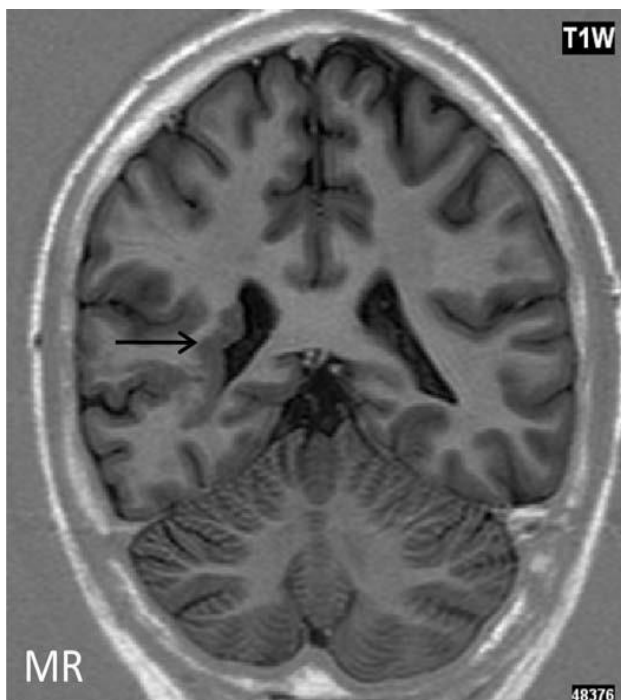
**Dandy-Walker malformace (D-W variant).** Patří mezi malformace v oblasti zadní jámy lební. Za nutné považujeme uvést další cystické léze v oblasti zadní jámy lební: mega cisterna magna, Black pauch a arachnoidální cystu zadní jámy lební. Pro velmi pestrou paletu změn je v současné době často užíván termín Dandy-Walker spektrum, kdy často za přínosnější je považováno popsat patologické léze, než se je snažit zařadit do nějaké klinické jednotky. Klasická D-W malformace je doprovázena skoro v 50 % smrtí nemocného. Pozorujeme tři základními příznaky: 1. hypoplazii vermis a mozečkových hemisfér, 2. rozšířením IV. mozkové komory a 3. výrazně prostornou zadní jámu lební s vysokým úponem tentoria s confl uens sinum (nad lambdovým švem). Hydrocefalus je přítomen v 80 % (obr. 8.16 a–c).

**Heterotopie.** Abnormálně lokalizovaná šedá hmota mozková na základě poruchy migrace (respektive jejího zastavení). Výhodné jsou sekvence s SE T1W (IR). Šedá hmota může vytvářet ložisko v bílé hmotě nebo pásovité struktury lemující kortex nebo postranní komory (laminární heterotopie), rovněž jako šedá hmota mozková se zobrazí v modalitě CT i MR. V klinickém obraze dominují někdy těžko terapeuticky zvládnutelné epileptické záchvaty (obr. 8.17).

**Ageneze, dysgeneze corpus callosum.** Při hypogenezi obvykle chybí rostrum a splenium. Sagitální řezy nám přinášejí nejvíce informací o corpus callosum. Na koronálních řezech je typické oddálení postranních komor, jejich paralelní průběh, na koronálních řezech tvoří frontální rohy a vysoko postavená III. komora charakteristický trojzubec (helmu vikinga) (obr. 8.18). Hypoplazii corpus callosum je nutné opatrně posuzovat v prvních týdnech života, kdy je velmi tenké. Teprve v prvních týdnech po narození probíhá jeho výrazná myelinizace, a tím i růst.



**Obr. 8.16 a–c** CT a MR zobrazení – Dandyhy-Walker variant. Na CT šipka ukazuje hypoplazii vermis mozečkových hemisfér (a). Na MR v T1W obrazu šipka ukazuje hypoplazii vermis, řez je přibližně ve stejné výši jako na CT (b). Na sagitálním řezu je patrné rozšíření IV. komory a hypoplazie mozečku (c).



Obr. 8.17 MR – heterotopie; šipka ukazuje heterotopii šedé hmoty



Obr. 8.18 MR – ageneze corpus callosum (šipky)

### 8.2.2 Bílá hmota mozková

Bílá hmota mozková (BH) obsahuje různé typy neuroglie (převážně astrocyty a oligodendrocyty), dále výběžky nervových buněk (axony), které jsou kryty myelinovou pochvou, ale žádné neurony. Šedou hmotu mozkovou z převážné části tvoří nervové buňky – neurony, s velmi nízkým obsahem lipidů, které obalují interneurální fibrily. Při popisu patologických lézí v oblasti bílé hmoty považujeme za přínosné rozdělení bílé hmoty mozkové na juxtakortikální BH (oblast šíře několika mm, pod mozkovou kůrou v místě U-fibril), periventrikulární (v blízkosti mozkových komor) a centrální (oblast zahrnující zbývající BH mezi výše uvedenými lokalitami).

**Myelin** je podstatnou substancí bílé hmoty mozkové. Jeho přítomnost je důvodem její bílé barvy. Myelin „obaluje“ axony a dendrity nervových buněk a pro činnost centrálního i periferního nervového systému je zcela nezbytnou složkou. Myelin je v CNS vytvářen oligodendrocyty, v periferním nervovém systému Schwannovými buňkami.

**Myelinizace** (tvorba myelinových pochev kolem nervových vláken) je poměrně dlouhý proces, začíná ve 20. týdnu embryonálního vývoje a je dokončena až ve 3. a 4. deceniu. Zrání mozku je kontinuální proces, který obsahuje změny biologické a chemické, tvoření nových kontaktů neuronů (synapsí) a výše uvedenou myelinizaci mozkové tkáně. Orientačně lze říci, že stav myelinizace mozku v T1W obrazu v 1. roce a v T2W obrazu ve 2. roce by měl odpovídat dospělému mozku.

Na základě našeho sledování můžeme potvrdit známou skutečnost, že teprve až myelinizovaná nervová vlákna jsou funkčně plnohodnotná – „myelin je funkce“. Z hlediska neuroradiologického sledujeme dva hlavní procesy: gyrifikaci a myelinizaci mozku. Gyrifikace lze zobrazit na MR a UZ, myelinizace lze zobrazit pouze na MR.

**Roztroušená skleróza mozkomíšní (RS)** je autoimunitní chronický zánět namířený proti myelinu a oligodendroglia mozku a míchy vedoucí k jejich destrukci, později neurodegeneraci (ztrátě nervových buněk). Příčina onemocnění není dosud známa.

V současné době neexistuje žádný specifický test, který by jednoznačně potvrdil nebo vyloučil RS. Diagnózu proto stanovujeme s větší či menší pravděpodobností na základě klinického vyšetření, průběhu onemocnění a pomocných vyšetřovacích metod: MR, vyšetření evokovaných potenciálů, likvoru (oligoklonální frakce gamaglobulinů – oligoklonální pásy) a urodynamického vyšetření. Neexistují symptomy pro RS specifické.

Typickými příznaky bývají parestezie, retrobulbární neuritida (subjektivní mlhavé vidění a bolest při pohybu bulbů), spastická paraparéza DK, mozečkové příznaky (intenční tremor s ataxií a skandovaná řeč), nystagmus, poruchy vyprazdňování měchýře souvisejí úzce s hybností DK (imperativní mikce, inkontinence), poruchy sexuální.

Únava je vůbec nejčastější příznak RS, její objektivizace je však obtížná. Kauzální léčba neexistuje. CT sice zobrazila jako první modalita ložiska snížené denzity v BH „plaky“, magnetická rezonance se však stala daleko více senzitivní metodou k zobrazení těchto patologických ložisek.

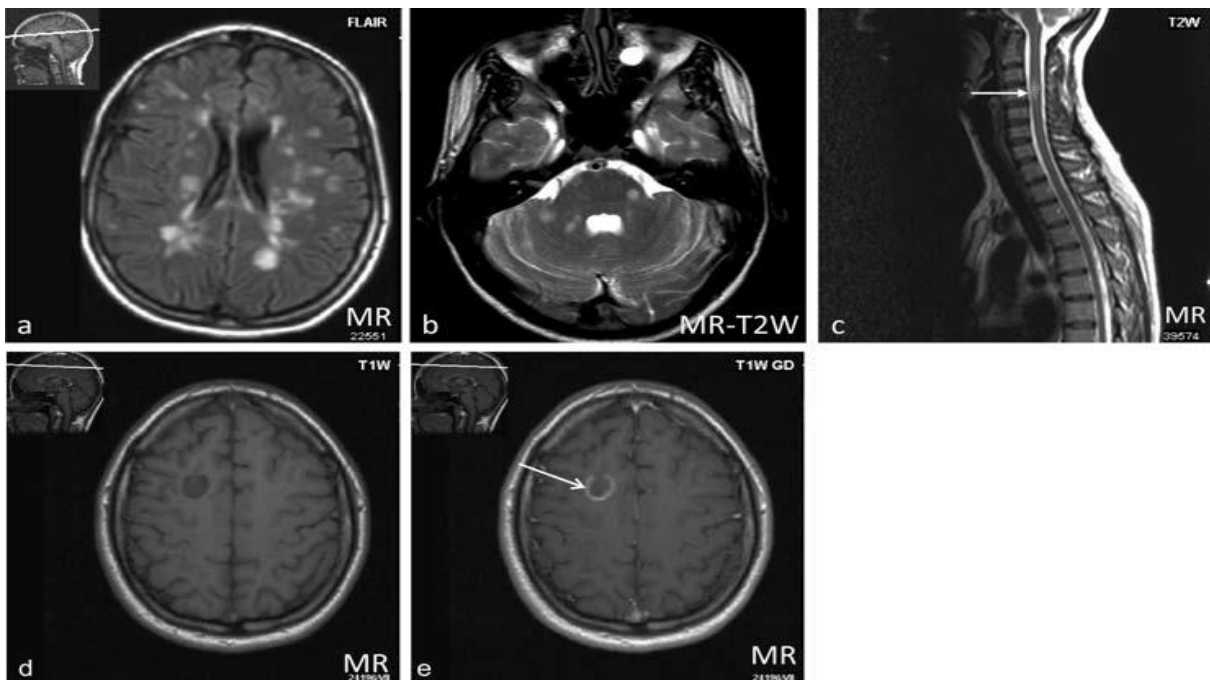
Typickým obrazem RS v modalitě MR je výsev mnohočetných ložisek v bílé hmotě v prostoru a v čase zvýšeného signálu v sekvenci FLAIR a T2W obrazu, některá mají korelát sníženého signálu v T1W obrazu (tzv. black holes). Ložiska mohou být způsobena edémem, demyelinizací, fibrózní tkání, mohou enhancovat prstenčitě nebo homogenně po aplikaci KL, což je obvykle známkou aktivity procesu.

Nejčastěji jsou ložiska uložena periventrikulárně a juxtakortikálně. Lokalizace v mozgovém kmenu, mozečku a v míšních strukturách výrazně zvyšuje specifitu nálezu. Pro RS je typické, že nález na MR topicky velmi často nekoreluje s klinickou symptomatikou. V pokročilejších stádiích onemocnění je skoro vždy přítomná mozková atrofie (obr. 8.19 a–e).

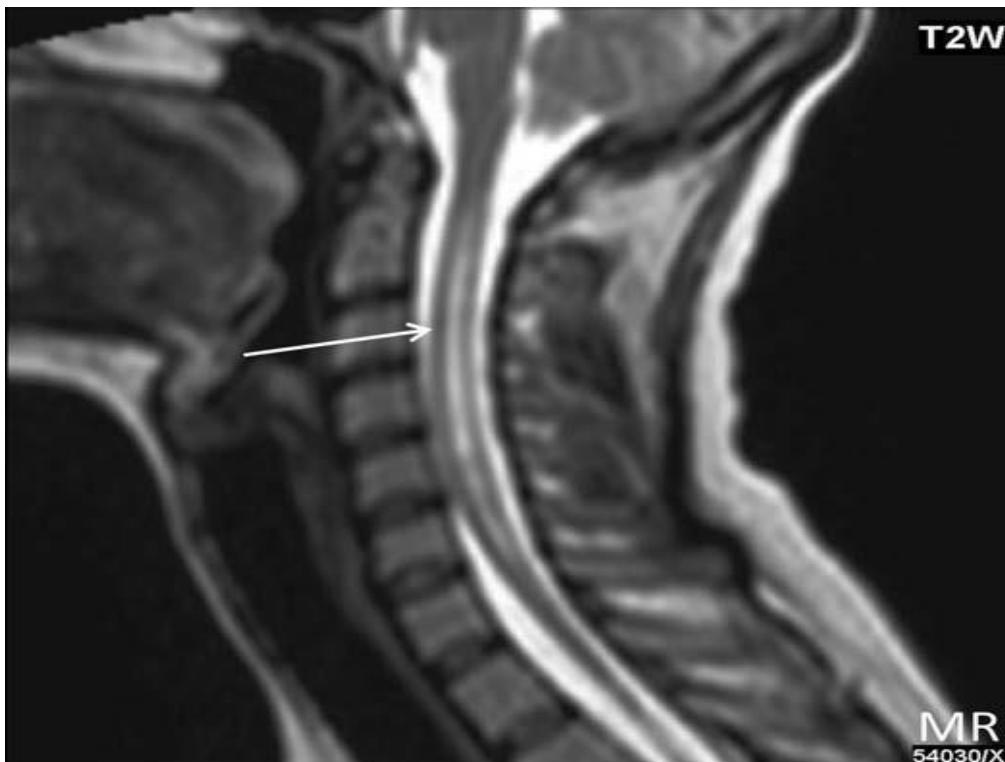
**Neuromyelitis optica (NMO) – Devicova nemoc.** Demyelinizační onemocnění neznámé etiologie, které je charakterizováno primárním postižením optických nervů a míchy a má většinou rychlý a agresivní průběh. Jedná se o vzácné onemocnění. Pacient je ohrožen těžkými relapsy, často s rezidui, po kterých může být několikaleté období remise. Prognóza pacientů je nepříznivá. Pro onemocnění je typické rozsáhlé ložisko zvýšeného signálu v T2W v míše, které svojí délkou přesahuje výšku třech obratlových těl (na rozdíl od RS, u které jsou intramedulární ložiska menšího rozsahu), může enhancovat po aplikaci KL. Nález v mozkové tkáni bývá na rozdíl od RS diskretní (atypická ložiska v kmenu) (obr. 8.20).

**Leukodystrofie.** Demyelinizace bílé hmoty mozkové může být způsobena abnormalitami oligodendrocytů nebo jejich lézí, z poruchy tvorby myelinu a jeho prekurzorů, nezřídka kombinací mnoha faktorů. Jedná se poměrně o vzácná onemocnění.

**Adrenoleukodystrofie.** Patří mezi dědičné onemocnění (X-recesivní, postihuje jen jedince mužského pohlaví) s poruchou metabolismu peroxizomů. Kromě postižení CNS je často přítomna i insuficience kůry nadledvinek. Klinická manifestace je obvykle mezi 5.–9. rokem, končí smrtí během 1–5 let. Typickým obrazem jsou rozsáhlá ložiska zvýšeného signálu v bílé hmotě mozkové v T2W obrazu, sníženého v T1W, parietookcipitálně, ale i frontálně, někdy částečně enhancují po aplikaci KL (obr. 8.21 a, b).

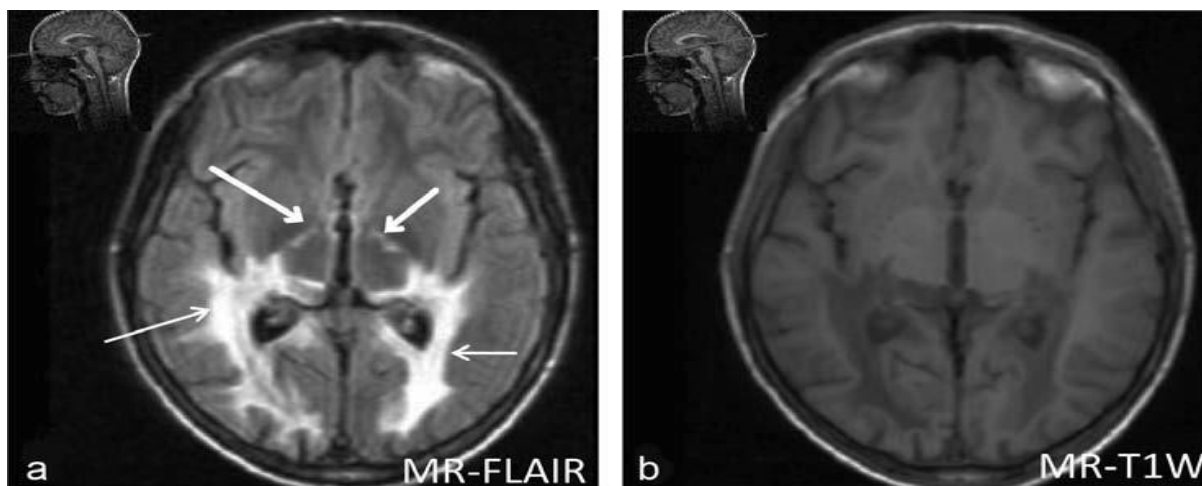


**Obr. 8.19 a–e** MR – roztroušená skleróza; mnohočetná hypersignální ložiska v T2W obrazu v bílé hmotě (a), ložiska jsou i infratentoriálně (b) a intramedulárně (c). Po podání KL je patrný enhancement (d), typický tvar neúplného prstence (e).



**Obr. 8.20** MR – neuromyelitis optica; intramedulárně je patrné ložisko, zvýšeného signálu v T2W obrazu, mícha je zde rozšířená, ložisko velikostí přesahuje výšku tří obratlových těl (šipka)

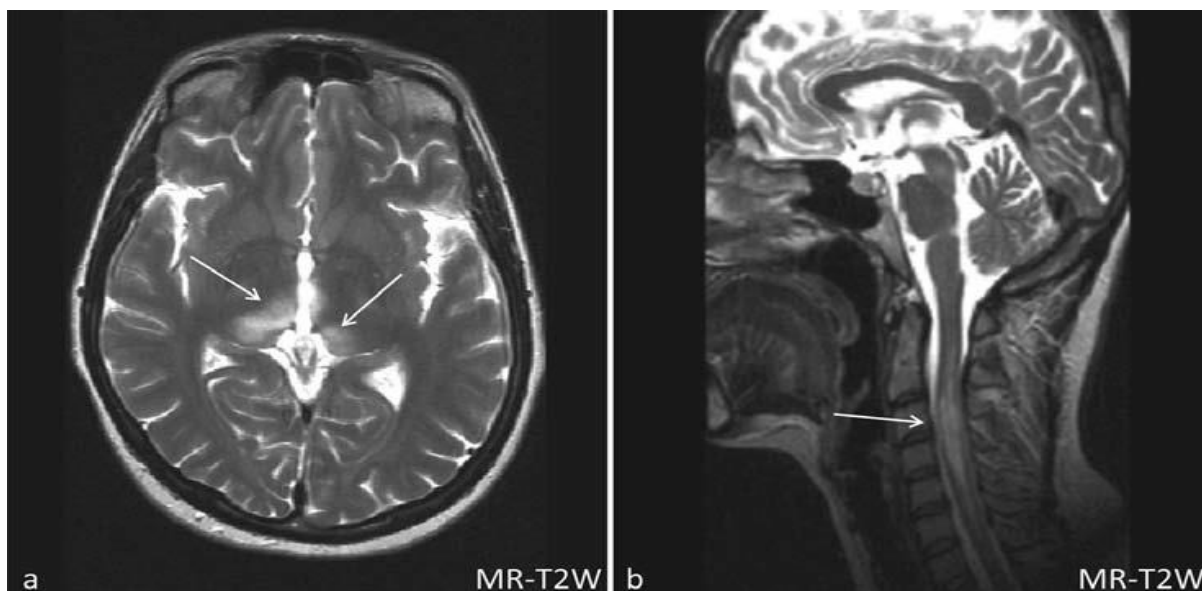




Obr. 8.21 a, b MR – adrenoleukodystrofie; zvýšený signál v oblasti bílé hmoty parietookcipitálně (šipka) a v zadním raménku capsuly interny (silná šipka)

**Akutní diseminovaná encefalomyelitida (ADEM) a akutní hemoragická encefalomyelitida (AHEM).** Jedná se o dvě klinické formy stejného onemocnění. Příčina nemoci není známa. Vyskytuje se jako následek infekčních, exantematických onemocnění nebo po proběhlé vakcinaci (někdy uváděné v literatuře jako postinfekční, postvakcinační, sekundární encefalomyelitida). Jedná se o difúzní, zánětlivý proces CNS.

Začátek klinických příznaků bývá subakutní, má variabilní prognózu, úplné uzdravení bez následků je v 50–60 %, 20–30 % má trvalé následky, mortalita je v 10–30 %. U pacientů jsou patrná hypersignální ložiska v T2W obrazu v bílé i šedé hmotě bilaterálně, často infratentoriálně a v míše, sníženého signálu v T1W obrazu, partiálně enhancující po aplikaci KL (obr. 8.22 a, b).



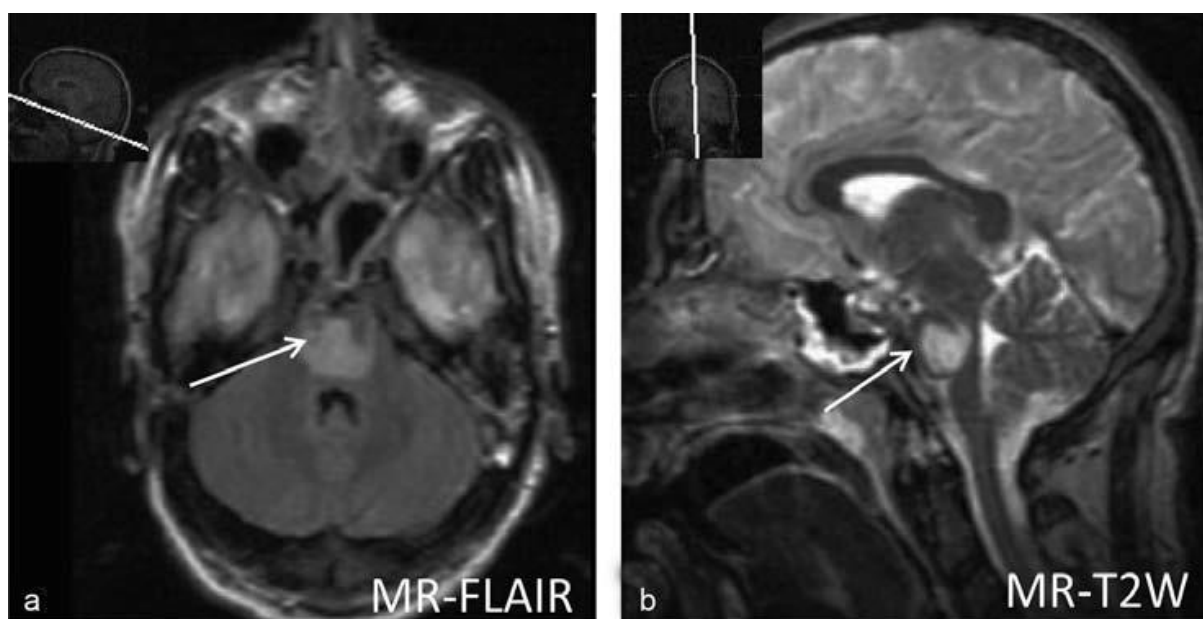
Obr. 8.22 a, b MR – akutní diseminovaná encefalomyelitida (ADEM). Jsou patrná oboustranně ložiska zvýšeného signálu v T2W obrazu v thalamech a v krční míše (šipka).

**Centrální pontinní a extrapontinní myelinolysis.** Akutní demyelinizace často u alkoholiků, jejíž příčina je hyponatremie a její rychlá úprava, snížení osmolarity krevního séra. Typické je centrální zvýšení signálu v T2W obrazu v pontu, obvykle méně nápadné snížení signálu v

T1W, beze změn po aplikaci KL. Ložiska mohou být i centrální šedi a jiných oblastech mozkové tkáně (obr. 8.23a,b).

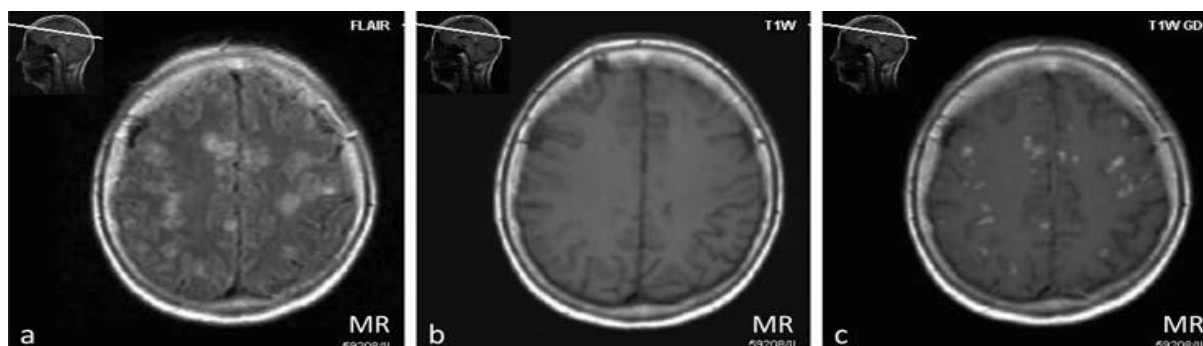
**Migréna.** U pacientů pozorujeme někdy drobná (obvykle velikosti několika mm) ložiska zvýšené intenzity signálu v T2W obrazu, bez korelátu v T1W obrazu, beze změn po aplikaci KL.

**Systémový lupus erythematoses (SLE).** Systémové onemocnění, postihující řadu orgánů: ledviny, plíce, CNS (neuropsychiatrický systémový lupus erythematoses NP – SLE pozorujeme asi v 20–70 %). Nález je velmi podobný obrazu u RS. Obvykle zobrazíme ložiska zvýšeného signálu v T2W obrazu, někdy snížený signál v T1W, ložiska mohou enhancovat po aplikaci KL.



Obr. 8.23 a, b MR – centrální pontinní myelinolysis, typický zvýšený signál v T2W obrazu V oblasti pontu s ušetřením periferních částí pontu (šipka).

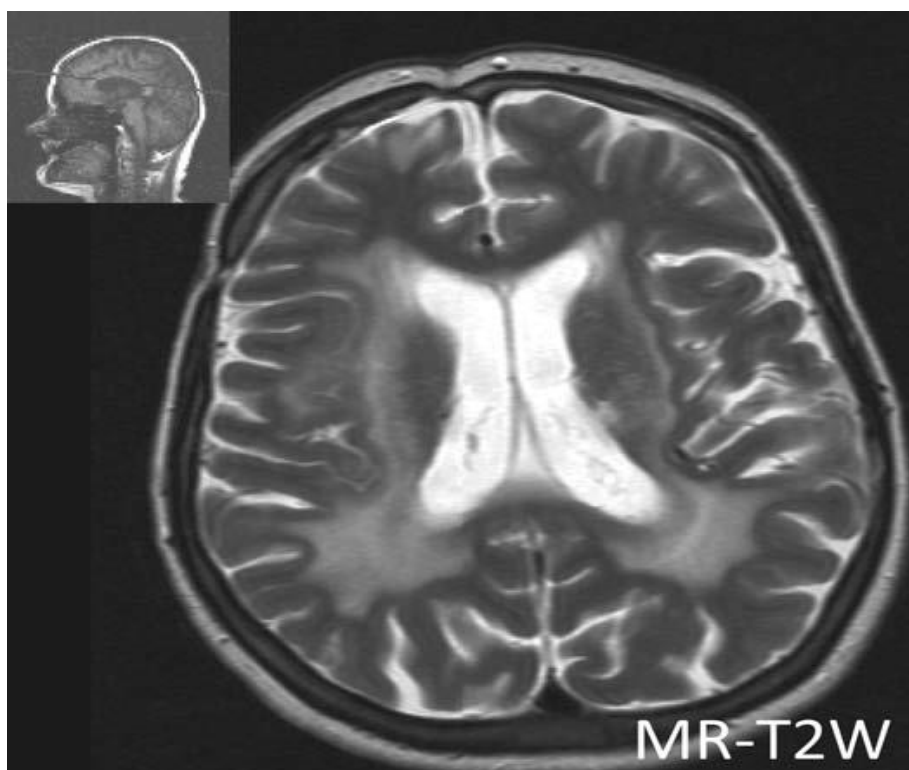
**Vaskulitidy.** Nepříliš časté onemocnění. Postihuje bílou i šedou hmotu mozkovou, někdy zobrazíme ložiska zvýšeného signálu v T2W obrazu, často bez korelátu v T1W obrazu, někdy enhancují po aplikaci KL (obr. 8.24 a–c).



Obr. 8.24 a–c MR – vaskulitida. Kortikosubkortikálně jsou patrná mnohočetná ložiska zvýšeného signálu v modu FLAIR (a), ložiska enhancují po podání KL (b, c).

## Komplikace radioterapie

Čím později se změny CNS objeví, tím bývají závažnější. Radioterapie a chemoterapie se mohou nejspíše v nežádoucích účincích navzájem potencovat. Rozlišujeme tři typy podle doby vzniku od radioterapie, reverzibilní edém bílé hmoty se objevuje již během iradiace a trvá týdny až měsíce po ukončení. Gliózu lze zobrazit týdny až měsíce po léčbě, je nálezem stacionárním, může být příčinou psychických změn (obr. 8.25). Nejzávažnější je poslední stupeň – postiradiační nekróza. Postiradiační nekrózu rozliší oproti recidivě tumoru pouze PET/CT.



**Obr. 8.25** MR – postiradiační glióza. V oblasti bílé hmoty jsou patrná splývavá rozsáhlá ložiska v T2W obrazu.

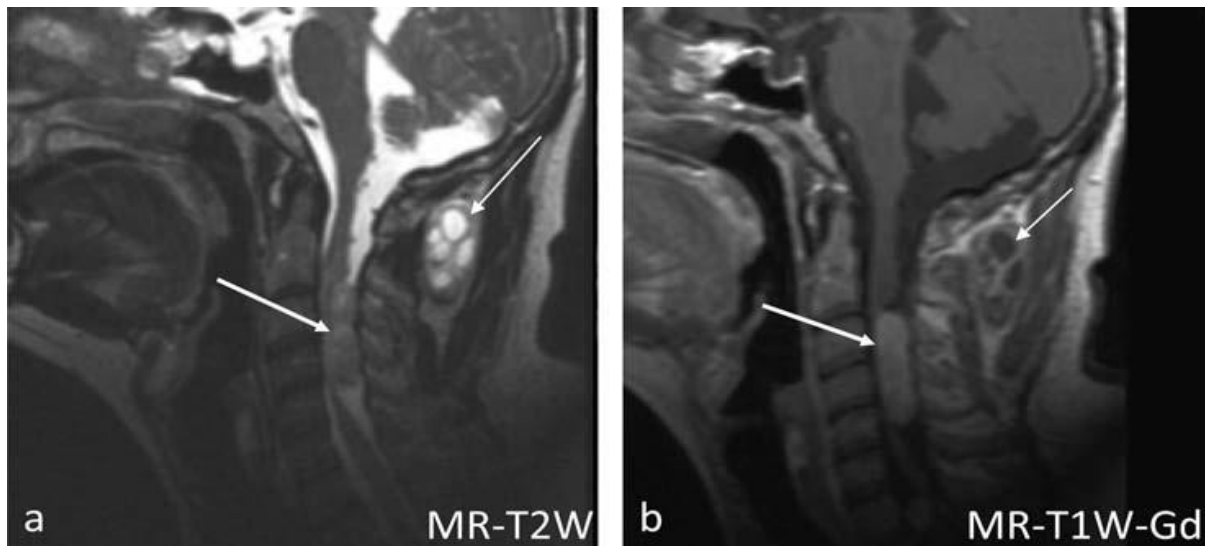
### 8.2.3 Neurokutánní onemocnění (fakomatózy, neurovývojová onemocnění)

Neurokutánní onemocnění postihuje především nervový systém a kůži, někdy i tkáň mezodermu (pojivo, viscerální orgány). Mezi fakomatózy řadíme: neurofibromatózu 1, neurofibromatózu 2, tuberózní sklerózu, von Hippelovu-Lindauovu chorobu (rhombencefalo – retinální angiomatóza), Sturgeovu-Webrova nemoc (encefalotrigeminální angiomatóza, retinocerebrální angiomatóza). Výskyt nádorů u pacientů s neurokutánními chorobami je častý.

**Neurofi bromatóza (Recklinghausenova choroba).** Rozlišujeme dva základní typy onemocnění **neurofi bromatózu (NF1 – periferní)** a **neurofi bromatózu (NF2 –centrální)**.

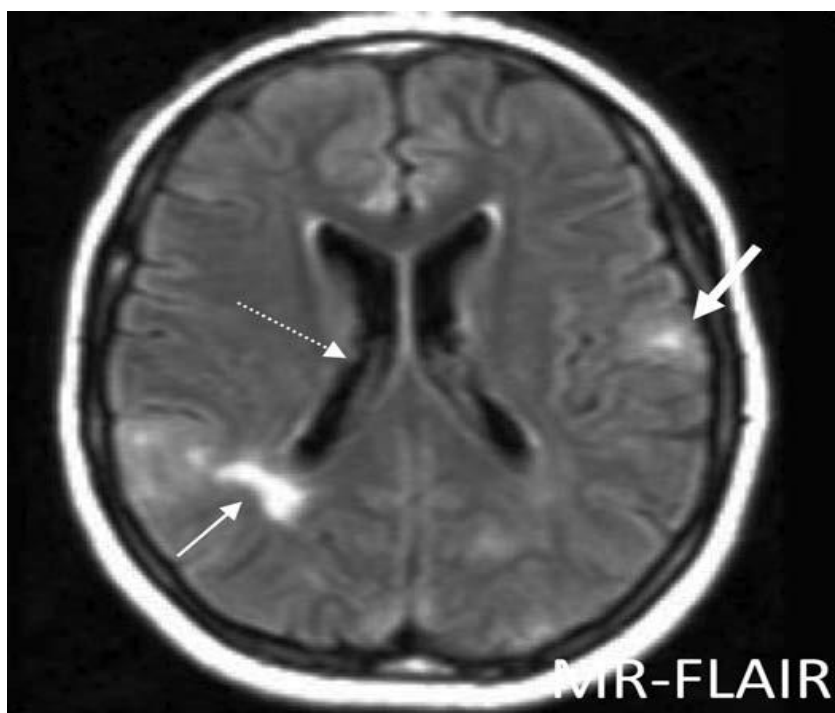
**Neurofi bromatóza – NF1** je nejvíce častá (více než 90 %), postižení CNS u 20 % nemocných. U NF1 pozorujeme na kůži ložiska barvy bílé kávy (café au lait), pigmentové skvrny v axile a inguině (pihy), hamartomy duhovky (Lischovy uzlíky). V obrazu CT a MR pozorujeme neurofibromy, hamartomy mozku, gliom optiku, kostní léze (agenezi velkého křídla kosti klínové...) (obr. 8.26 a, b).

**Tuberózní skleróza (Bourneville disease).** Je charakteristická typickou trias: adenoma sebaceum (angiofi bromatózní papulky červenohnědé barvy v obličeji, časté jsou i fibromy v okolí nehtového lůžka), mentální retardace (50 %) a epileptické záchvaty (85–90 %).



**Obr. 8.26 a, b MR – neurofibromatóza, NF-1.** Neurofi brom extramedulárně, intradurálně (silná šipka, a, b), který výrazně enhancuje po podání KL (b), tenká šipka ukazuje plexiformní neurofi brom.

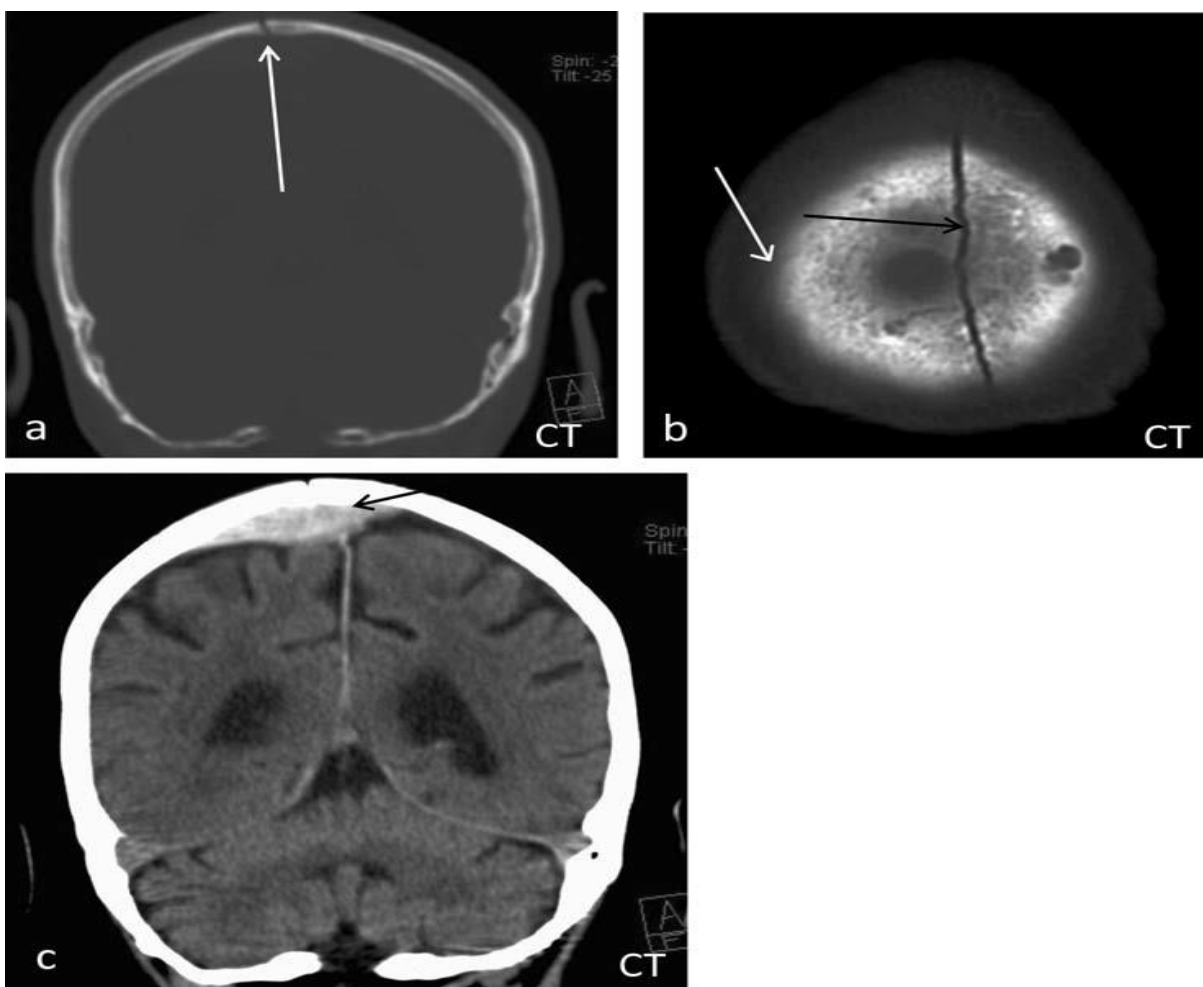
Typické jsou čtyři typy mozkových lézí: kortikální tuber (zvýšený signál v T2W obrazu), abnormality bílé hmoty, subependymální noduly (často obsahují kalcifikace), subependymální gigantické astrocytomy (obr. 8.27).



**Obr. 8.27 MR – tuberózní skleróza;** kortikální tuber (silná šipka), abnormality bílé hmoty (tenká šipka), subependymální nodul (tenká přerušovaná šipka)

### 8.2.4 Poranění mozku, hlavy

Pro optimální klinické vedení nemocného s kraniocerebrálním traumatem je třeba znát přesný čas úrazu, jeho okolnosti a mechanismus. Úraz sám působí **primární lézi**, která je neovlivnitelná (primární léze je možné dále členit na intraaxiální – postihující mozkové struktury – a extraaxiální – patologické léze mimo mozkovou tkáň). **Sekundární lézi** se snažíme léčbou zabránit nebo ji co nejvíce omezit. Traumata dělíme na zavřená a otevřená. Kritériem je porušení dura mater umožňující šíření infekce. Celosvětově se k orientačnímu hodnocení stavu vědomí u pacientů s traumatem mozku užívá jednoduchá **Glasgowská škála** (Glasgow Coma Scale – GCS). Testuje se otevření očí, motorická odpověď a stav vědomí. **Otevření očí:** spontánně 4 body, na oslovení 3, na bolest 2, neotevře 1. **Slovní odpověď:** orientovaná 5, zmatená 4, nepřiměřená 3, nesrozumitelná 2, žádná 1.



Obr. 8.28 a–c CT – fraktura lebky; fraktura lebky (šipka), epidurální hematom(šipka)

**Motorická odpověď:** vyhoví výzvě 6, lokalizuje bolest 5, obranná flexe (únik) 4, flexe HK s extenzí DK (dekortikace) 3, extenze končetin (decerebrace) 2, žádná 1. Možné hodnocení je 3–15 bodů. Poškození mírné 13–15, střední 9–12 a těžké 8 a méně bodů.

#### A) Primární léze

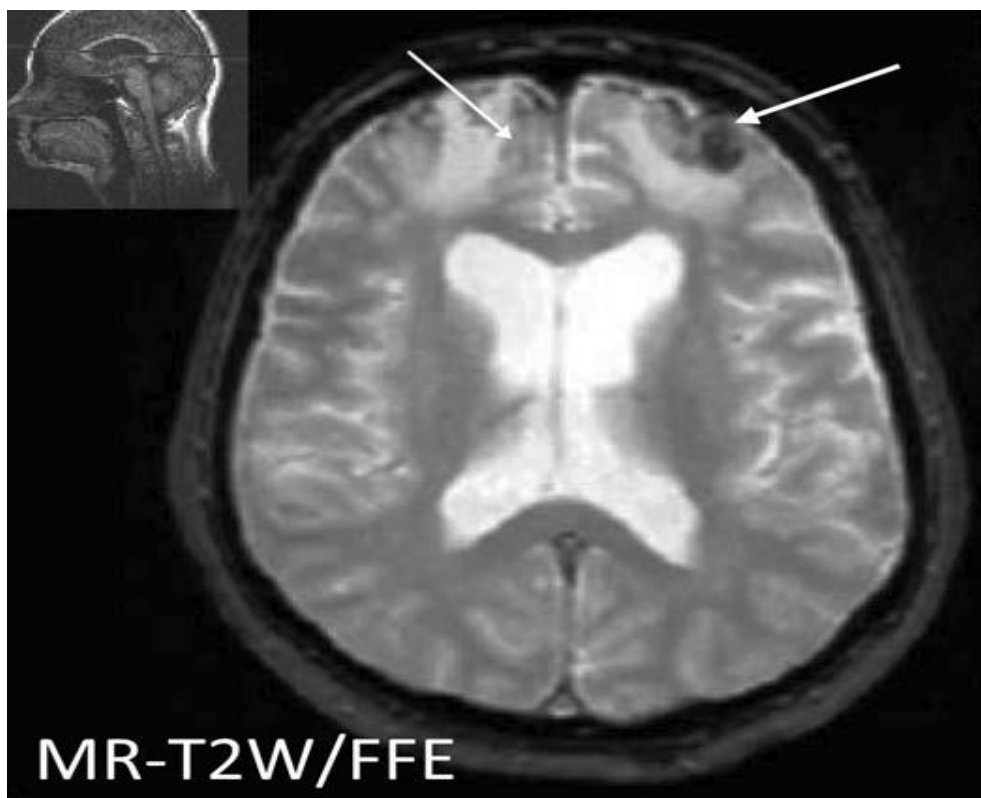
**Zlomenina lebky.** Porušená dura je otevřená cesta pro infekci do subdurálního prostoru (hrozí meningitis, encefalitis), provází obvykle fraktury báze lebni (často je přítomna sekrece z nosu nebo uší, prokážeme přítomnost likvoru). Frakturu lebky zobrazí nativní RTG, lépe CT (hojí se 2–3 roky), na RTG je patrná zlomenina jako linie projasnění, na CT snížené denzity (obr. 8.28 a–c).

**Komoce mozková (otřes mozku).** Byla definována jako trauma reverzibilní, bez ložiskových příznaků, které nezanechává většinou žádné trvalé následky. Podkladem jsou nejspíše difúzní axonální léze, liší se od difúzního axonálního poranění intenzitou.

Rozsah poškozených axonů je malý a je funkčně kompenzován. V klinickém obrazu je vyžadována porucha vědomí, retrográdní nebo antegrádní amnézie. **Mozková kontuze.** Naopak přítomnost ložiskového nálezu poškození mozku jak v klinickém obrazu EEG, tak při užití zobrazovacích metod již klasifikujeme jako mozkovou kontuzi (zhmoždění), která zahrnuje drobné léze mozkové až po např. laceraci celého mozkového laloku. Mozková kontuze se zobrazí na CT obvykle jako ložisko smíšené denzity (klinický obraz je závislý na lokalizaci a rozsahu postižení) (obr. 8.29, 8.30).



**Obr. 8.29** CT – kontuze. Bilaterálně frontálně jsou rozsáhlá postkontuzní prokrvácená ložiska postkontuzní ložisko je i temporálně l.sin. (šipka)



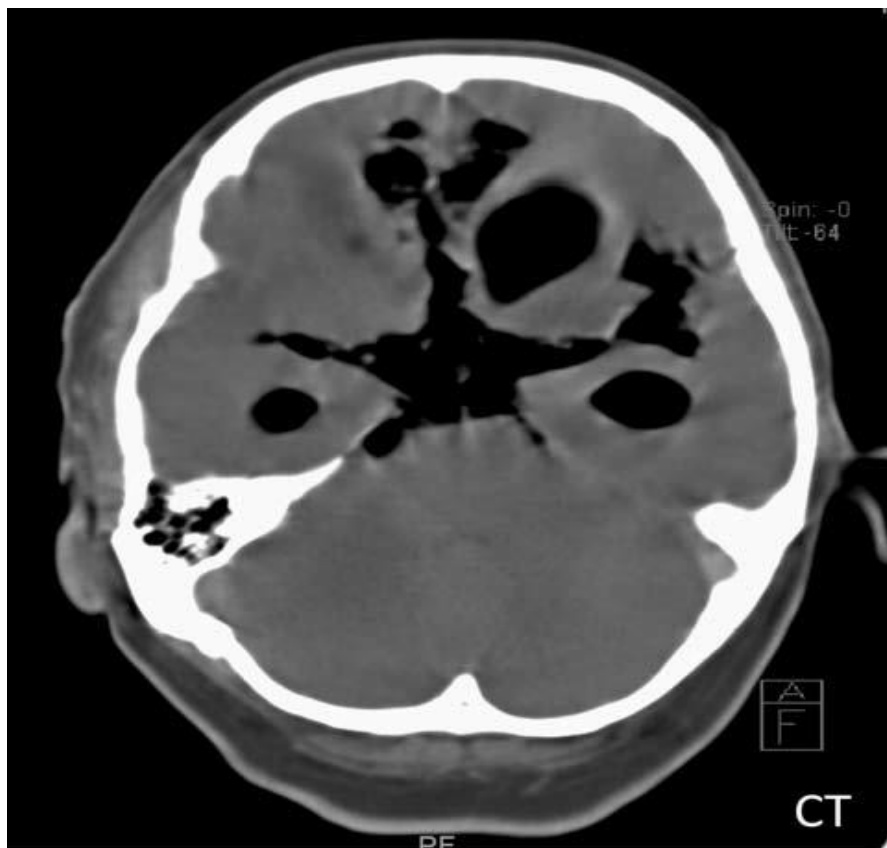
Obr. 8.30 MR – kontuze; bilaterálně frontálně kontuze s příměsí krve (šipky)

**Lehké mozkové poranění.** Tento termín je používán hlavně v anglosaské literatuře a myslíme, že vyhovuje pro klinickou praxi z hlediska nových poznatků a dalšího klinického vedení pacienta. Klasifikace lehkého mozkového poranění by měla splňovat: bezvědomí kratší než 30 minut, přítomnost retro – nebo antegrádní amnézie, může být ale přítomen patologický nález na CT, který nevyžaduje chirurgické řešení.

**Pneumocefalus.** Přítomnost vzduchu v CNS. Příčinou bývá fi sura v místě obličejových sinů, mastoidálního výběžku kosti spánkové, nebo penetrující poranění, vždy je přítomno porušení tvrdé pleny mozkové. Na CT je patrné snížení denzity okolo – 1000 HU (obr. 8.31).

**Difuzní axonální poranění (DAP).** Střížné poranění mozku: akcelerace mozkové tkáně, její náhlé zastavení, rotace struktur mozku, jsou nepříznivě ovlivněny nehomogenitou nitrolebního obsahu (likvor, šedá a bílá hmota). Porušení axonů nervových buněk má za následek porušení komunikace mezi kůrou a mozkovým kmenem. Jedná se o velmi širokou škálu postižení, od mozkové komoce, která je pokládána za nejlehčí formu DAP, až po závažné poranění mozku odpovědné za polovinu všech úmrtí na trauma CNS. Klinický obraz závisí na rozsahu postižení. Dramatické zlepšení klinického stavu může způsobit ústup edému. Na CT bývá obvykle normální nález, není neobvyklé, že při těžkém klinickém stavu může být nález na MR téměř normální, někdy zobrazíme drobné hemoragie a ložiska gliózy.

**Epidurální (extradurální) hematoma.** Příčinou je krvácení mezi kalvu a tvrdou plenu mozkovou. V 90 % se jedná o krvácení z arterie (a. meningica media) spojené



Obr. 8.31 CT – pneumocefalus

s lineární frakturou spánkové kosti. Krvácení se zastaví, až když intrakraniální tlak převýší tlak v cévě (tamponáda) (viz obr. 8.28 c). V 10 % se jedná o krvácení venózní. Klinické příznaky nastupují již v prvních 3 hodinách po úrazu, ale i déle. Objeví se ložiskové příznaky, nitrolební hypertenze a alterace vědomí. Pozdní diagnóza má za následek smrt z herniace mozkových struktur. Epidurální krvácení se spontánně nezhojí. Jedinou účinnou léčbou je široká trepanace, odsátí hematomu a uzavření krvácející cévy. Výsledek operace závisí na stavu vědomí před zákrokem. Při vyšetření CT je pod kalvou bikonvexní (čočkovité), ostře ohraničené hypertenzní ložisko hladkých okrajů, 50–80 HU, MR zobrazí hypersignální ložisko sníženého, později zvýšeného signálu v T1W, zvýšeného signálu v T2W obrazu.

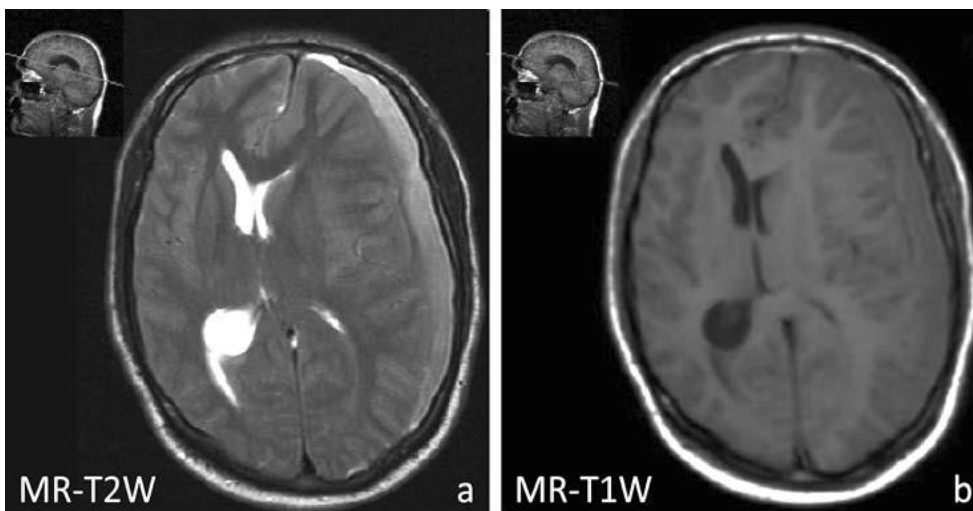
**Akutní subdurální hematom.** Akutně vzniklá plášťovitá kolekce krve mezi tvrdou a měkkou plenou mozkovou, často doprovázená mozkovou kontuzí. Hematom má původ v natržení přemostujících žil mezi dura mater a arachnoideou. Klinické příznaky jsou podobné epidurálnímu krvácení, volný interval bývá delší, 8–24 hodin. Vývoj příznaků na rozdíl od epidurálního krvácení nastupuje déle, řádově do 3 dnů. Zda bude léčba konzervativní či chirurgická rozhoduje klinický stav zraněného a tloušťka hematomu. Postup je odstranění kolekce z široké trepanace. Subdurální hematom u novorozenců může být následkem komplikovaného porodu. Má odlišný klinický obraz. Dítě neprospívá, má křeče, zvrací, fontanela se vyklenuje a švy rozestupují. Zobrazíme v UZ, eventuálně CT, léčíme punkcí přes velkou fontanelu.

V obrazu CT je patrné hyperdenzní plánovité ložisko denzity 50–80 HU (obr. 8.32, 8.33 a, b), MR zobrazí hypersignální ložisko sníženého, později zvýšeného signálu v T1W, zvýšeného signálu v T2W obrazu.





**Obr. 8.32** CT – akutní subdurální hematom (šipka), krev částečně i v subarachnoideálních prostorech (silná šipka). Je patrný přesun středočarových struktur, počínající známky subfalxiální heniace.



**Obr. 8.33 a, b** MR – akutní subdurální hematom vlevo

**Chronický subdurální hematom.** Poměrně vzácně přechází akutní subdurální hematom do chronického. Příčinou je osmotické nasávání tekutiny do hematomu nebo recidivující drobná krvácení z granulační tkáně pseudomebrány lemující subdurální hematom. Příznaky expanze se projeví za týdny až měsíce od předmětného úrazu. Typické projevy jsou bolesti hlavy, psychická alterace (vážne paměť a soustředění), poruchy vědomí (počínaje somnolencí). Z ložiskových příznaků bývá frustní hemiparéza. Trepanopunkce a odsátí hematomu vede většinou k uzdravení pacienta. V obrazu CT je patrný plášťovitý útvar pod

kalvou, hypodenzní v CT, hypersignální v T1W i T2W obrazu, někdy hypo- v T1W, hypersignální v T2W obrazu, je patrná enhancující pseudomembrána ohraničující hematom oproti mozkové tkáni po aplikaci KL. Je nutné odlišit kolekci moku mozkomíšního, který se může vytvořit při porušení dury, **hydrom**.

**Traumatické subarachnoidální krvácení.** Je jinou klinickou jednotkou, než je subarachnoidální krvácení z prasklého aneuryzmatu nebo cévní malformace. V mírné formě provází každé větší poranění CNS, v některých případech by snad mohlo být příčinou následného hyporesorpčního hydrocefalu. Pozorujeme zvýšenou denzitu moku mozkomíšního.

## B) Sekundární léze

Pouřazový mozkový edém (traumatický mozkový edém) má původ ve zmnožení intracelulární (edém cytotoxický) a/nebo extracelulární tekutiny (edém vazogenní). Mozkový edém vrcholí 3. až 7. den od úrazu, po 10. dnu dochází k jeho ústupu. Nezřídka je edém neovládnutelnou komplikací, narůstá intenzita poruchy vědomí, kóma, smrt (herniace mozkové). Edém se snažíme ovlivnit nasazením kortikoidů, hypertonickými roztoky, někdy je prováděna kraniotomie z důvodů odlehčení tlaku nitrolebního.

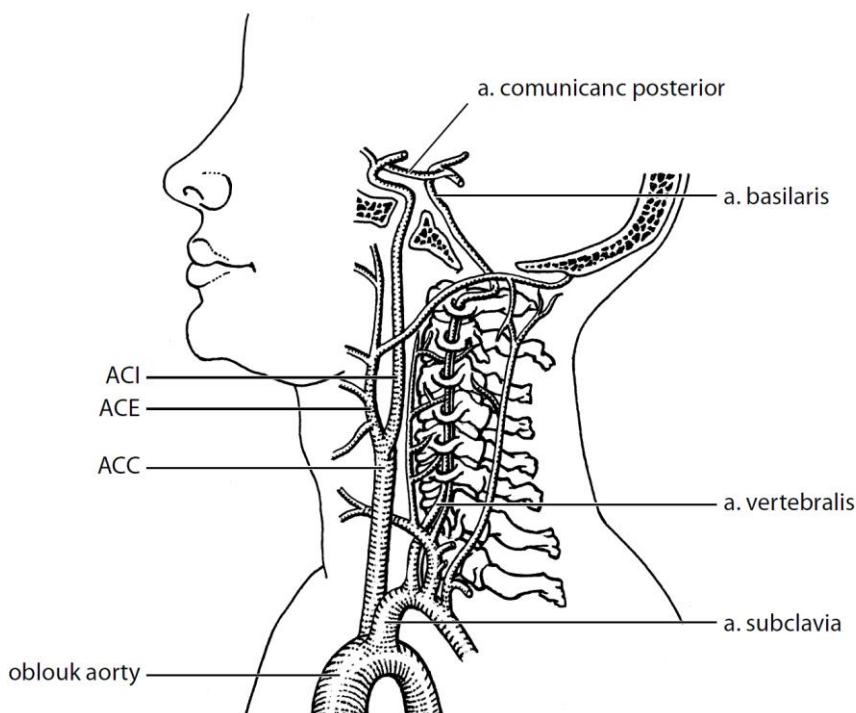
**Herniace mozkových struktur.** V důsledku narůstajícího nitrolebního tlaku (extraaxiální krvácení, edém) a omezené rezervní kapacity nitrolební se části mozku deformují a dislokují a cestou nejmenšího odporu opouští stísněný prostor. Mozkové herniace (konusy, kužele) jsou: subfalxiální, tentoriální descendentní a ascendentní (vzácná) a okcipitální (tonzilární). Vždy se jedná o velmi závažný klinický stav nemocného nezřídka končící jeho smrtí. U pacienta dochází k postupnému zhoršování stavu vědomí, kóma, smrt.

**Mozková smrt.** Ireverzibilní zánik funkcí mozku. Není žádné proudění krve v arteriálním ani venózním systému. Při zobrazení CT je „reversal sign“, mozeček má vyšší denzitu než hemisféry mozkové, po aplikaci KL není patrný žádný enhancement cév intrakraniálně, CTA a MRA nezobrazí žádné intrakraniální cévy. AG prokáže stop kontrastní náplně cévy ACI od supraklinoidálního úseku, ACE se může zobrazit.

### 8.2.5 Cévní onemocnění mozku

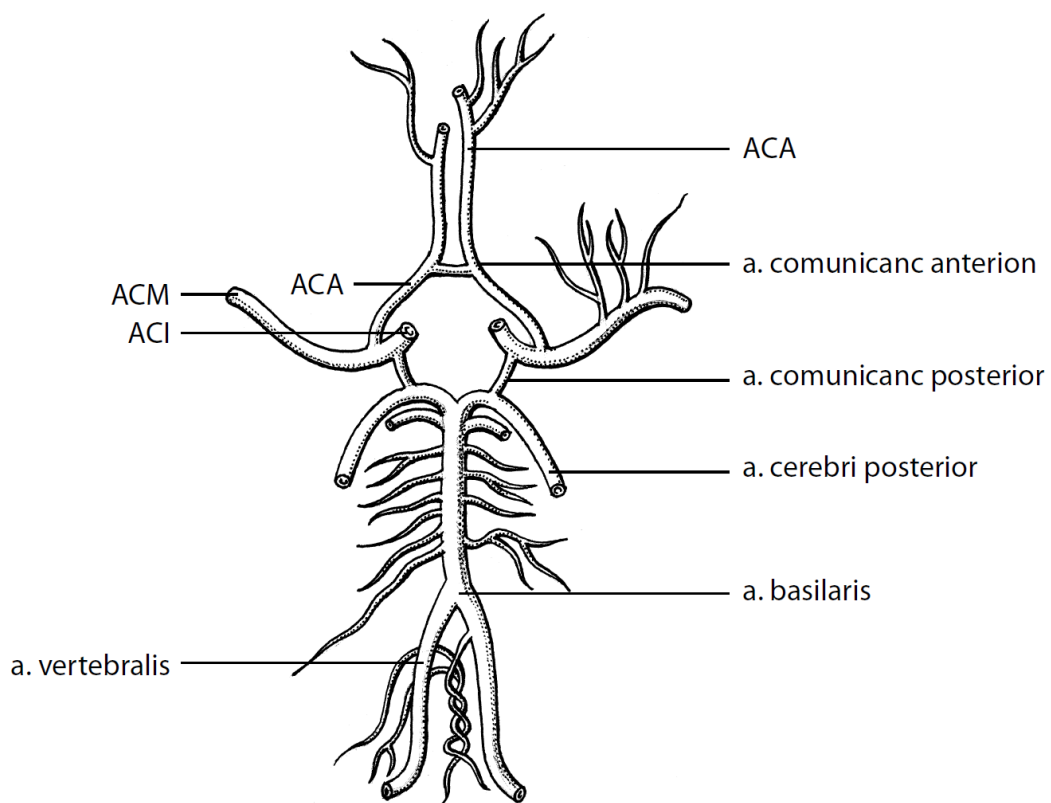
Mozková tkáň má velké, poměrně konstantní energetické nároky, což vyžaduje stálý přísun kyslíku a glukózy (mozková tkáň má 2 % z celkové hmotnosti, ale 20 % celkové spotřeby kyslíku). Z uvedených důvodů je nezbytné, aby průtok krve mozkem (mozková perfuze) byl plynulý a konstantní. Mozkové prokrvení je závislé na arteriálním tlaku a periferní cévní rezistenci. Relevantní hodnotou je minutový mozkový průtok (perfuze mozková – CBF), který nás informuje, kolik krve proteče 100 g mozkové tkáně za 1 minutu (60–80 ml/100 g/1 min). Při poklesu CBF pod 20 ml/100 g/1 min dochází k poruše funkce mozkových buněk (t. z. penumbra, polostín). Postižené buňky při obnovení mozkového průtoku mají ještě schopnost úpravy funkce, reverzibilní poškození. Při snížení průtoku pod 12 ml/100/1 min dochází i k ireverzibilnímu poškození mozkových buněk. Z tohoto předpokladu je logický závěr, že naší snahou je léčebné ovlivnění mozkových buněk v oblasti penumbry (polostínu). Cévní zásobení mozku lze rozdělit na oblast karotického (přední) a vertebrobasilárního (zadní) povodí. Tyto cévy vytváří Willisův okruh na spodině mozku, což umožňuje komunikaci nejen mezi karotickým a vertebrobasilárním povodím, ale také mezi levou a pravou stranou

mozkové cirkulace, což do určité míry umožňuje kolaterální oběh při vzniklé cévní insuficienci (obr. 8.34, 8.35).



**Obr. 8.34** Schéma extrakraniálního cévního řečiště

**Akutní mozková příhoda (CMP, stroke, ictus):** Je definována akutním začátkem klinické symptomatologie, jejíž příčinou je ischemie nebo krvácení do mozkových struktur. Z hlediska příčiny lze CMP rozdělit na dvě základní skupiny **ischemie (85 %)** a **krvácení (15 %)**. Při postižení teritoria a. cerebri media je přítomna hemiparéza na kontralaterální straně těla, při lézi dominantní hemisféry často doprovázena afazií. CT již v prvních minutách od počátku klinické symptomatologie prokáže mozkové krvácení, jako ložisko zvýšené denzity (60–80 HU). Ještě v některých starších učebnicích je údaj, že ischemickou cévní mozkovou příhodu lze zobrazit jako ložisko snížené denzity nejdříve za 24 hodin (obr. 8.36). Existují však včasné známky ischemie CNS, které jsou přítomny v obrazu CT v prvních 6 hodinách. Technikou mozkové perfuze, kdy aplikuje KL (průtok 6 ml/s, asi 30 ml), můžeme ložisko ischemie zobrazit již okolo 1 hodiny po počátku ischemie (obr. 8.37 a–c).



Obr. 8.35 Schéma Willisova okruhu

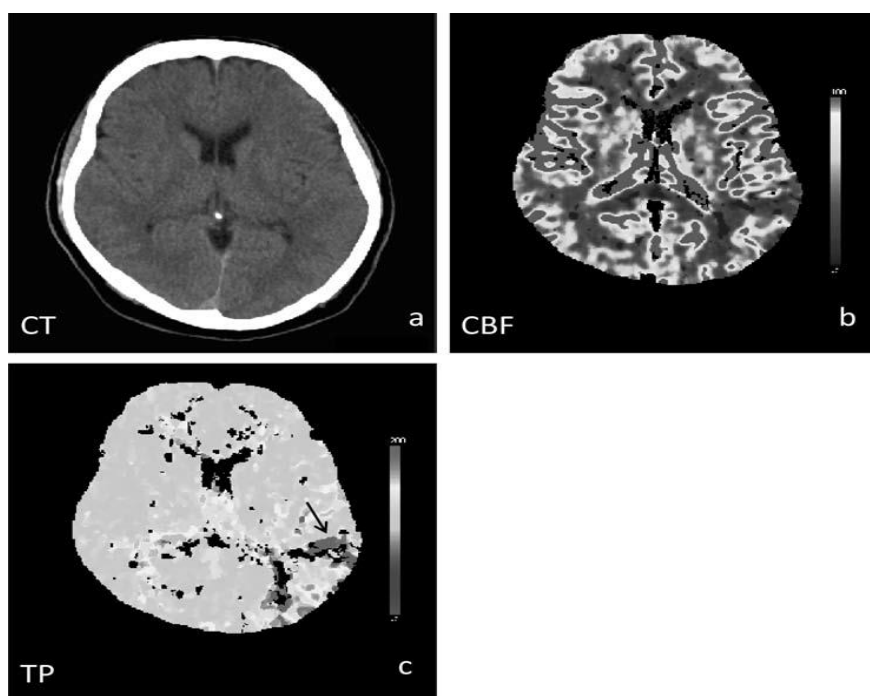


**Obr. 8.36** CT – cévní mozková příhoda (CMP). Je patrné rozsáhlé hypodenzní ložisko v oblasti levé mozkové hemisféry, povodí a. cerebri media l. sin (šipka).

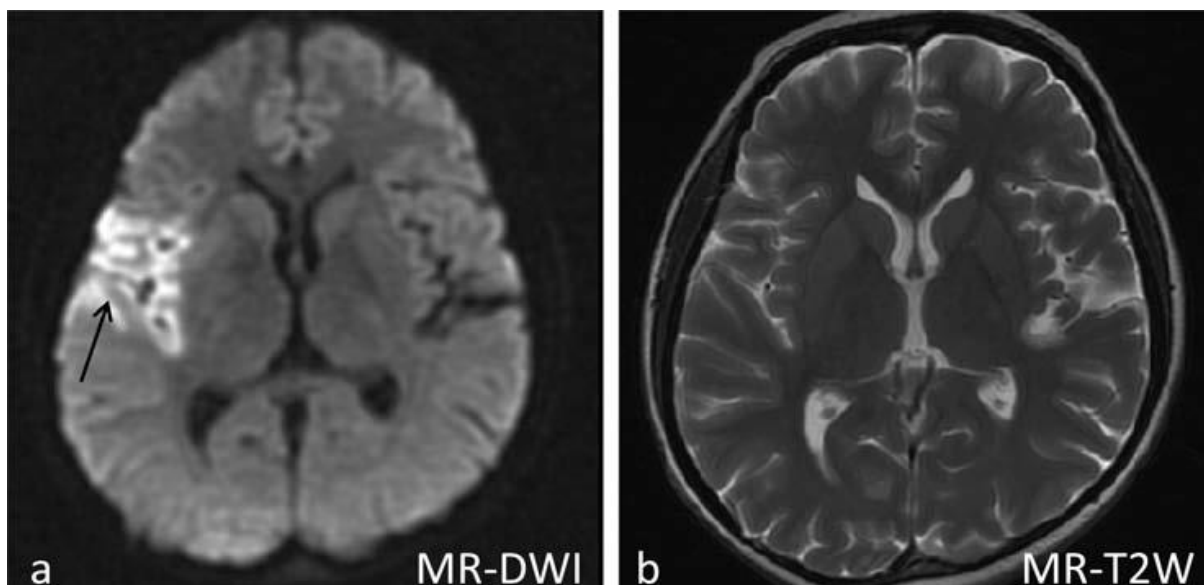
Je nutné si uvědomit, že aplikace KL při vyšetření MR ani CT nesmí předcházet provedení perfuzního vyšetření. Při zobrazení MR DWI (mozková difuze) a PWI (mozková perfuze) zobrazíme mozkovou ischemii již na konci 1. hodiny od počátku klinické symptomatologie. DWI prokáže zvýšený signál v místě malacie, ADC mapa snížený signál. V obrazu T2W a FLAIR pozorujeme zvýšený signál, v T1W obrazu snížený signál zpravidla do 24 hodin od počátku klinické symptomatologie. Čas je rozhodujícím faktorem nutným pro úspěch terapie, lze říci „čas je mozek“.

### Vyšetřovací postup u CMP (stroke protokol) užívaný ve VFN v Praze:

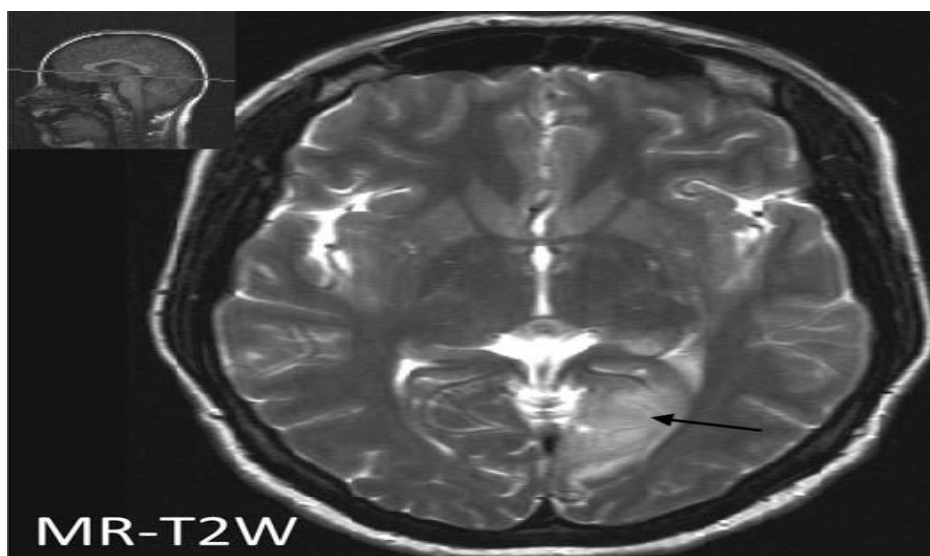
Za optimální bychom považovali užití jednoho z následujících protokolů, které nám umožní eventuálně indikovat vhodnou skupinu nemocných k trombolytické léčbě. **MR:** 1. FFE-T2W (absence nebo přítomnost hemoragické složky), 2. T2W (nebo FLAIR) ukáže ischemii staršího data, ostatní patologii, edém, 3. DWI (včetně ADC mapy) a 4. PWI (zobrazí rozsah ischemických změn), 5. MRA zobrazí uzávěr eventuálně, zúžení průsvitu cévy (obr. 8.38 a, b, 8.39).



**Obr. 8.37 a–c** CT – mozková perfuze, časné známky ischemie (c, šipka), normální nález při běžném CT vyšetření (a), normální mozkový krevní průtok (CBF) (b). Zpomalený čas vrcholu – time to peak (TP) (c). Klinické příznaky pacienta se během několika hodin upravily, jednalo se tedy o tranzitní ischemickou příhodu. Z hlediska zobrazení se jedná o část mozkové tkáně s výrazným rizikem ischemie, ale dobrým kolaterálním zásobením, proto byl normální CBF, ale zpomalený TP (simplisticky lze říci, že krev přiteče do uvedené oblasti s časovou prodlevou).



**Obr. 8.38 a, b** CMP, MR. Temporálně l.dx je patrné ložisko zvýšené intenzity signálu v DWI ( $b = 1100 \text{ s/mm}^2$ ), které odpovídá restrikci difuze a je korelátem iktu (šipka, a). Na „konvenčním MR“ není ložisko malacie patrné, v T2W obrazu je normální nález (b).



**Obr. 8.39** CMP, MR. Okcipitálně l.sin je patrná CMP, ložisko je zvýšeného signálu v T2W obrazu (šipka), ischemie v oblasti a. cerebri posterior l.sin.

**CT:** 1. nativní CT (vyloučí krvácení, prokáže včasné známky ischemie), 2. Perfuzní CT (zobrazí ischemické změny, nedostatkem je fakt, že nedokáže rozlišit ireverzibilně poškozenou mozkovou tkáň od penumbry, i když nové práce ukazují, že minutový krevní objem by mohl být korelát ireverzibilního poškození mozku, mozková perfuze v ml/100 g/1 min by pak mohla zobrazit tuto ireverzibilně poškozenou tkáň včetně penumbry), 3. CTA (prokáže oklusi cév). DSA, PET, SPECT nepovažujeme za nezbytné, při jejich aplikaci dochází k drahocenné ztrátě času.

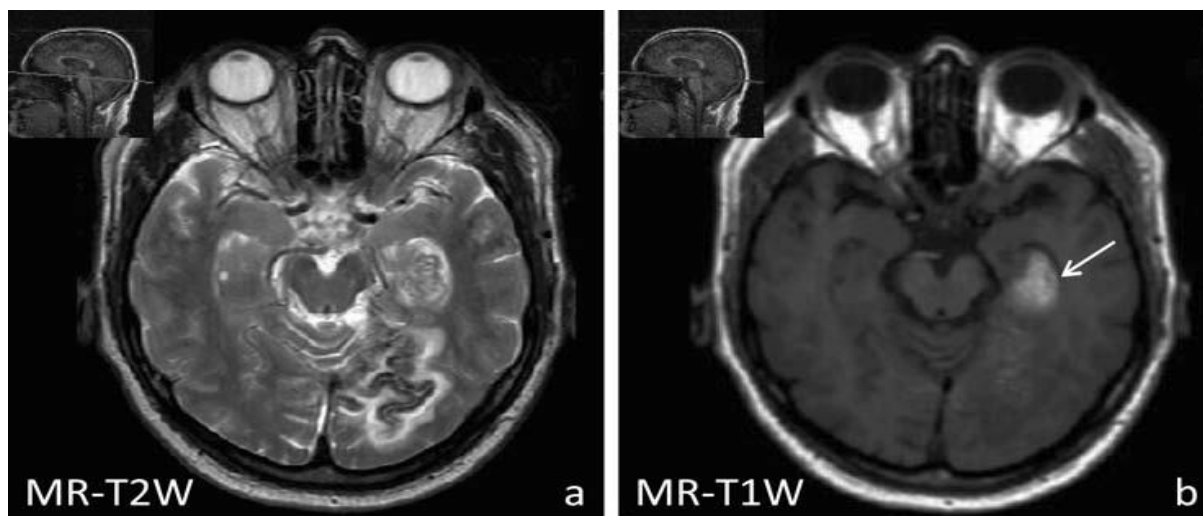
Hlavním kritériem pro **trombolytickou léčbu** (trombolýzu) je doba od počátku klinické symptomatologie – **interval kratší než 4,5**, eventuálně 6 hodin (při mechanickém odstranění trombu). Musí být vyloučeno krvácení a rozsah léze by neměl být větší než 33 % příslušného

cévního teritoria, existují i další podmínky, např. žádná hemoragická cévní mozková příhoda v posledních 6 týdnech, poruchy srážlivosti...

V subakutním stadiu bývají u více než 25 % pacientů hemoragické změny v ischemii tzv. „**hemoragický infarkt**“, nejčastěji okolo 2. až 10. dne od počátku, který na rozdíl od arteriálně vzniklé hemoragie nedestruuje mozkovou tkáň a respektuje lokalizaci danou ischemií, tedy odpovídá určitému cévnímu teritoriu a nebývá doprovázeno zhoršením klinického stavu. Příčinou hemoragického infarktu je rekanalizace (obnovení krevního proudu) do místa ischemie, kde jsou již insuficientní buňky endotelu (porucha hematoencefalické bariéry) (obr. 8.40 a, b).

V chronickém stadiu bývá patrná glióza, pseudocysty, retrakce směrem k místu ischemie, často je rozšířená příslušná část postranní komory a jsou prostornější subarachnoidální prostory v blízkosti malacie.

**Periventrikulární leukomalacie (PVL).** Termín je ve většině případů vyhrazen pro posthypoxicko-ischemické postižení bílé hmoty v období pre a perinatálním (nejčastěji dojde k hypoxii během porodu). Pozorujeme ložiska gliózy v oblasti periventrikulární, někdy drobné pseudocysty (příčinou je kolikvace ischemických změn). Následkem někdy bývá dětská mozková obrna (DMO), lepší prognózu mívají nedonošení jedinci oproti dětem narozeným v termínu.



**Obr. 8.40 a ,b MR – hemoragický infarkt („červená malacie“); v subakutní fázi krvácení (v časovém rozhraní intra a extracelulárního methemoglobinu) temporálně l.sin.**

**Leukoareióza.** Příčinou jsou nejspíše arteriosklerotické změny na cévách v bílé hmotě mozkové, v 50 letech u 8 % jedinců, po 60 letech až u 50 % vyšetřovaných. U nemocných jsou v obrazu CT patrná ložiska snížené denzity, při vyšetření MR ložiska zvýšeného signálu v T2W obrazu, s normálním, nebo lehce sníženým signálem v T1W obrazu, beze změn po aplikaci KL, histologicky se jedná o gliózu, demyelinizaci, edém... (obr. 8.41 a, b). Obvykle bývá normální klinický obraz, při rozsáhlých lézích pozorujeme příznaky organického psychosyndromu.

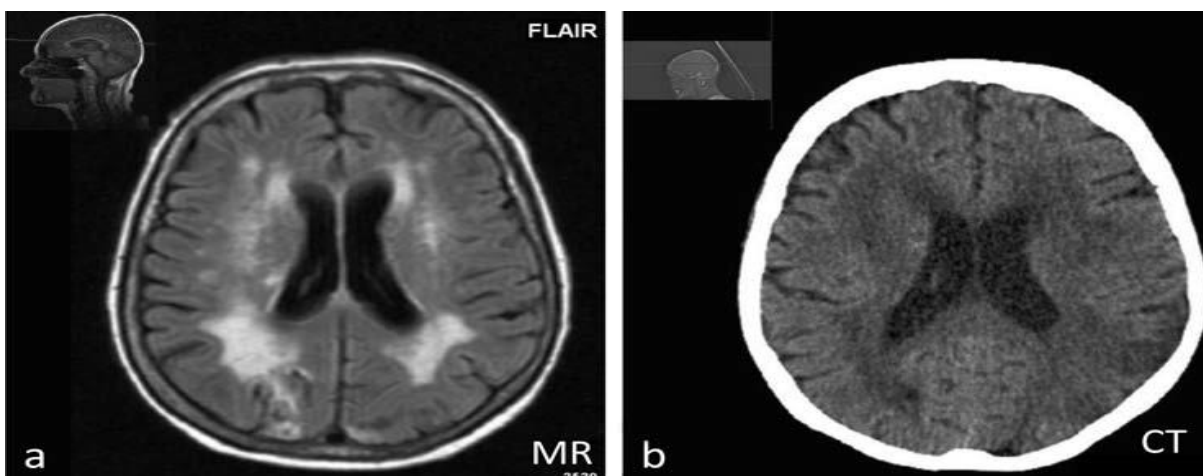
**Venózní infarkt.** Má příčinu v onemocnění žilních splavů, hlubokých nebo kortikálních venózních struktur z důvodů uzávěru (trombózy) nebo tromboflebitidy (zánětu). Existují určité predispoziční faktory jako těhotenství, perorální antikoncepce, dehydratace, operační

zákroky, poruchu koagulace.... Při postižení hlubokého žilního systému jsou léze často více či méně symetrické, relativně mají uspokojivou prognózu.

**Krvácení CNS.** Typické je krvácení z centrálních, perforujících tepen do hlubokých struktur mozku (a. hemoragica – Charcotova). Atypické krvácení je spíše v periferních oblastech mozku, často z A-V malformace, při vaskulitidě...

Jestliže krev vytéká pod velkým tlakem a destruuje mozkovou tkáň, je zdrojem tříštivého krvácení; v příznivějším případě pomalu vytéká, spíše roztlačuje mozkovou tkáň, jehož důsledkem je globózní krvácení. Odhadem lze konstatovat, dle rozsahu krvácení, že hemoragie větší než 3 cm infratentoriálně a větší než 5 cm supratentoriálně mají v 90 % infaustní prognózu.

CT zobrazí hyperdenzní ložisko, jako korelát krvácení je patrný v CT obrazu, již za několik minut po proběhlé příhodě (hyperdenzní ložisko je korelát koagula, denzity 60–80 HU, nekoagulovaná krev je izodenzní) (obr. 8.42). Denzita intracerebrálního krvácení se v čase postupně snižuje „odbarvení hematomu“, v důsledku resorpce hematomu. V subakutním stadiu, asi kolem 14. až 21. dne od začátku krvácení, se hematoma stává izodenzní s mozkovou tkání, později hypodenzní. V chronickém stadiu tedy již nemůžeme ze samotného CT rozlišit posthemoragickou od postmalatické pseudocysty „**CT má pro krvácení krátkou paměť**“ (obr. 8.43 a, b). Zajímavý je poznatek, že  $Fe^{2+}$  ovlivňuje denzitu hematomu pouze z 10 %, 90 % má na svědomí bílkovinná komponenta hemoglobinu.

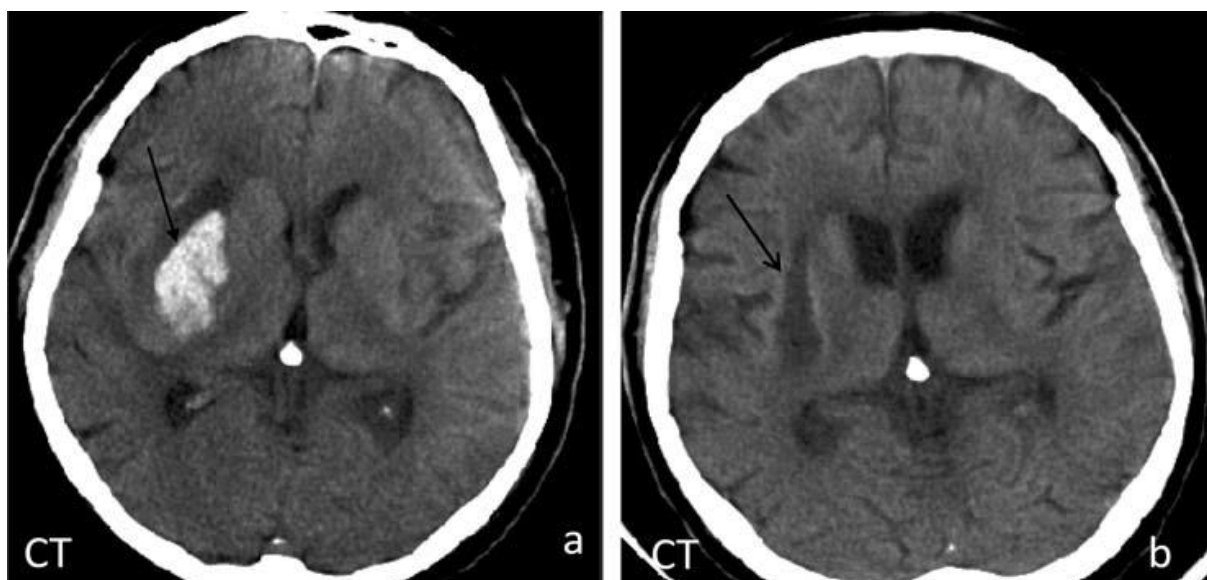


Obr. 8.41 a, b MR a CT – leukoaraióza; mnohočetná ložiska zvýšeného signálu v bílé hmotě v sekvenci FLAIR (a), ložiska jsou patrná i na CT jako ložiska snížené denzity (b)





Obr. 8.42 CT – intraparenchymatózní krvácení; šipka ukazuje hyperdenzní ložisko krvácení

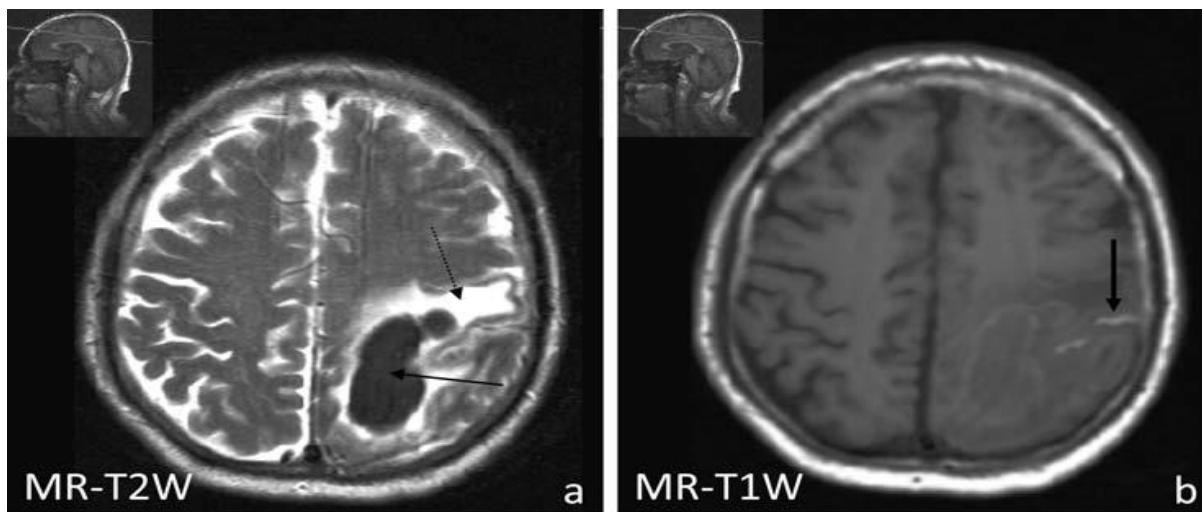


Obr. 8.43 a, b CT – vývoj krvácení: akutní krvácení (a, šipka), kontrola po 2 měsících

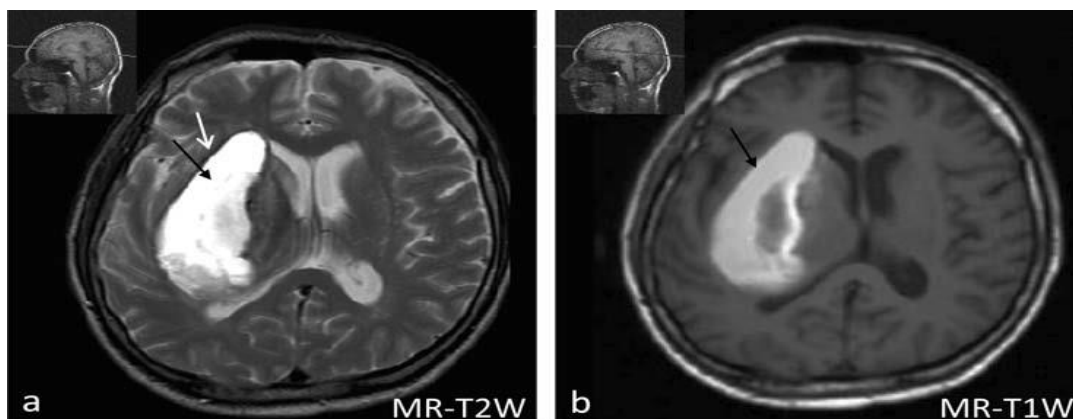
Za změnu signálu při zobrazení intracerebrálního krvácení magnetickou rezonancí jsou zodpovědné paramagnetické vlastnosti rozpadových krevních produktů hemoglobinu, látky paramagnetické (deoxyhemoglobin, methemoglobin, hemosiderin a feritin) a látky diamagnetické (oxyhemoglobin) (obr. 8.44 a, b, 8.45 a, b). Paramagnetické látky zvyšují lokálně velikost intenzity vnějšího magnetického pole, diamagnetické látky intenzitu snižují, to umožňuje MR stanovit různá stadia krvácení, rezidua po krvácení zůstanou po celý další život jedince (feritin a hemosiderin).

**Krvácení u novorozenců.** Nejčastěji k němu dochází u dětí předčasně narozených (do 34. týdne), a to do oblasti germinal matrix – zárodečná tkáň. Bývá doprovázeno krvácením do

mozkových komor a následným hydrocefalem, rozlišujeme čtyři stupně. Krvácení u dětí narozených v termínu má jiné predilekční lokalizace, trvalé následky bývají závažnější než u nedonošených jedinců.



**Obr. 8.44 a, b MR – krvácení: akutní stadium krvácení, deoxyhemoglobin (tenká šipka, a), rezidua oxyhemoglobinu (přerušovaná šipka, a), místy se již objevuje intracelulární methemoglobin (tlustá šipka, b)**



**Obr. 8.45 a, b MR – subakutní stadium krvácení: fáze II, extracelulární methemoglobin (černá šipka), na periferii ložiska jsou již patrná depozita feritinu (bílá šipka, a)**

Dle rozsahu krvácení (od lehké klinické symptomatologie, zvýšené dráždivosti, hypertonie, křečí až po celkově těžký klinický stav).

### 8.2.6 Cévní malformace

- A) cerebrovaskulární malformace s arteriovenózním zkratem
  - A-V malformace,
  - durální A-V fi stula (zkrat), malformace;
- B) kavernózní angiom (kavernom);
- C) kapilární teleangiektázie (teleangiektázie);
- D) venózní malformace
  - venózní angiom,

– malformace v. Galeni.

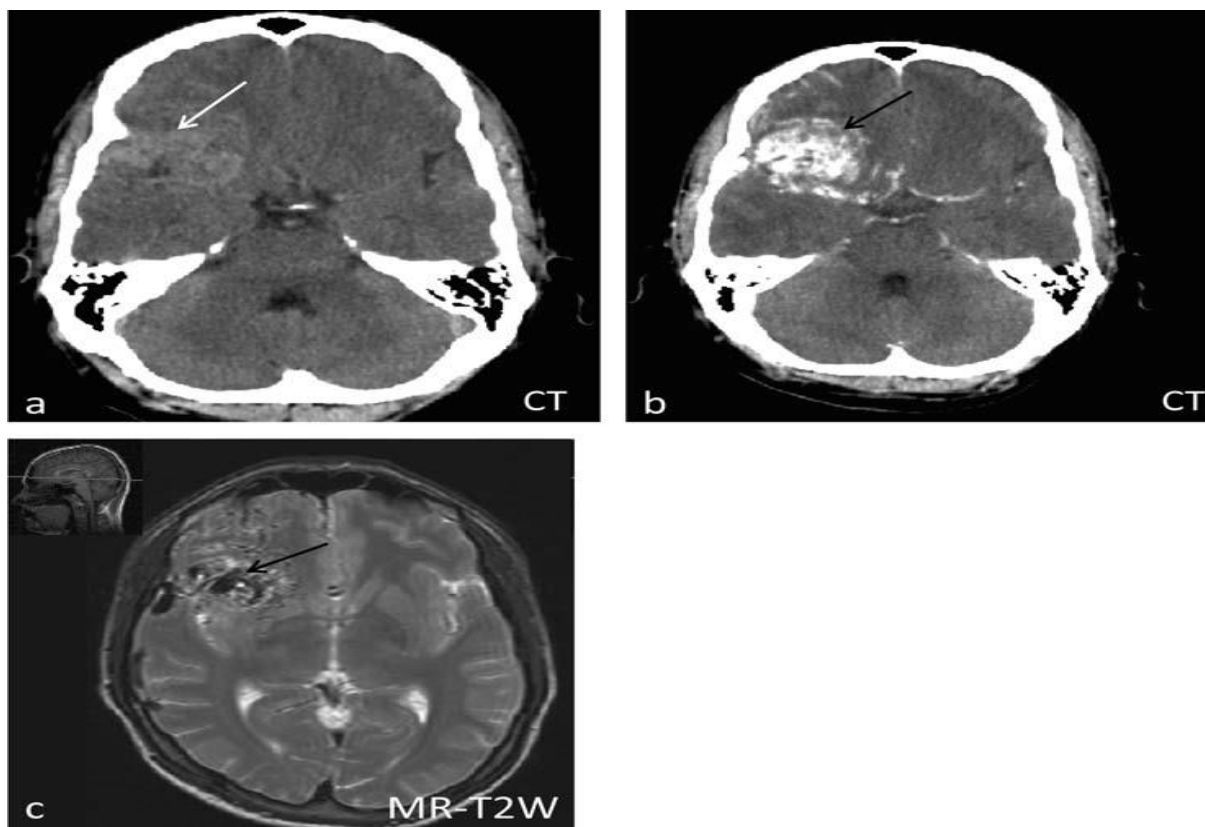
**Arteriovenózní malformace:** Více než 85 % tvoří parenchymální (piální) A-V malformace (embryonální etiologie), 15 % pak durální A-V malformace (arteriovenózní fi stula), kterou jedinec získá během života (trauma, tromboticko-zánětlivé léze mozkových žil a splavů). MRA nebo CTA dokáže A-V malformaci zobrazit (do určité míry včetně přívodných, odvodných cév a nidu), a přispět tak k její diagnostice. Ale přesnou architekturu malformace není schopna dokumentovat. Proto se před terapeutickým zákrokem zpravidla nevyhneme provedení AG, kde můžeme pozorovat rozšířené arterie, vény, A-V zkratky, časnou venózní drenáž. Magnetická rezonance přináší řadu doplňujících údajů, například vztah k vitálním oblastem CNS, kterou pochopitelně AG neprokáže (obr. 8.46 a–c). Na CT často pozorujeme kalcifikace. Malformace mívá spíše retrakční charakter, než by se chovala expanzivně.

**Kavernom (kavernózní malformace, kavernózní angiom).** Může být od mikroskopických rozměrů až po velikost několika cm, není vzácností mnohočetný výskyt. Typická lokalizace je v mozečkových hemisférách a pedunkulech. Klinická symptomatologie je přibližně u 3–4 % nemocných, mohou být přítomny bolesti hlavy, epileptické záchvaty... V modalitě CT obvykle kavernom nezobrazíme. Na MR pozorujeme dobře ohraničené ložisko, jehož signál závisí na stadiích involuce krvácení. Angiografické vyšetření kavernom nezobrazí (obr. 8.47 a, b).

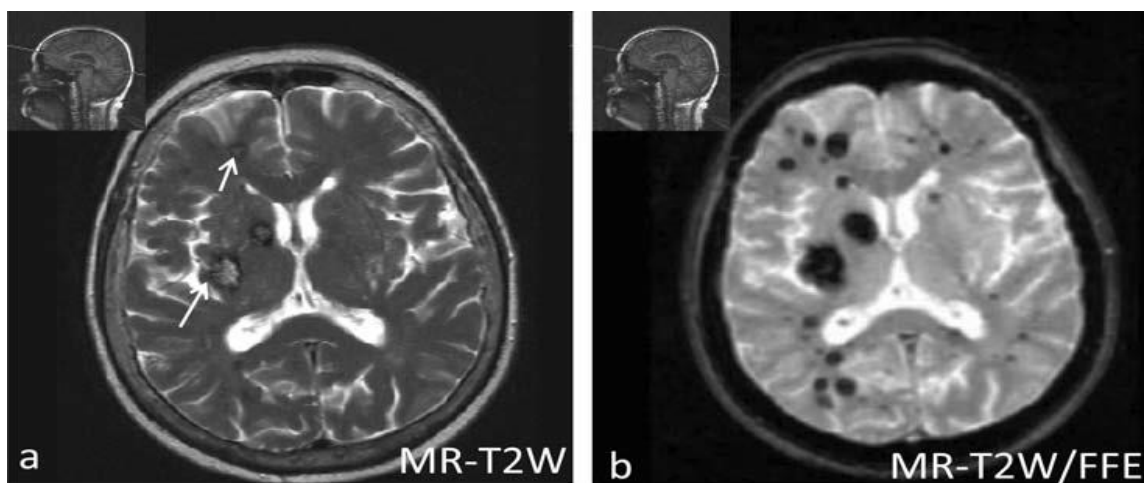
**Teleangiektázie:** Malformace je tvořena chomáčem dilatovaných kapilár, mezi kterými je normální mozková tkáň, nejčastěji bývá v pontu. Klinickou symptomatologií pozorujeme ve 3–4 %. V obrazu MR nelze teleangiektázie od kavernomu odlišit. Angiografické vyšetření je skoro vždy normální.

**Malformace v. cerebri magna – Galeni.** Jedná se o arteriovenózní zkrat mající příčinu v perzistenci Markowského prosencefalické žíly, která odvádí krev z choroidálních plexů a fyziologicky zaniká ke konci 3. měsíce prenatálního vývoje. Ústí do embryonálního sinu falcine, naopak sinus rectus bývá hypoplastický nebo zaniklý. Projevuje se klinicky obvykle brzy po narození.

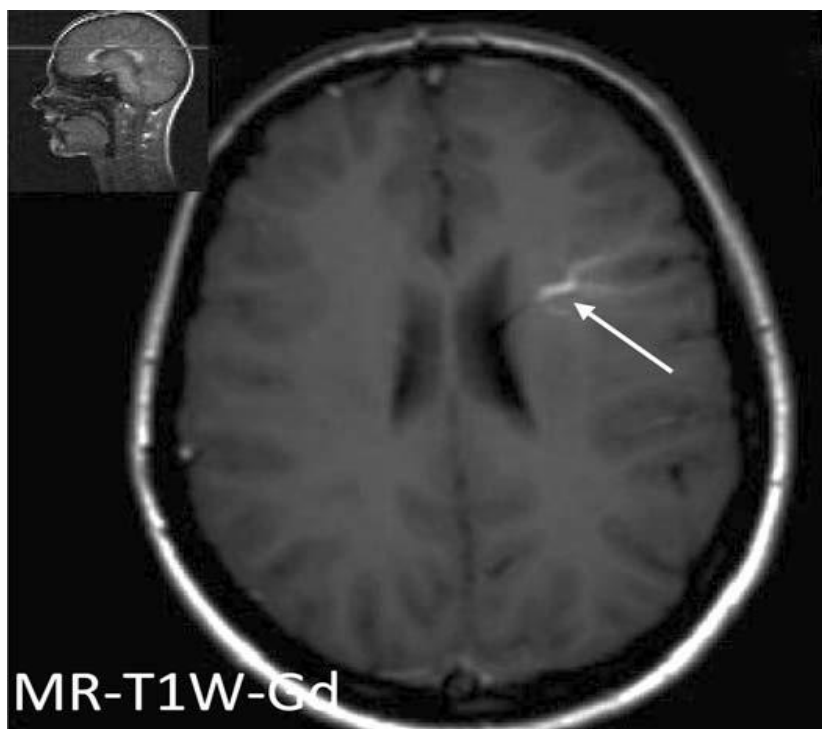
**Venózní angiom (venózní anomálie).** Venózní angiom tvoří několik rozšířených vén, které za normálních okolností během embryonálního vývoje zanikají. Během života jedince se zúčastní na venózním odtoku krve v mozku a jejich operační odstranění může být příčinou dekompenzace venózní drenáže. Na druhé straně mohou asi ve 3–4 % vyvolávat klinickou symptomatologii jako bolesti hlavy, méně často epileptické záchvaty. Zobrazíme tubulární strukturu, enhancující po aplikaci KL, AG ji obvykle neprokáže, někdy je patrná ve venózní fázi AG (obr. 8.48).



**Obr. 8.46 a–c CT a MR – arteriovenózní malformace: rozsáhlá AVM v oblasti pravého karotického povodí. Na CT je patrné ložisko vyšší denzity (šipka, a) výrazně enhancující po podání KL (šipka, b); vinutá červovitá ložiska se signálem „flow void“ (šipka c).**



**Obr.8.47 a, b MR – mnohočetné kavernomy. Kavernomy jsou lépe patrné v gradientnísekvenci, jako hyposignální ložiska (b), v T2W obrazu jsou smíšeného signálu (šipky, a).**



**Obr. 8.48** MR – venózní angiom. Po podání KL je patrná pruhovitá enhancující struktura (šipka).

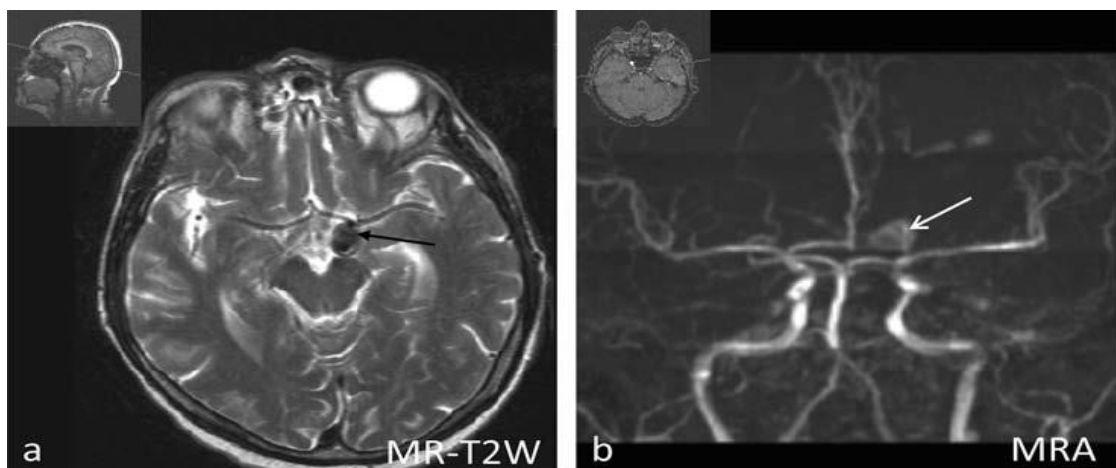
**Aneuryzma.** Lze charakterizovat jako ohraničené, rozšíření cévní stěny, jehož příčinou je její zeslabení během embryonálního vývoje. Nejspíše embryonálně vzniká pouze defekt ve stěně cévy a teprve později, během života jedince, poruchou hemodynamických poměrů dojde k vytvoření tepenné výdutě. Více než 90 % aneuryzmat je lokalizováno v oblasti Willisova okruhu, u 20 % nemocných je diagnostikován mnohočetný výskyt, k jeho ruptuře a krvácení dojde relativně u malého procenta jedinců (obr. 8.49 a, b).

Nejzávažnějším klinickým projevem aneuryzmatu je jeho ruptura a následné **subarachnoidální krvácení (SAK)**.

Přítomností krve v okolí aneuryzmatu v obraze MR nebo CT může podpořit stranovou lokalizaci SAK krvácení. MRA zobrazí aneuryzma větší než 3–4 mm, obdobně CTA.

Vyšetření DSA je obvykle součástí endovaskulárního výkonu, přináší nezbytné údaje pro lékaře provádějící intervenční léčbu (přesný tvar krčku, přítomnost spazmů, vícečetná aneuryzmata), některá pracoviště vyžadují před chirurgickým výkonem pouze MRA nebo CTA vyšetření, jiná považují provedení DSA stále za nezbytné.

Subarachnoidální krvácení je nejzávažnější klinickou komplikací ruptury aneuryzmatu. Recidiva je v prvních 24 hodinách od SAK 15–20 %, úmrtnost okolo 50 %. Každé další krvácení je závažnější a potencionálně nebezpečnější. Arteriální krev v subarachnoidálním prostoru v okolí aneuryzmatu způsobuje spazmy, které závažně komplikují průběh SAK přibližně od 4. dne do konce 3. týdne. Spazmy neinvazivně monitoruje transkraniální vyšetření dopplerem, jejich přítomnost vylučuje operaci, respektive ji tvoří velmi riskantní (obr. 8.50).



Obr. 8.49 a, b MR – aneuryzma: vakovité aneuryzma v místě větvení a. cerebri interna l. sin (šipka)



Obr. 8.50 CT – subarachnoidální krvácení: masivní přítomnost krve v bazálních cisternách, počínající hydrocefalus

V klinické symptomatologii SAK dominuje prudká cefalea často s poruchou vědomí, nauzeou a zvracením a meningeálními příznaky. Optimální léčbou je akutní operace nebo endovaskulární zákrok do 3 dnů od ruptury, později hrozí spazmy s vážnými následky. Odložená operace se provádí po 3 týdnech absolutního klidu pacienta na lůžku, kdy odezní spazmy.

Existuje forma **subarachnoidálního perimezencefalického krvácení**, kde příčinou je nejspíše krvácení venózní etiologie. Podmínkou diagnostiky je nepřítomnost aneuryzmatu při AG vyšetření, přítomnost krve v bazálních cisternách, nebývá na konvexně, klinický průběh je velmi benigní.

### 8.2.7 Intervenční neuroradiologie

Od počátku sedmdesátých let 20. století vznikl s rozvojem katetrizačních technik nový obor – intervenční neuroradiologie. Není vždy snadné rozhodnout, jaké řešení patologického stavu pro daného pacienta bude neoptimálnější. Musíme vzít v úvahu možná rizika morbidit a pochopitelně i mortality, a proto níže uvedené techniky jsou vyhrazeny vysoce specializovaným pracovištím, a i na těchto odděleních jsou prováděna poměrně úzkým týmem

odborníků. Důvodem je zvláště známá skutečnost, že dané techniky vyžadují dlouhodobý trénink a skoropodmínkou je provádět dostatečný počet výkonů v určitém čase. Nutností je i snadná dostupnost dalších specialistů (anesteziologů, neurologů) a zvláště neurochirurgického pracoviště při řešení možných komplikací. Z výše uvedených důvodů by bylo vzhledem k charakteru této učebnice zcela nelogické uvádět podrobně jednotlivé postupy i vzhledem ke skutečnosti, že existují erudované publikace zabývající se touto tematikou, které jsou určeny pro tuto vcelku malou skupinu lékařů.

### **Endovaskulární výkony při cévních mozkových příhodách**

Častým diagnostickým zjištěním při CMP, ale i u některých pacientů jako náhodný nálezn, je zúžení nebo uzávěr marginálních cév, které přivádějí krev k mozkové tkáni. V současné době obvykle diagnostikované na základě neinterventčních modalit: Dopplerovy metody, MRA a CTA. Nejčastěji dochází k zúžení ACI v místě odstupe ze společné krkavice, dále na odstupech hlavních cév z oblouku aorty, pochopitelně se může stenóza objevit na kterémkoliv úseku. Řešení této stenózy indikujeme při uzávěru 50 % lumina cévy v případě, že je tato stenóza symptomatická, tedy zdrojem klinických příznaků. Při uzávěru 70–80 % pak uvažujeme o intervenčním řešení i při asymptomatickém zúžení, tedy bez klinických projevů. Nabízejí se dvě možnosti: jednak neurochirurgické odstranění trombu (karotická endarterektomie), nebo endovaskulární léčba aplikací stentu. Obě tyto modalitity mají prakticky stejné množství komplikací.

### **Léčba aneurysmat mozkových tepen**

Většina aneurysmat vzniká během embryonálního vývoje s převahou lokalizace na Willisově okruhu. V léčbě se nabízí možnost neurochirurgického přístupu nebo endovaskulární léčba se zavedením odpoutávající kovové spirály do tepenné výdutě, která způsobí trombózu v daném aneurysmatu. Operační výkon je nutné provádět nejpozději do 2–3 dnů od počátku subarachnoidálního krvácení (pro nástup spasmů cév), nebo pak s časovým odstupem alespoň 6 týdnů. Problémem je skutečnost, že právě v tomto období dochází k recidivám krvácení.

### **Léčba arteriovenózních malformací**

Nabízí se několik možností – každá má své výhody a rizika.

- **Neurochirurgická léčba** řeší okamžitě daný problém.

- **Endovaskulární léčba** spočívá v aplikaci akrylátového lepidla do malformace po její předchozí katetrizaci. Někdy jde pouze o zákrok, který vede ke zmenšení malformace a poté následuje chirurgická léčba. Uvedená modalita má opět svá úskalí, je možná revaskularizace po aplikaci akrylátového lepidla, nebo může lepidlo protéci cévním zkratem malformace dříve, než stačí zatuhnout a způsobí uzávěr normálního cévního řečiště. Samozřejmě jako u všech endovaskulárních výkonů může dojít k vytvoření trombu na katétru, k jeho uvolnění...

- **Ozáření gama nožem nebo lineárním urychlovačem** je doporučováno u malformací velikosti do 3 cm. Princip spočívá v „poškození“ endotelu cév v malformaci zářením a v optimálním případě následnou trombózou malformace. Nevýhodou je, že k trombotizaci dochází s časovým odstupem 1–2 roků a v této době může docházet k recidivě krvácení z malformace. Samostatnou kapitolou je endovaskulární léčba cévních malformací míchy a páteře, která má značné množství komplikací, technicky je velmi náročná a vyžaduje značné zkušenosti.

**Hypervaskularizované tumory** v oblasti hlavy jsou (častěji zásobené z ACE) v některých případech před operačním výkonem embolizovány, čímž se sníží krvácení během operačního výkonu. Endovaskulární léčba má své místo i v lézích cév traumatického původu, například při disekujícím aneuryzmatu.

### 8.2.8 Mozkové nádory

Diagnostika mozkových nádorů prodělala několik kvalitativních změn, kdy až do doby objevení CT jsme byli odkázáni na nativní RTG, pneumoencefalografické (PEG) a angiografické vyšetření. Kromě nativního RTG vyšetření se jednalo o invazivní metody a topická i substrátová diagnostika měla své hranice. CT (1971) zcela změnilo vyšetřovací algoritmy, kvalitativně zlepšilo topickou i substrátovou diagnostiku. MR (1986) brzy získalo v zobrazování nádorů CNS dominantní postavení. Základním cílem zobrazovacích metod je vyloučení ostatních, nenádorových, někdy expanzivních procesů (abscesu, vstřebávajícího se hematomu, různých typů cyst...), které mají zpravidla jiné klinické vedení.

**Nativní RTG** může zobrazit takové změny na lebce, resp. příznaky nitrolební hypertenze (zvýraznění nitrolebního reliéfu, uzurace dorza sedla, rozšířené turecké sedlo, hyperostózy, nebo naopak ztenčení lebky (obojí bývá u meningeomů), osteolytická ložiska (metastázy, plazmocytom), zobrazí i mozkový nádor, obsahuje-li kalcifikace (meningeom, kraniofaryngeom, osteom...).

**CT** obvykle zobrazí nádory jako hyperdenzní ložiska, ale mohou být i izodenzní nebo hypodenzní vzhledem k mozkové tkáni, často po aplikaci KL enhancují (prstenčitý, mapovitý, homogenní...). Zvýraznění po KL bývá u maligních nádorů, ale není toto pravidlem, může zobrazit krvácení (metastázy, glioblastom, melanom...), kalcifikace (meningeom, kraniofaryngeom, osteom...), ložiska nekrotické tkáně, edém, útlak okolních struktur.

**MR** ukáže nádory jako ložiska v T1W obrazu hypo-, izo- i hypersignální. V T2W obrazu jsou nejčastěji hypersignální, mohou být i hypo- či izosignální, některé obsahují kalcifikace (obtížně někdy rozlišitelné od reziduí po krvácení) cysty, nekrózy, rezidua po krvácení. Tumory často doprovází expanzivní charakter, který je způsoben jak vlastním nádorem, tak často přítomným edémem.

**Funkční magnetická rezonance (fMRI)** umožňuje před operací zmapovat korové oblasti mozku odpovědné za funkce, jako je řeč nebo hybnost, a podmínek jejich dislokace nebo deformace v důsledku přítomné patologické tkáně.

*Při diagnostice nádorů bychom se měli snažit zodpovědět tři základní otázky, charakterizující tumor.*

1. *typing – snaha o histologickou klasifikaci tumoru;*
2. *staging – hodnotí stupeň pokročilosti růstu nádoru, kde kromě radiologického nálezu je nutné vzít v úvahu i neurologické a histologické vyšetření;*
3. *grading – stupeň malignity (četnost mitóz, jaderná atypie, angiogeneze, nekrózy).*

*Klinické příznaky je možné rozdělit:*

- a) *ložiskové – způsobené lokálním tlakem nádoru, edémem, poruchou prokrvení a jsou závislé na lokalizaci nádoru (poruchy hybnosti, řeči, psychické změny, epileptické záchvaty;*
- b) *celkové se projeví syndromem nitrolební hypertenze.*



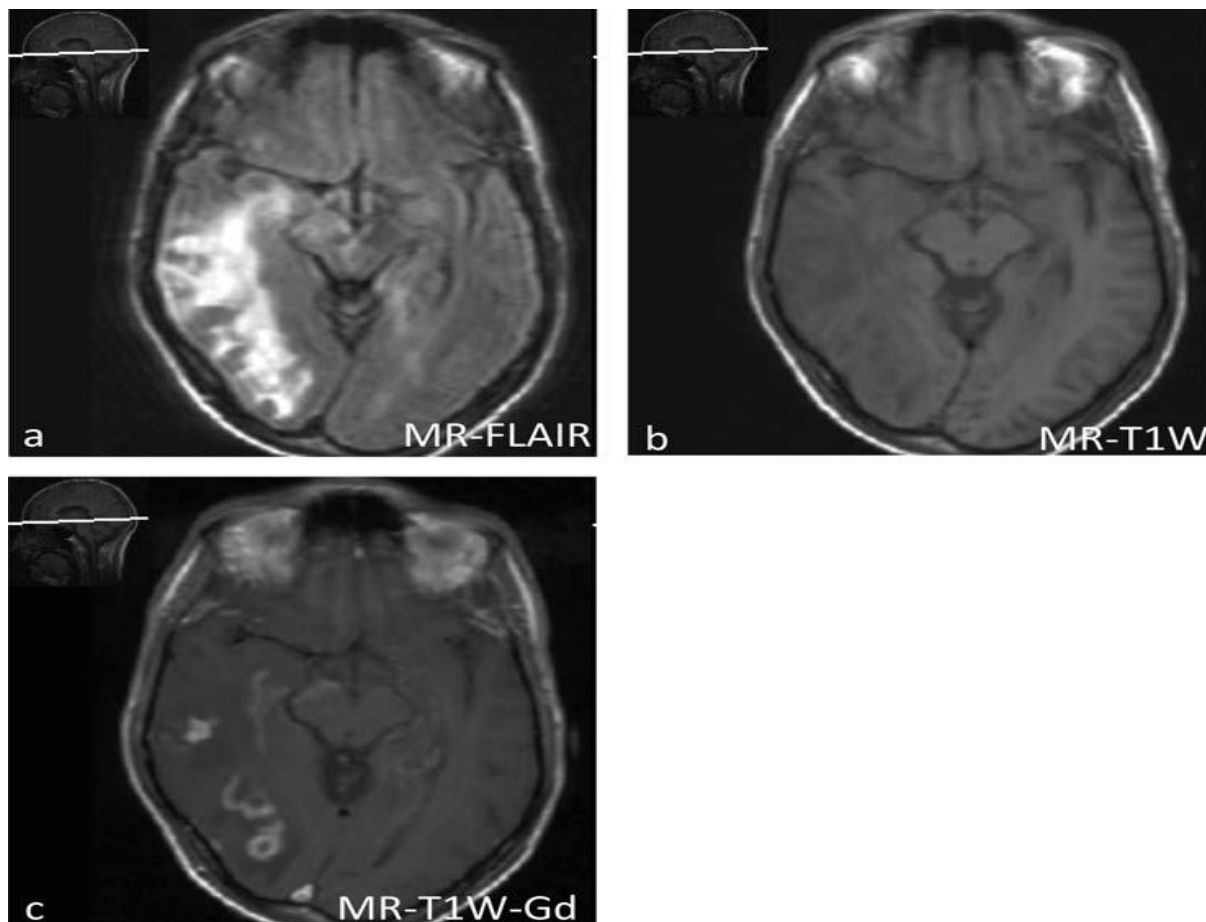
Terminálně jsou příčinou mozkových herniací (tlakových kuželů). Při nitrolební hypertenzi neprovádíme lumbální punkci (zvláště při infratentoriálních nádorech) pro nebezpečí mozkové herniace. Léčba nádorů: Je vždy kombinací několika léčebných přístupů – operačního, léčba cytostatiky, radioterapie, eventuálně hormonální a symptomatická (paliativní).

Metodicky převratný je přístup k léčbě prolaktinomů (adenom hypofýzy secernující prolaktin). Účinně je léčen konzervativně agonisty D2 receptorů (např. Kabergolin, Bromocriptin).

Základní rozdělení nádorů je intraaxiální (vycházející z mozkové tkáně) – např. astrocytom, oligodendrogliom, ependymom – a nádory extraaxiální mající původ v tkáních okolních – např. meningeom, adenom hypofýzy. Dalším možným členěním je na nádory primární a sekundární, resp. mozkové metastázy. Rozlišení na nádory maligní a benigní nemá vždy ostrou hranici, a proto histologové určují stupně malignity 1.–4. stupně.

### Intraaxiální nádory

1. gliomy (vycházející z buněk glie – astrocytů, oligodendrocytů, ependymálních buněk a buněk chorioidálního plexu) tvoří více než 50 % nádorů CNS;
2. neuronální a smíšené neurogliální nádory jsou poměrně vzácné;
3. metastázy mozku včetně lymfomu (lymfom může být primární i sekundární) (obr. 8.51 a–c).



Obr. 8.51 a–c MR – lymfom. Temporálně l.dx je patrná patologická infiltrace, po podání KL je patrný nehomogenní enhancement (c).

### Gliomy dělíme na:

- a) astrocytomy,
- b) oligodendrogliomy,
- c) ependymomy (vycházející z ependymálních buněk).

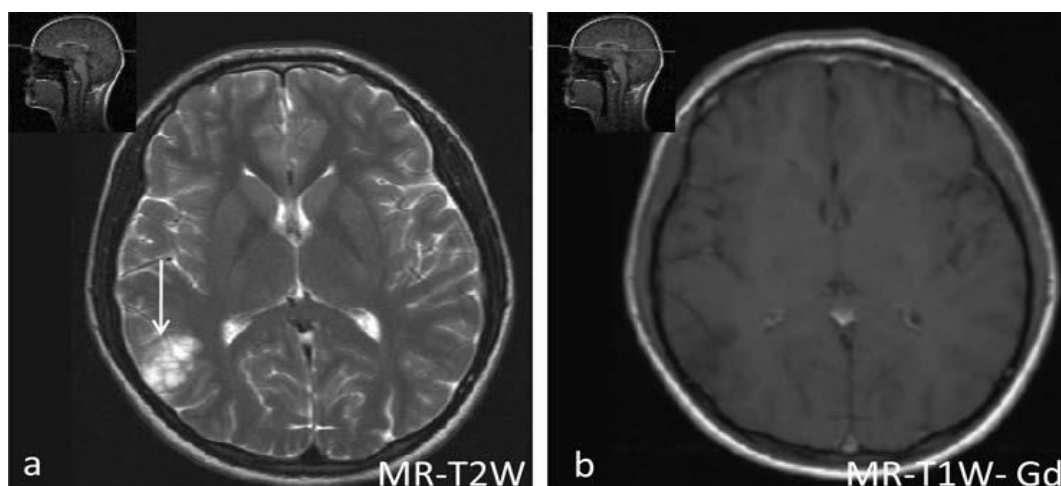
### Astrocytomy

- **low-grade astrocytom** (grade I), průměrná doba přežití je 10 let. Po aplikaci KL skoro nikdy neenhancuje, kalcifikace, cysty, krvácení obsahuje výjimečně. Tendence k maligní progresi je značná (obr. 8.52 a, b), existují semimaligní formy astrocytomu.

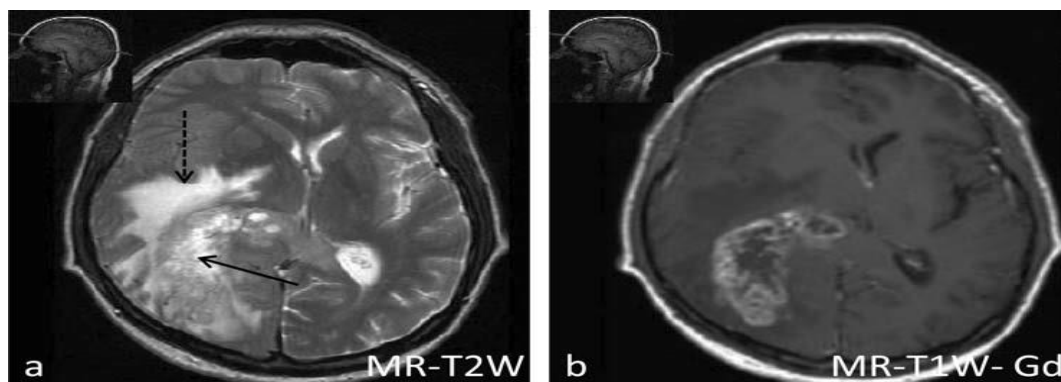
- **glioblastoma multiforme** (maligní varianta všech gliomů) (grade IV), typicky u starších jedinců, má expanzivní charakter, vždy je doprovázen edémem. Nekrotická ložiska jsou typická, může obsahovat krvácení, doba přežití 1–2 roky, typicky prstenčitě enhancuje (obr. 8.53 a, b).

**Oligodendrogliom.** Původem z buněk oligodendroglie. Mohou být přítomny všechny stupně malignity grade I–IV, kalcifikace jsou v 50 %.

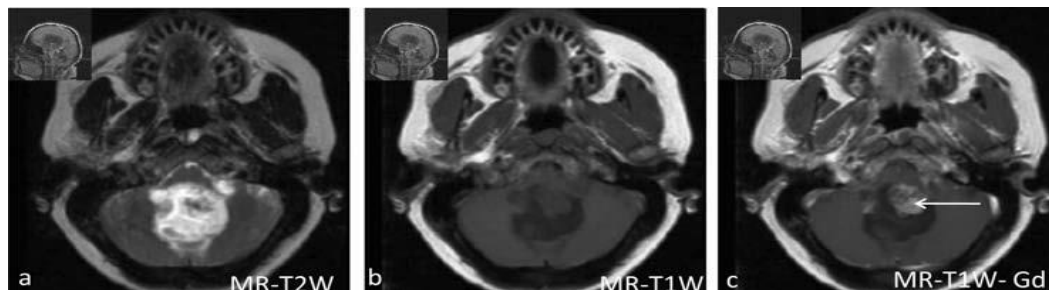
**Ependymom.** Původem z ependymálních buněk mozkových komor, v 60–70 % je lokalizován ve IV. komoře, typicky v dětském věku (obr. 8.54 a–c).



**Obr.8.52 a, b** MR – low-grade či brilární astrocytom. Parientálně je patrné ložisko zvýšeného signálu v T2W obrazu (šipka, a), sníženého signálu v T1W obrazu, které neenhancuje po podání KL (b).



**Obr. 8.53 a, b** MR – glioblastoma multiforme. Rozsáhlé ložisko okcipitálně l.dx. prorůstající do corpus callosum, ložisko je inhomogenně hypersignální v T2W obrazu (šipka, a), v okolí ložiska je patrný edém (přerušovaná šipka, a). Ložisko se chová expanzivně, je patrný přesun středočarových struktur. Po podání KL je patrný nehomogenní enhancement (b).



**Obr. 8.54 a–c** MR – ependymom IV. komory. Ložisko rozšiřuje IV. komoru, nehomogenně enhnacuje po podání KL (šipka, c).

### Extraaxiální nádory

1. meningeální nádory,
2. nádory glandula pinealis,
3. nádory vycházející ze spinálních a periferních nervů (neurinom, schwanom...),
4. cysty (arachnoidální, neurogliální, koloidní...).

**Extraaxiální nádory.** Jedná se o skupinu nádorů vycházející z mening, mozkových nervů, hypofýzy, glandula pinealis, chrupavky, embryonální tkáně. Ve většině případů se jedná o benigní léze.

**Meningeom.** Tvoří 15–20 % mozkových nádorů. Nádor bývá častější u žen a starších jedinců. Dle klasifikace WHO rozlišujeme meningeom typický, benigní (grade I) ve více než 90 %, meningeom atypický (grade II) okolo 6 % a anaplastický meningeom (grade III) v 1–2 %. Meningeomy se vyskytují v 25 % parasagitálně, 20 % na konvexitě, 15–20 % v oblasti velkého křídla kosti skalní. Po aplikaci KL enhnacuje, společně s přilehlou tvrdou plenou mozkovou, mívá edém v okolí, léčbou je chirurgická exstirpace nádoru, někdy u starších jedinců pouze monitorujeme růst expanze a operační řešení není nezbytné (obr. 8.55).

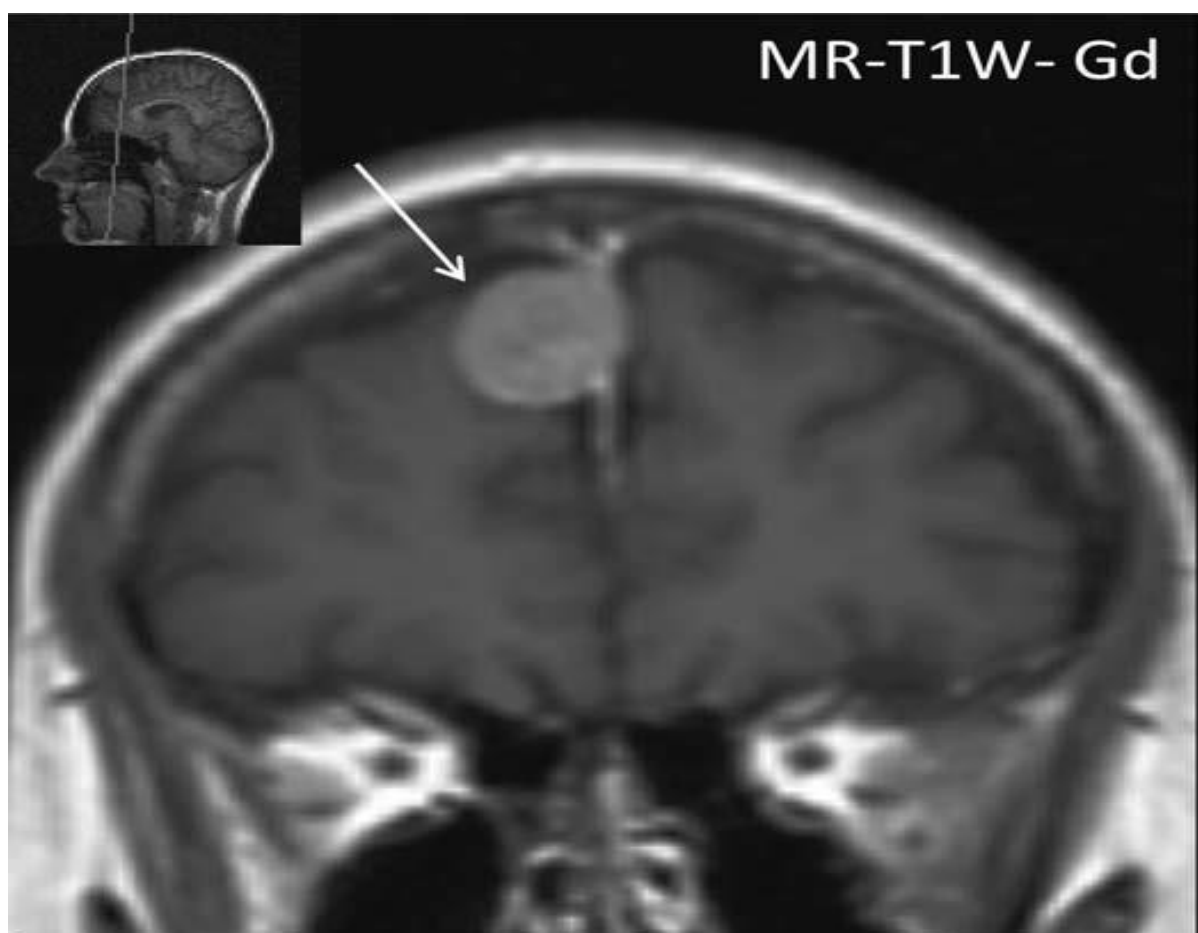
**Schwannom (neurinom, neurilemom).** Benigní nádor vycházející ze Schwannových buněk mozkových nervů. Je opouzdřen, obvykle roste excentricky, cysty a nekrotická ložiska jsou častá, tvoří asi 7–8 % primárních mozkových nádorů. Může postihnout všechny mozkové nervy. Daleko nejčastěji postihuje n. VIII s lokalizací v mostomozečkovém koutu (grade I). Při neurinomu n. VIII pozorujeme tinitus, hypacusis (obr. 8.56 a, b).

**Meduloblastom.** zobrazíme jej ve 4. komoře nebo její blízkosti. Vychází z metaplastických buněk jejího stropu. Jedná se o nádor dětského věku. Meduloblastom je velmi agresivní tumor s tvorbou metastáz, šířící se likvorovými cestami, grade IV.

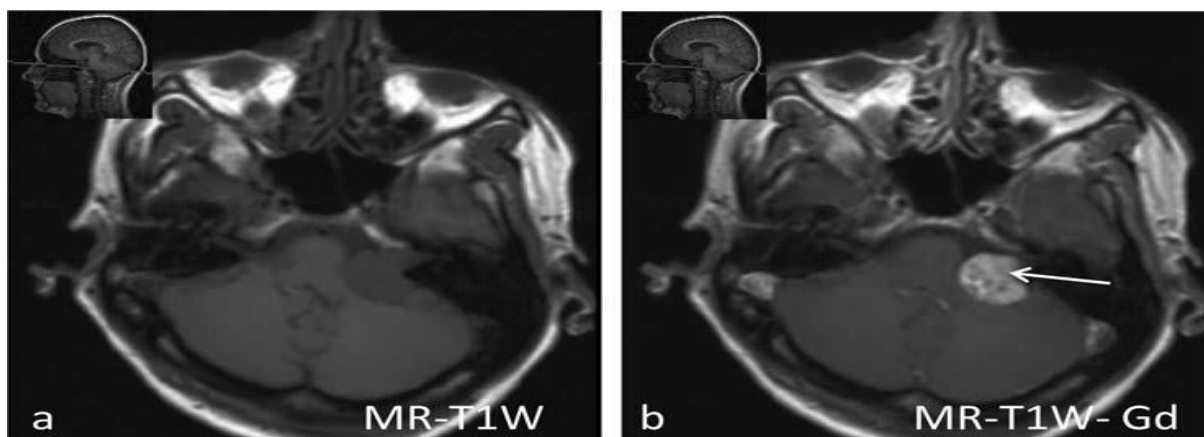
**Hemangioblastom (angioretikulom).** Nádor vycházející z cévních struktur, s výskytem u dětí a mladších jedinců, často v rámci Hippelova-Lindauova komplexu. Obvyklá lokalizace je v mozečkových hemisférách, cystická forma s nádorovým uzlem je typická, existuje i forma solidní podobná A-V malformaci..

**Metastázy CNS.** Dceřiná ložiska extrakraniálních nádorů, ale i tumorů primárně mozkových (např. často u meduloblastomu). Do CNS se mohou šířit z mateřských ložisek krevní cestou (karcinom plic ve více než 50 %, karcinom prsu, Grawitzův nádor, GIT, melanom...), likvorovými cestami (meduloblastom, ependymoblastom...), z okolních struktur přímým šířením (např. z obličejových dutin, nazofaryngeální karcinom...).

Metastázy tvoří asi 20 % nádorů CNS, typická lokalizace je na rozhraní mozkové kůry a bílé hmoty mozkové (obr. 8.57). Skoro nikdy nechybí výrazný vazogenní edém, po aplikaci KL skoro vždy enhancují, typický je prstencovitý enhancement, ale mohou enhancovat i homogenně. Aplikace kontrastní látky při vyšetření CT i MR je nezbytná, neboť mnohdy jsou metastázy patrné právě až po podání KL a na nativním vyšetření je nemusíme zobrazit (obr. 8.58 a, b). Klinická symptomatologie dle lokalizace metastázy, léčbou je ozáření gama nožem, celková radioterapie...



**Obr. 8.55** MR – meningeom: meningeom falx cerebri (šipka), ložisko výrazně ehncuje po podání KL, je naznačený „dural tail sign“.

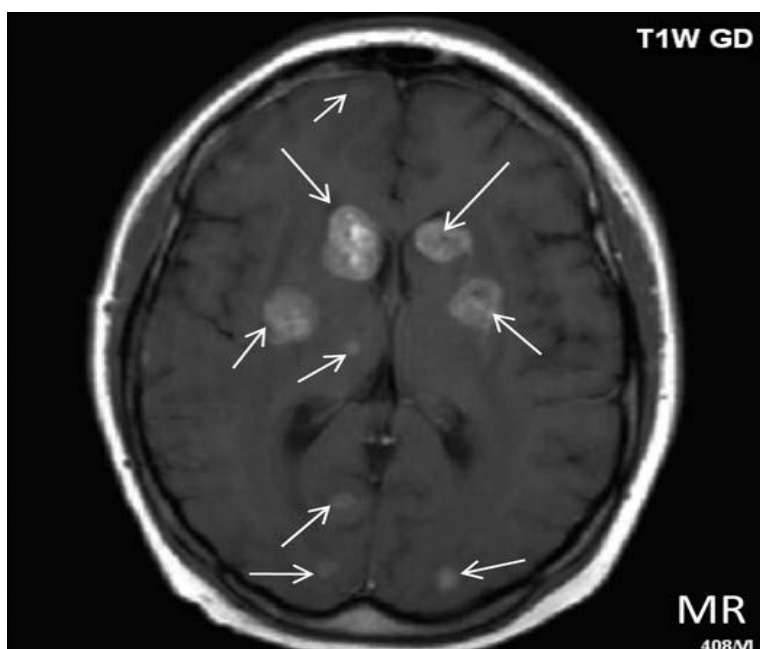


**Obr. 8.56 a, b** MR – schwannom n. VIII. (neurinom). Nádor rozšiřuje vnitřní zvukovod (tvar „kornoutu se zmrzlinou“), v T1W obrazu je izo- až mírně hyposignální, výrazně enhancuje po podání KL (šipka, b).

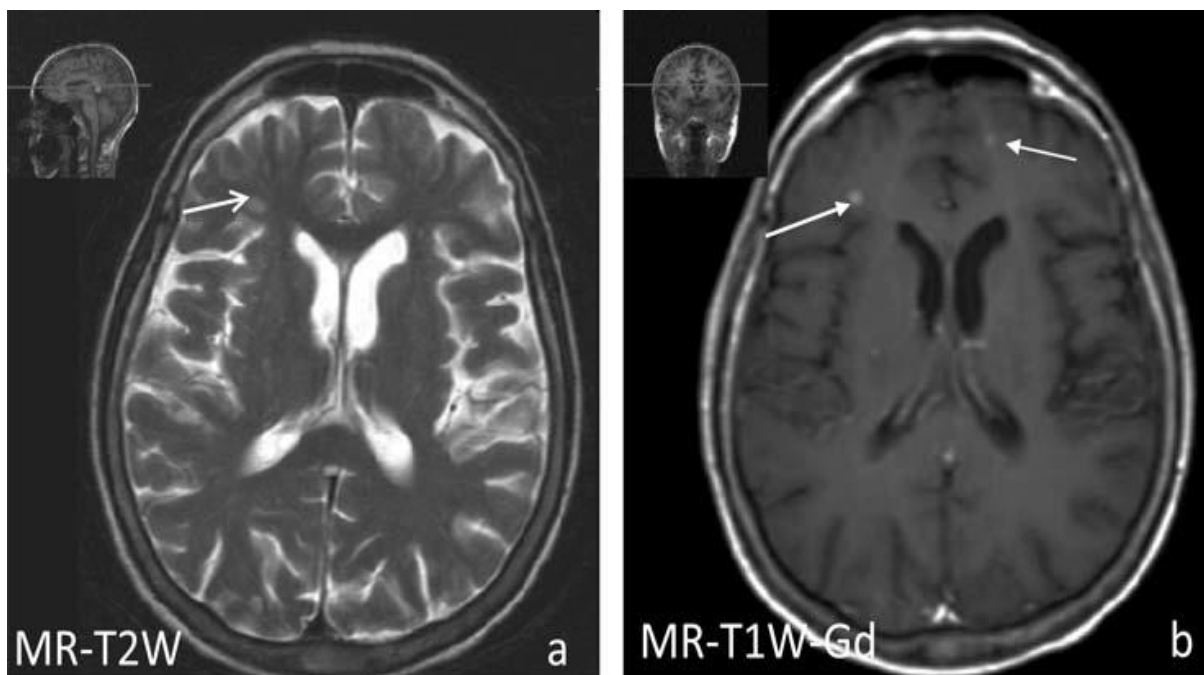
### Nenádorová cystická ložiska

**Arachnoidální cysta** je benigní, kongenitálně vzniklá, vyplněná likvorem, nekomunikuje s komorovým systémem, může nebo nemusí komunikovat se subarachnoidálním prostorem. Obvykle je náhodným nálezem, ale během života se může začít zvětšovat, být příčinou klinických potíží a pak musí být chirurgicky řešena. Častá lokalizace je v zadní jámě lební a temporálně (obr. 8.59 a, b).

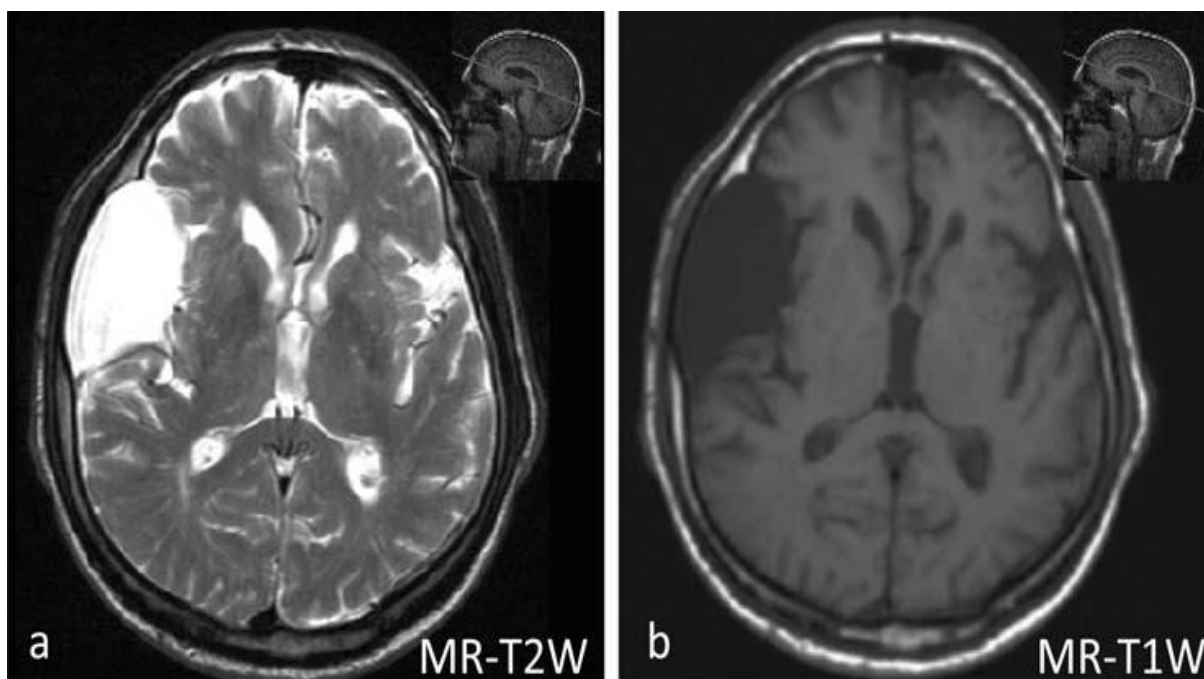
**Koloidní cysta** ve III. komoře je život ohrožující léze pro možnost akutního blokády cirkulace likvoru.



**Obr. 8.57** MR – metastázy: mnohočetná enhancující ložiska po podání KL, jednalo se o karcinom prsu (šipky)



Obr. 8.58 a, b MR – metastázy: metastázy karcinomu prsní žlázy (šipky), některá ložiska jsou patrná jen po podání KL (tenká šipka, b)



Obr. 8.59 a, b MR – arachnoideální cysta: hypersignální ložisko v T2W obrazu temporálně vpravo, s vyklenutím a ztenčením kalvy (a), hyposignální u T1W obrazu (b)

### 8.2.9 Zánětlivá onemocnění nervového systému

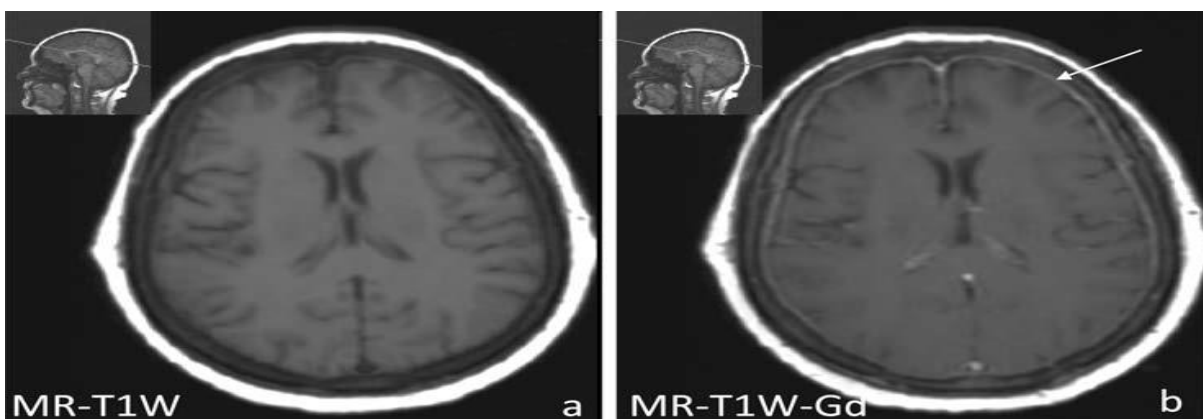
Zánět mozkových plen je meningitis, mozku encefalitis, míchy myelitis, mozku i plen meningoencefalitis. Zánět kořenů nervových je (poly)radiculitis, periferních nervů (polyneuritis). Zánět může být vyvolán bakteriemi, viry, parazity, prvky, houbami či plísní.

**Meningitidy** rozdělujeme na 1. akutní, lymfocytární (virové), 2. akutní, hnisavé (bakteriální), a 3. chronické (nejčastěji TBC, bazilární) meningitidy.

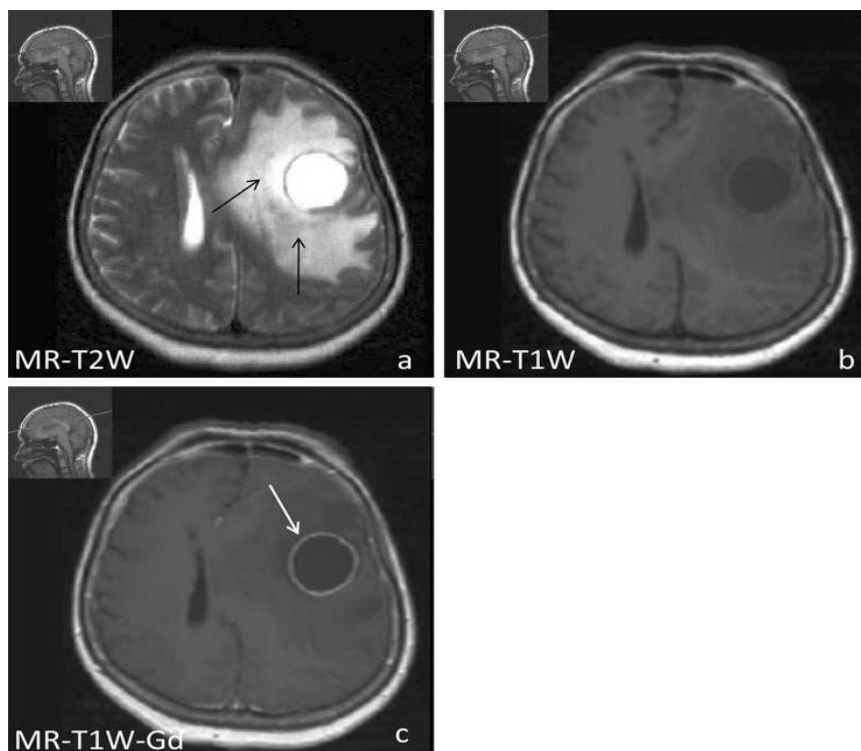
**Virová meningitida** (serózní, lymfocytární, aseptická) je nejběžnější virovou infekcí CNS. Aseptická meningitida zahrnuje vedle virové i jiné formy meningitidy, kde běžná kultivace neodhalí jiného původce. V obrazu CT a MR je skoro vždy normální nález. Někdy pozorujeme zvýraznění mening po aplikaci KL (obr. 8.60 a, b).

**Akutní bakteriální meningitida** – meningitis purulenta. Je akutní infekce subarachnoidálních prostor a mening, charakterizovaná přítomností polymorfonukleárních (leukocytů) buněk v likvoru. Jedná se o urgentní stav, vždy je doprovázena kortikální encefalitidou. Podezření budí akutní meningeální syndrom, cefalea, zvracení, horečka s fotofobií a především psychické změny. Jen včasná léčba antibiotiky má naději na úspěch. Hnisavá meningitida mívá velmi často normální obraz při vyšetření CT i MR, můžeme ale pozorovat i rozšíření mozkových komor, subarachnoidálních prostorů na bázi i konvexně, po aplikaci KL enhancement zánětlivého exudátu. Hlavním cílem MR je zobrazení komplikací, které bývají až v 50 % (mozkový absces, empyém, ventrikulitis, zánětlivá trombóza mozkových splavů, arteritis – zobrazíme jako zúžení a nepravidelný lumen cév při vyšetření MRA).

**Absces mozku a cerebritis.** Absces mozku je ohraničený zánět CNS s projevy zánětlivými a obvykle expanzivními, cerebritis je pak jeho nejčasnějším stadiem. V místě budoucího abscesu vzniká v prvních dnech neostře ohraničené ložisko „cerebritidy“, postupně ložisko nekrotizuje, ostře se proti okolí ohraničuje pseudomembránou z granulační tkáně. Nárůst expanze a kolaterální edém způsobí nitrolební hypertenzi. Vývoj trvá 2–3 týdny. *Podezření na absces, stejně jako na jinou expanzi CNS, je kontraindikací lumbální punkce pro možnost herniace. Léčba abscesu má tři aspekty: celkově ATB, drenáž abscesu a sanace zdroje infekce (obr. 8.61 a–d).*



Obr. 8.60 a, b MR – meningitida (serózní meningitida). Je patrný enhancement mening po podání KL (šipka).



**Obr. 8.61 a–c MR – absces.** Kulovité hypersignální ložisko v T2W obrazu, hyposignální v T1W, po podání KL byl patrný výrazný prstenčitý enhancement pseudomembrány (šipka). V okolí je patrný výrazný vazogenní edém (černé šipky, a).

Někdy absces vytváří dceřiné ložisko nebo se vyprázdňuje, buď kortikálně za rozvoje purulentní meningitidy, nebo do komor – vzniká pyocefalus, který bývá příčinou ventrikulitidy. Ve stadiu cerebelitidy je patrné lehce hyperdenzní ložisko, nepřesně ohraničené v obrazu CT, enhancující po aplikaci KL, v modalitě MR ložisko sníženého signálu v T1W obrazu, izo- až lehce zvýšeného signálu v T2W obrazu, enhancující po aplikaci KL. Po 14 dnech zobrazíme absces jako ložisko snížené denzity v obrazu CT, snížené intenzity signálu v T1W obrazu, zvýšeného signálu v T2W obrazu, s edémem, expanzivním charakterem, po aplikaci KL v obrazu CT i MR typický prstencovitý enhancement.

**Tuberkulózní meningitida.** TBC postihuje mozek u 1 % nemocných. Maximum chorobných změn je v cisternách a plenách báze mozku, proto bazilární meningitis. Průběh je subakutní. Naději na léčebný úspěch má včasná diagnostika, dlouhodobá léčba, přesto bývají reziduální následky značné.

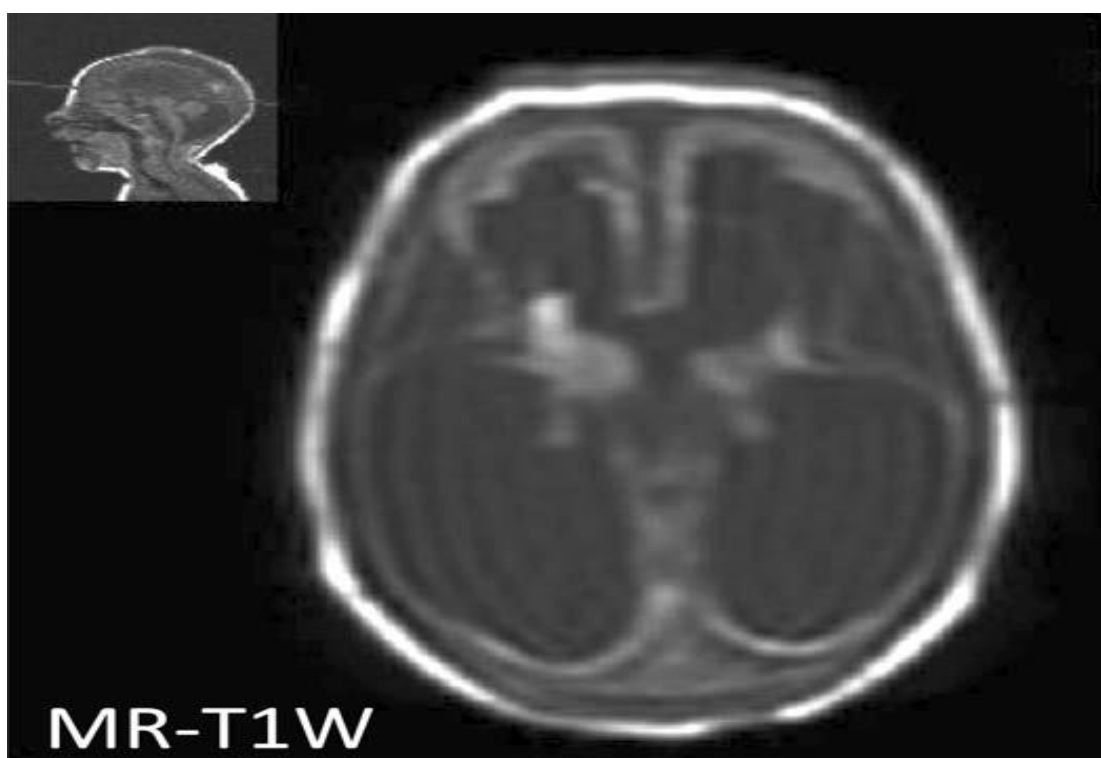
**Virové infekce CNS** kongenitálního nebo neonatálního období. Uvedená skupina onemocnění je také nazývána TORCH (toxoplazmóza, rubeola, cytomegalovirus, herpes simplex virus). Cestou infekce může být hematogenní přenos z matky na plod přes placentu, nebo během porodu přenosem z porodních cest (genitální herpes). Jejich výsledkem bývají mozkové malformace dojde-li k infekci v prvních 3 měsících embryonálního vývoje, ale mohou být způsobeny i později, nebo destruktivní změny mozkové tkáně při onemocnění v pozdějším období. Infekce herpes simplex 2 (HSV 2) je zřídka způsobena transplacentárním přenosem, ve velké většině případů dochází k nákaze během porodu z porodních cest, což je důvodem klinické manifestace onemocnění okolo 2. týdne po porodu.



**Cytomegalovirus.** Predilekčním postižením je periventrikulární oblast (germinal matrix), jejímž důsledkem bývají periventrikulární destrukční léze (pseudocysty) s přítomností kalcifikací, rozšířené mozkové komory, z důvodů lokalizace v oblasti germinal matrix bývá doprovázena malformacemi mající příčinu v poruchách migrace (obr. 8.62).

**Toxoplazmóza.** Ložiska infekce jsou mnohočetná a rozptýlená (není periventrikulární predilekce jako u CMV, tedy nedochází k postižení germinal matrix), což je důvodem, že nebývá doprovázena anomáliemi CNS z poruch migrace.

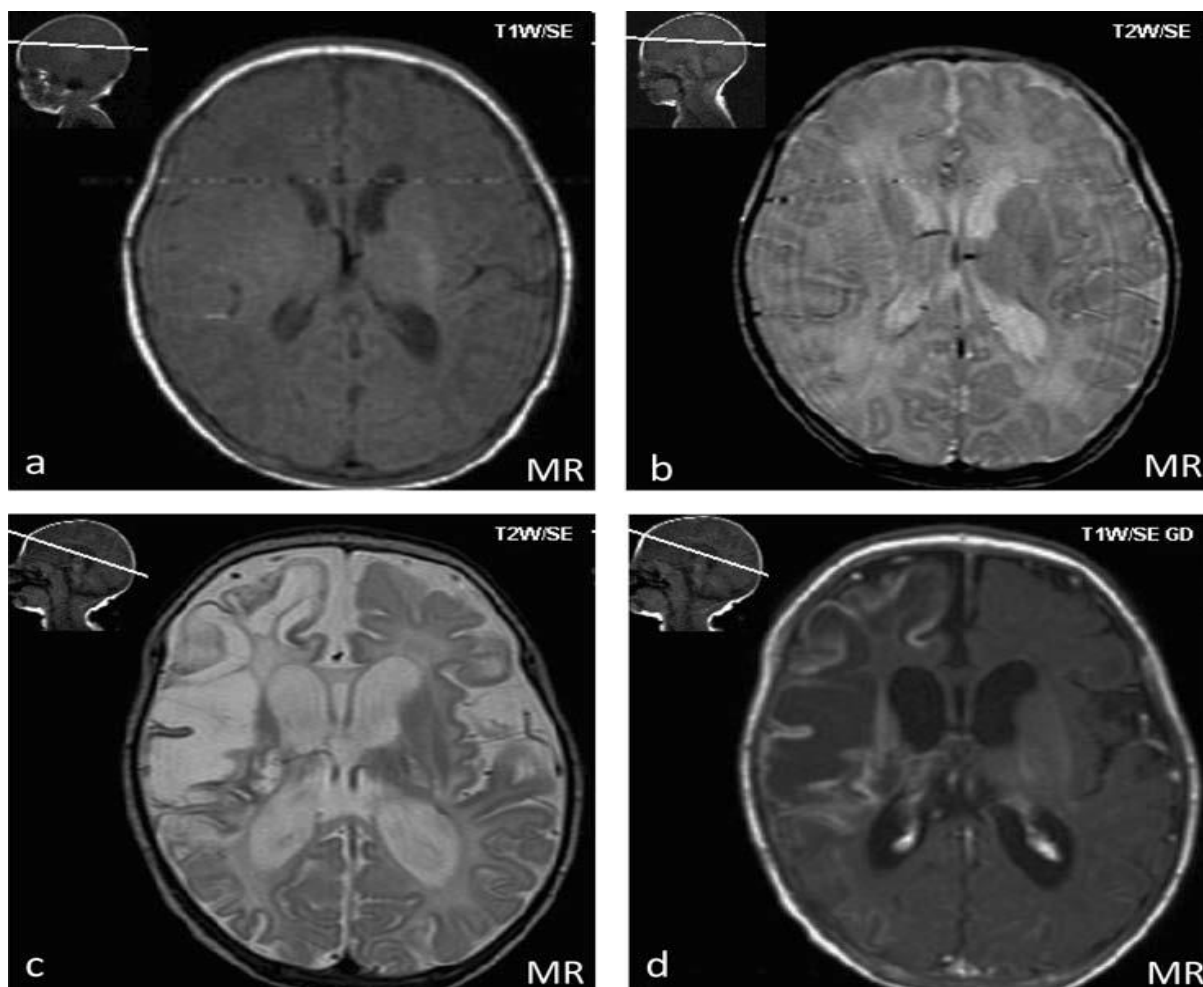
**Encefalitis způsobená herpes simplex virem (HSV):** Rozlišujeme HSV 1 vyvolávající orální (labiální) herpes a encefalitidu a HSV 2, který působí infekci genitální a u novorozenců může vyvolat serózní meningitidu a encefalitidu (viz výše).



Obr. 8.62 MR – cytomegalovirus: rozsáhlé destrukční léze vzniklé intrauterině s postižením germinal matrix, což je příčinou celkového úbytku mozkové tkáně (šedé i bílé hmoty)

HSV 1 způsobuje vážnou hemoragicko-nekrotickou encefalitidu postihující selektivně frontotemporální oblast. Dřívější až 70% úmrtnost klesla po objevu kauzální léčby na 30 %. V akutní fázi je rychlé a velmi specifické potvrzení diagnózy polymerázovou řetězovou reakcí (PCR) z mozkomíšního moku, vzhledem k přínosu PCR a invazivitě se mozková biopsie u nás provádí ojediněle, i když se jedná o vyšetření rychlé a vysoce senzitivní. Sérologické vyšetření umožňuje až pozdní diagnózu.

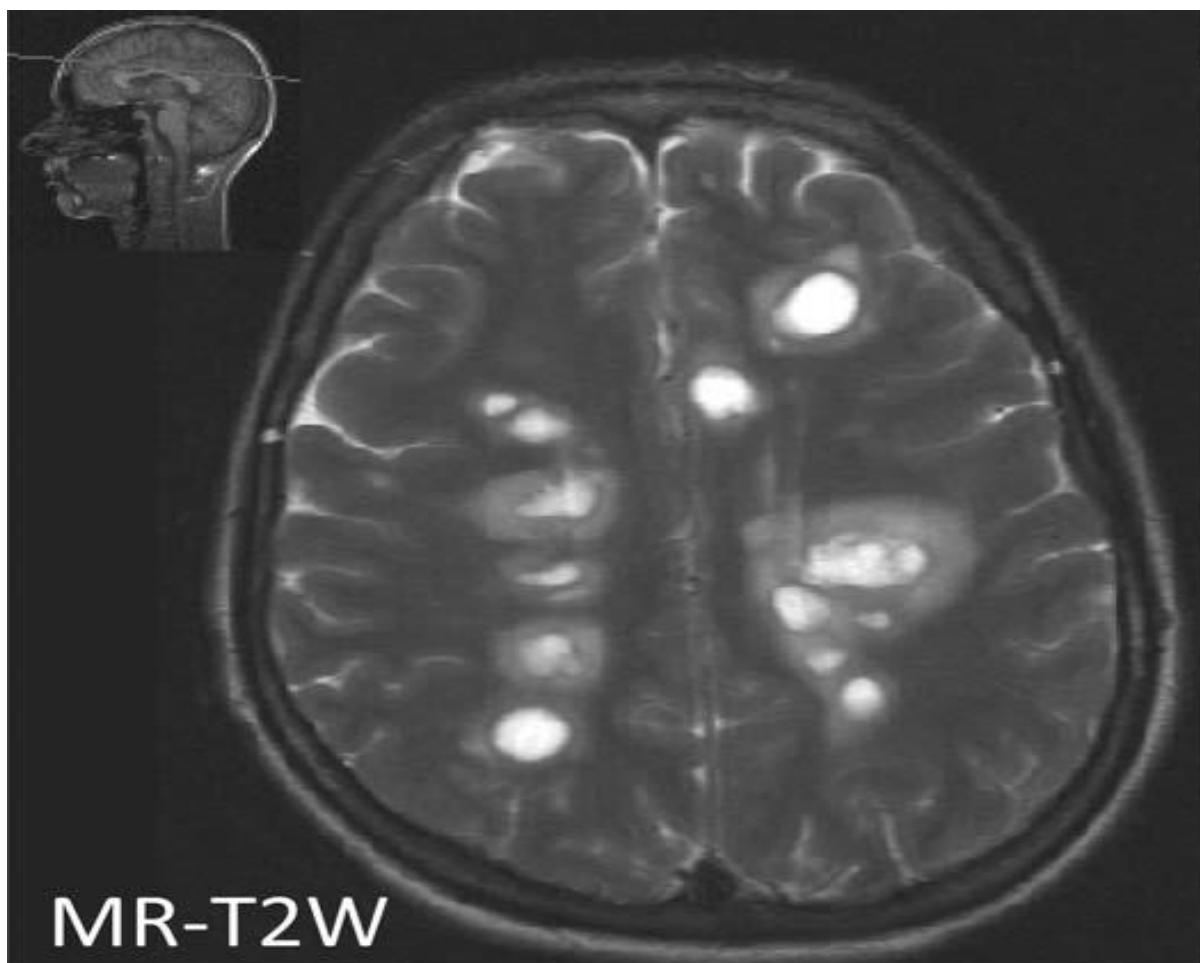
Při klinické suspekci již diskrétní snížení signálu v T1W obrazu, zvýšení signálu v T2W obrazu (citlivější je modalita FLAIR), mapovitý enhancement po aplikaci KL v typické lokalizaci (zadní frontální a temporální oblast) vyslovuje podezření na toto onemocnění a měl by být signálem pro zahájení kauzální léčby acyklovirem (nálezný na CT v této fázi bývá diskrétní) (obr. 8.63 a–d).



**Obr. 8.63 a–d** MR – herpetická encefalitida: 4 týdny staré dítě, na prvním MR změny velmi diskrétní (a, b), na kontrolním MR za měsíc jsou patrné rozsáhlé destrukční změny především frontoparietotemporálně vpravo (c, d). Byla prokázána infekce HSV 2.

**Lymeská borelióza.** Branou infekce je kůže, dále se šíří na klouby, nervovou tkáň postihuje nejdříve po 6 týdnech. I přes léčbu může zanechat imunitně zprostředkovanou poruchu jako zdroj chronických obtíží v podobě únavy. Příčinou je *Borrelia*, nejčastěji *Borrelia burgdorferi*. Nemoc přenáší klíště. Rezervoárem jsou divoce žijící zvířata, vysoká zvěř, hlodavci či ptáci. Postiženy bývají klouby, CNS, kůže, cévy, srdce. Inkubace choroby trvá řádově dny až roky. Při encefalitidě je často nález v obrazu CT normální, při vyšetření MR pozorujeme drobná ložiska zvýšené intenzity signálu v bílé hmotě v T2W obrazu.

**Mykotická onemocnění CNS.** Postihují jedince oslabené či vyčerpané: diabetiky, alkoholiky, závislé na drogách, osoby léčené antibiotiky či cytostatiky a zejména HIV pozitivní nemocné. Onemocnění má chronický zánětlivý průběh trvající měsíce až léta. Mykóz v současnosti přibývá. Zdravý organismus mykóze nepodléhá. Pozorujeme rozptýlená ložiska v mozku v obrazu CT i MR, někdy prstenčitý enhancement po aplikaci KL (obr. 8.64).



**Obr. 8.64** MR – mykotická encefalitida. Jsou patrná vícečetná hypersignální ložiska (*Cryptococcus*).

### 8.2.10 Patologické procesy selární oblasti

Při podezření na onemocnění hypofýzy se MR ukázala jako metoda povětšinou plně nahrazující CT. Především díky přímým koronálním řezům, které v uvedené oblasti přinášejí nejvíce informací. MR se tak stala jednoznačně metodou první volby pro vyšetření patologií v této oblasti.

*Diferenciální diagnostika je často obtížná bez informací získaných při klinickém vyšetření nemocného, anamnézy, laboratorních vyšetření (zvláště hladin hormonů). Při diagnostice patologických ložisek v selární krajině je nutné vzít v úvahu některé fyziologické změny hypofýzy (novorozenec, puberta, gravidita, laktace), kdy žláza fyziologicky zvětšuje svůj objem. Nepřítomnost zadního laloku hypofýzy často doprovází diabetes insipidus.*

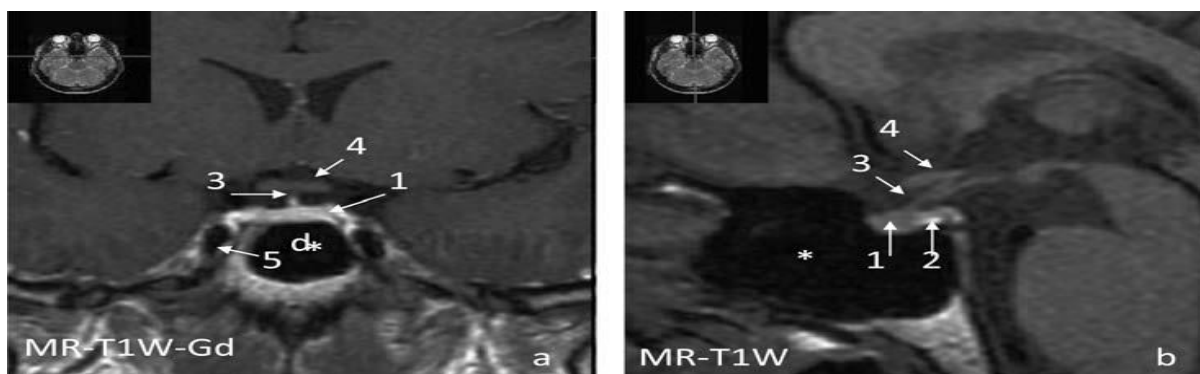
Nejčastější patologické procesy diagnostikované v této oblasti jsou adenomy hypofýzy, kraniofaryngeom, meningeom, aneuryzma, Rathkeho cysta, optochiasmatický gliom, metastáza, hamartom, arachnoidální cysta, dermoid, epidermoid, astrocytom, germinom, sarkoidóza, histiocytóza X, hypoplazie, empty sella.

*Vyšetřovací protokol na oddělení MR ve VFN při podezření na lézi v selární krajině začínáme „standardními“ transverzálními řezy na oblast celého mozku THK 6.0/0.6 mm, dále provádíme tenčí skeny na oblast selární THK 3.0/0.3 mm v koronální a sagitální rovině v SE (T1W) a TSE (T2W) obrazu, doplnění po aplikaci KL je skoro pravidlem. Při popisu si všímáme velikosti tureckého sedla, normální výška žlázy je 4–5 mm, horní okraj je konkávní*

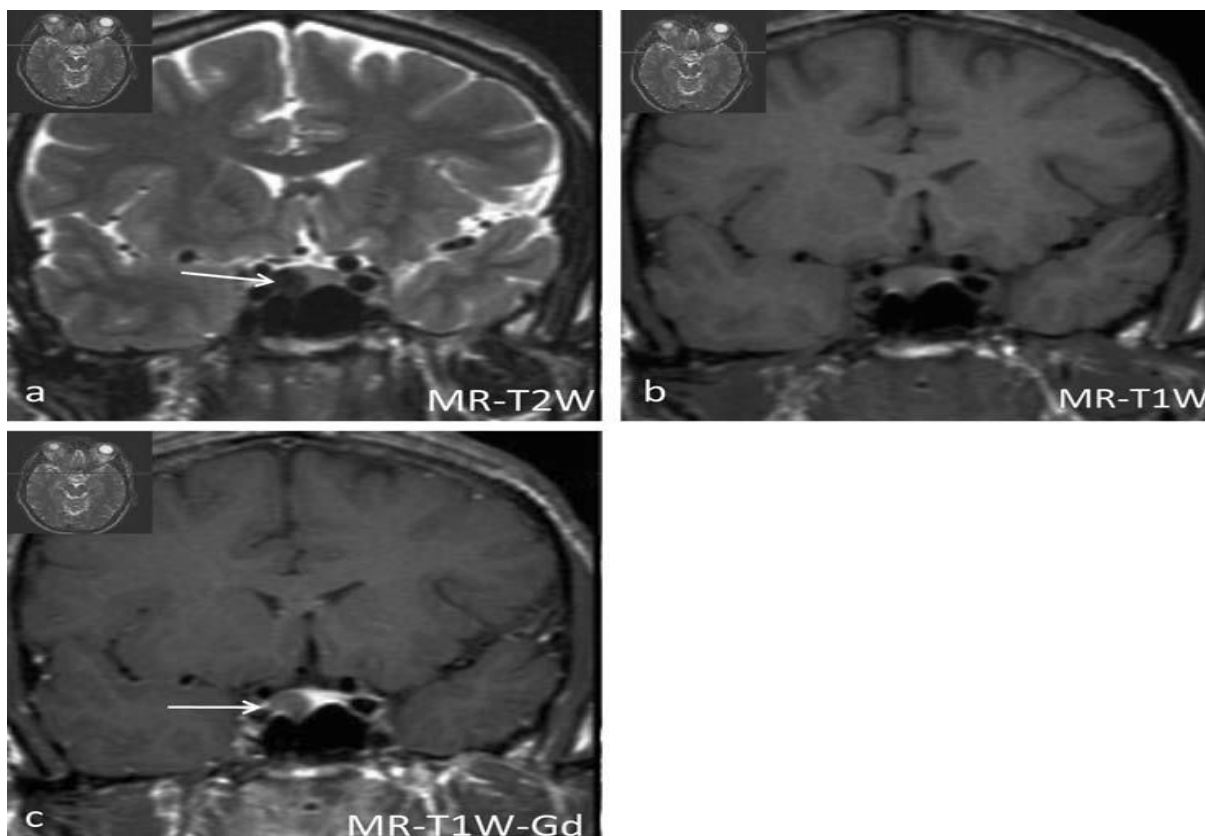
nebo rovný, žláza má homogenní signál, zadní lalok má zvýšený signál v T1W obrazu, infundibulum je umístěno ve střední rovině, po aplikaci KL žláza homogenně enhancuje (obr. 8.65 a, b).

**Adenomy hypofýzy.** Jsou benigní nádory vycházející z předního laloku podvěšku mozkového. Za makroadenom označujeme nádor velikosti 10 mm a větší, zatímco mikroadenomy jsou pod touto arbitrární hranicí. Mikroadenomy jsou nepoměrně častější, jiným kritériem je sekretorická aktivita; hormonálně aktivních je zhruba 75 % (obr. 8.66 a–c), enhancují po aplikaci KL méně než žláza. Makroadenomy rozšiřují turecké sedlo a velmi často se propagují přes diafragma do supraselární krajiny, do oblasti kavernózních splavů (obr. 8.67 a, b).

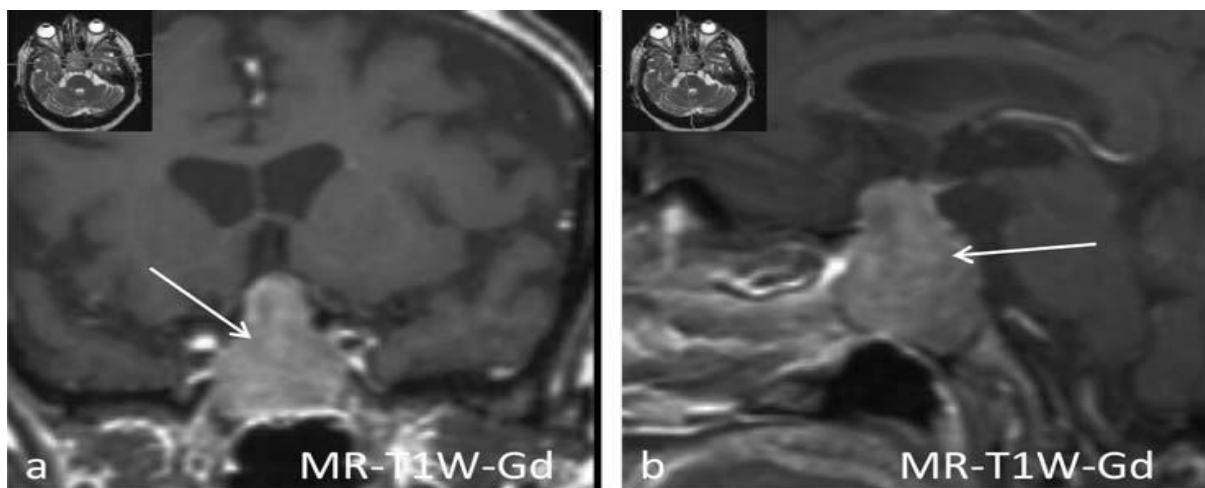
**Empty sella.** Představuje anatomický termín, kdy dochází k invaginaci likvorových supraselárních prostor do oblasti sedla, při těžkém zploštění nebo úplné absenci hypofýzy. Empty sella pozorujeme při patologických procesech v uvedené oblasti nebo jako primární, bez zjevné příčiny (obr. 8.68 a, b).



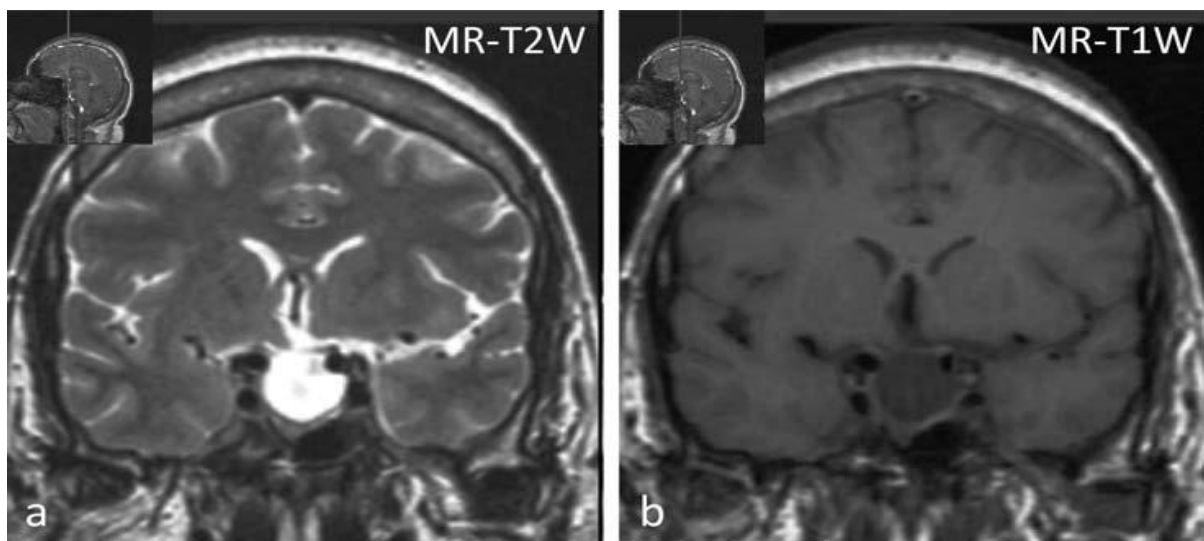
**Obr. 8.65 a, b** MR – obraz normální hypofýzy; 1 – adenohypofýza, 2 – neurohypofýza, 3 – infundibulum, 4 – chiasma, 5 – kavernózní sinus, \* – sfenoideální sinus



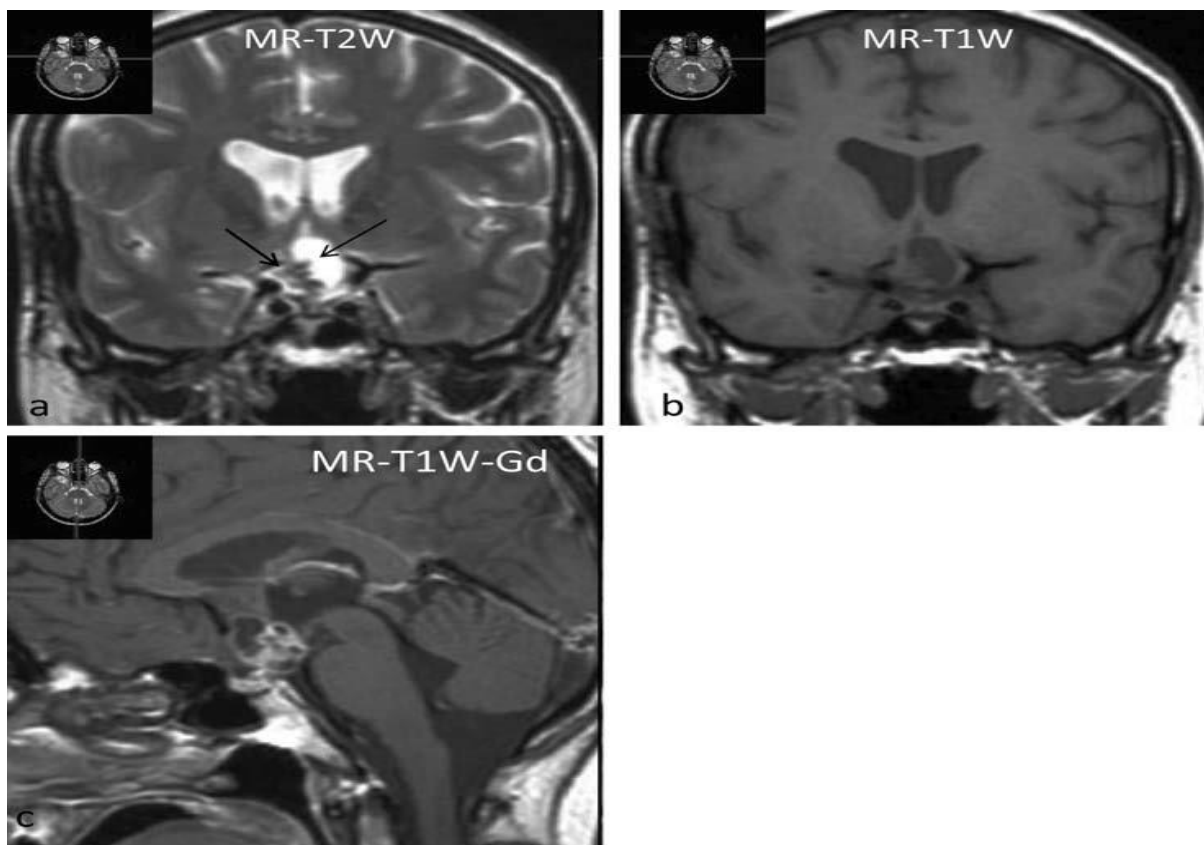
**Obr. 8.66 a–c** MR – mikroadenom. Na koronárních řezech je patrné hyposignální ložisko v T2W obrazu (šipka), po podání KL enhancuje více okolní žláza, mikroadenom je nižšího signálu (šipka, c).



**Obr. 8.67 a, b** MR – makroadenom. Nádor rozšiřuje turecké sedlo, propaguje se suprasellárně, má typický tvar osmičky. Po podání KL výrazně enhancuje (šipka).



Obr. 8.68 a, b MR – empty sella: invaginace likvorových supraselárních prostor do oblastí sedla, zploštění hypofýzy



Obr. 8.69 a–c MR – kraniofaryngeom: kalcifi kace (tlustá šipka), tenká šipka ukazuje pseudocystu, propagace nádoru do III. komory

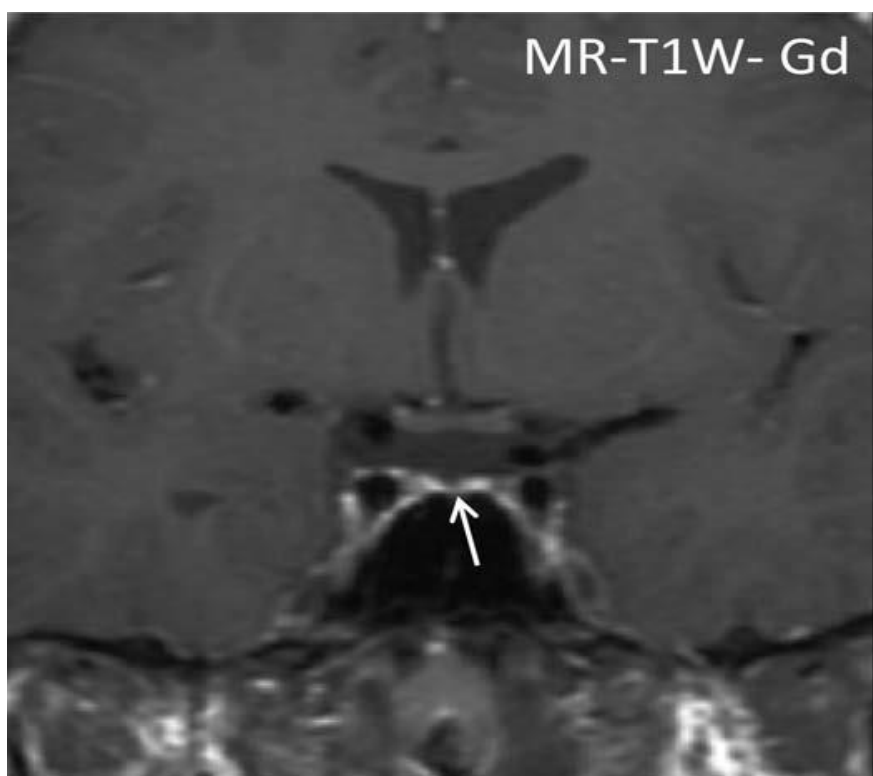
**Kraniofaryngeom.** Epiteliální nádor vycházející z Rathkeho výchlípků, většinou lokalizovaný v supraselární krajině, méně často ve III. komoře. Nádor má cystickou komponentu, kalcifikace v 64 %, které spolehlivě zobrazí CT. Ložiska zvýšeného signálu v nativním T1W obrazu jsou typická (obr. 8.69 a–c). Prognóza je závislá na možnosti radikální exstirpace nádoru.

**Meningeomy.** Vycházejí z oblasti tuberculum sellae, klínovitého výběžku, malého křídla kosti klínové, kavernózního sinu. Typické pro meningeom jsou reakce okolních kostních struktur (hyperostóza nebo osteolýza), enhancement mening „tail sign“.

**Optochiasmaticko-hypothalamický gliom.** Ve většině případů se jedná o pilocytický astrocytom, grade I, růst je pomalý (roky), ale lokalizace nepříznivá, obvykle končí pacient poruchou nebo úplnou ztrátou vizu. Často prorůstá optickou dráhu až do okcipitálního laloku, má zvýšený signál v T2W obrazu, přes benigní charakter enhancuje po aplikaci KL.

**Aneuryzma.** Jistě není vzácným patologickým procesem v této oblasti. Nejčastěji se jedná o vakovité aneuryzma vycházející z ACI. Uvádíme je z důvodů důležitosti diferenciální diagnózy pro zcela rozdílné klinické vedení pacienta. V obrazu MR vidíme ostře ohraničené ložisko, se ztrátou signálu „signal void“ v sekvenci SE, rozpadové produkty hemoglobinu, kalcifikace, artefakt způsobený tokem krve („flow-related artefacts“).

**Hypoplazie hypofýzy.** Je důsledkem nejspíše poruchy migrace specifických buněk v embryonálním vývoji. Nejčastěji se projeví sníženou hladinou růstového hormonu s příslušnou klinickou symptomatologií (obr. 8.70).



Obr. 8.70 MR – hypoplazie hypofýzy (šipka)

**Tolosa-Hunt syndrom.** Projevuje se asymetrickým rozšířením sinus cavernosus, často s propagací infiltrujících struktur do apexu orbity. Histopatologicky je proces podobný pseudotumoru orbity (zánětlivá infiltrace s převahou lymfocytů). Je bolestivý, obvykle příznivě reaguje na léčbu kortikoidy.

**Hypofyzární apoplexie.** Je termín pro akutní degeneraci hypofyzárního adenomu. Nekróza a krvácení do adenomu nejsou obvykle doprovázeny klinickou symptomatologií.

**Sheehanův syndrom.** Těhotenská hypofýza je velmi fragilní vůči poruše cévního zásobení. Obvykle po komplikovaných porodech může docházet k ischemické nekróze žlázy s krvácením, doprovázené klinicky šokovým stavem pacientky.

Patologické léze postihující **infundibulum**. Infundibulum je normálně šířky 2–3 mm, jeho rozšíření vyslovuje podezření na patologický proces. Infundibulum může infiltrovat řada patologických procesů, u mladších pacientů jsou nejčastější: histiocytóza X (dnes spíše užívaný název Langerhansova buněčná granulomatóza).

### 8.2.11 Hydrocefalus

Hydrocefalem označujeme zmnožení obsahu mozkomíšního moku uvnitř mozkových komor a/nebo v subarachnoidálních prostorech mozku a míchy. Hydrocefalus není nemoc, ale syndrom s řadou příčin.

*Celkový objem mozkomíšního moku v rámci mozku a míchy je asi 150 ml, je bezbarvý, čirý. Při průměrné produkci řádově 500 ml/24 hodin se obnoví přibližně 3krát denně. Většinu likvoru produkují choroidální plexy obou postranních komor a IV. komory procesem aktivní sekrece a ultrafiltrace, částečně přispívá k celkovému objemu ependym mozkových komor a cévy povrchu mozku a míchy. Vstřebávání moku zajišťují arachnoidální klky zanořené do venózních sinusů na povrchu mozku (tzv. Pacchionské granulace), méně se resorpce realizuje podél míšních a mozkových nervů do lymfatického systému.*

Cirkulaci mozkomíšního moku za normálních okolností rozumíme jeho přirozený postup z postranních komor přes foramina Monroi do III. komory, Sylviovým kanálkem (aquaduktem) do IV. komory a dále skrze foramen Magendi ve střední rovině a foramina Lusckke laterálně do subarachnoidálních prostorů, asi 20 % likvoru přechází do subarachnoidálních, perimedulárních prostorů.

Rozlišujeme **hydrocefalus obstrukční** (překážka v komorovém systému), kdy je patrné rozšíření komorového systému proti proudění likvoru (obr. 8.71 a–c), a **hydrocefalus komunikující** (intaktní komorový systém, překážka na úrovni subarachnoidálních prostorů), kdy pozorujeme rozšíření komorového systému i subarachnoidálních prostorů (např. porucha resorpce moku mozkomíšního Pacchionskými granulacemi při subarachnoidálním krvácení, nebo zvýšená produkce likvoru jako důsledek zánětu nebo nádoru choroidálních plexů).

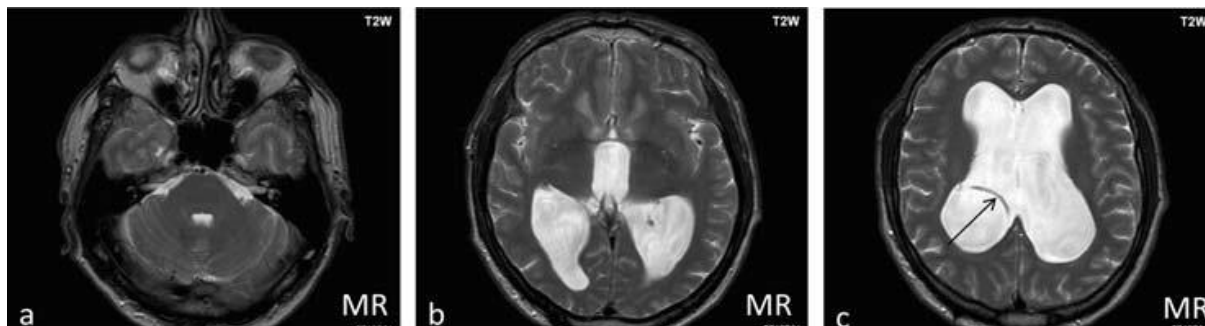
*Nástup příznaků hydrocefalu ve vztahu k věku vymezuje pojem hydrocefalu kongenitálního (vrozeného). U dětí, kde nejsou uzavřené mozkové švy, dochází rozšířením mozkových komor k rozestupu mozkových švů, vyklenutí velké fontanely, narůstání objemu hlavy, což do jisté míry umožňuje větší kompenzaci hydrocefalu.*

Léčbou je odstranění příčiny hydrocefalu, někdy je nutné pro narůstající nitrolební tlak zavedení shuntu (nejčastěji ventriculo-peritoneálního).

Pojmem častého zastaveného „**arrested**“ **hydrocefalu** rozumíme reziduum, v podobě kompenzovaného rozšíření v rámci komorového systému, k jehož úpravě došlo vlastními kompenzačními mechanismy nemocného. Jeho objevení je často náhodné a překvapivé. Samostatnou jednotku představuje **normotenzní hydrocefalus** vyžadující podporu klinické



Hakimovy trias (demence, apraxie chůze a inkontinence). Diagnostika je doplňována (na neurochirurgickém odd.) pulzním likvorovým testem. Předpokládanou příčinou je nejspíše porucha resorpce likvoru po subarachnoidálním krvácení, zánětlivých onemocněních nebo traumatu CNS. Léčbou je zavedení shuntu.



Obr. 8.71 a–c MR – hydrocefalus: obstrukční hydrocefalus, shunt v pravé postranní komoře (šipka)

### 8.2.12 Degenerativní onemocnění nervového systému

Jedná se o heterogenní skupinu chorob neznámé příčiny se společnými rysy: plíživý začátek klinické symptomatologie, kterému dlouho předchází bezpříznakové období, pomalý, často roky trvající progresivní průběh, symetrické postižení určitých, specifických nervových struktur, často familiární výskyt.

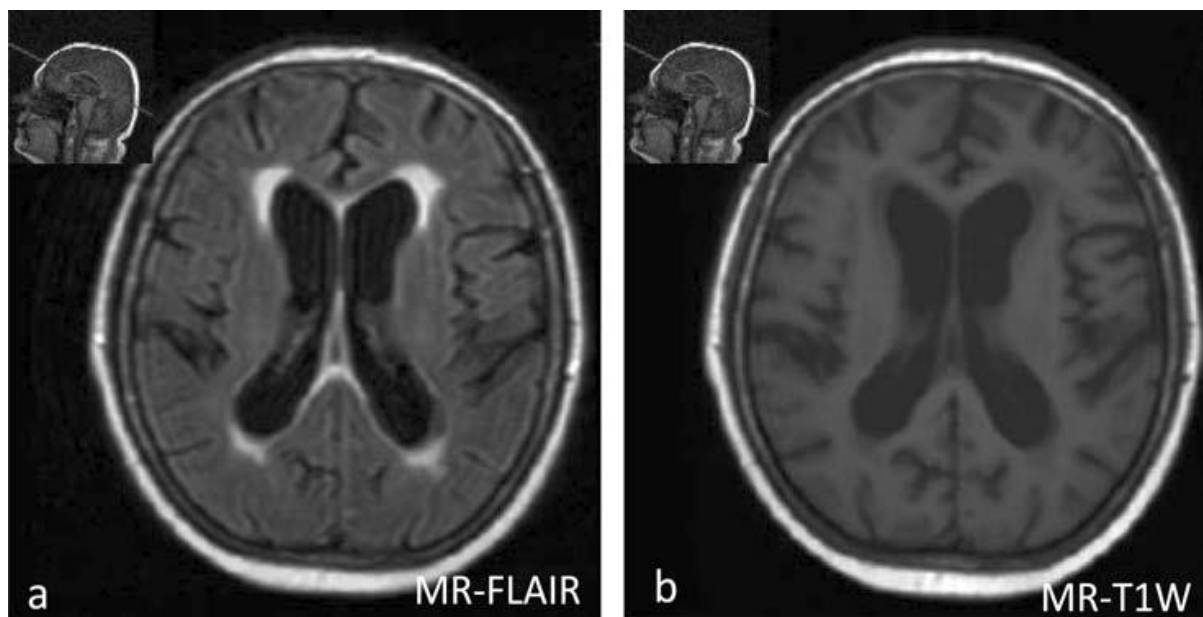
#### Normální morfologické změny mozku způsobené věkem

„Fyziologické“ stárnutí mozku. V mozkové tkáni s narůstajícím věkem jedince pozorujeme z hlediska zobrazovacích metod řadu „fyziologických změn“. Dochází k celkové mozkové atrofii, jejímž důsledkem je rozšíření mozkových komor, mozkových sulků (jak ubývá mozková tkáň, zvětšují se subarachnoidální prostory) (obr. 8.72 a, b).

*Jako možné příčiny jsou udávány hormonální dysfunkce, akumulace toxických látek, možná i hromadění volných radikálů, ale nejspíše vše bude ovlivněno naprogramovaným vnitřním časem neuronů, který určuje kromě řady funkcí i jejich zánik. Délka „optimálního života neuronů“ se geneticky u různých jedinců asi liší, ale obecně bude někde mezi 90–120 lety, kdy postupně dochází k rozvláknění konců DNA, respektive telomer (tvoří konce chromozomů).*

*Simplisticky lze říci, že se chromozomy každým dělením od konce zkracují, tím dochází k nedokonalé transkripci RNA (v určité fázi života dochází k jejich úpravám enzymem telomerázou, které ve stáří selhává). Při určitém kritickém zkrácení telomer dojde k aktivaci proteinu p 53, který blokuje další dělení buněk, nevznikají tedy nové buňky, což lze dobře demonstrovat na tkáních, které se často obnovují (kůže, sliznice trávicího ústrojí...).*

*V případě neuronů je mechanismus mírně odlišný, neboť ke vzniku nových neuronů asi nedochází, ale protein p 53 blokuje tvorbu proteinu ze skupiny PGC-1, které jsou důležité pro tvorbu nových mitochondrií. Při depleci tohoto proteinu jejich počet klesá, tím narůstá množství volných radikálů, které mitochondrie za normálních okolností odbourávají, tím dochází k jejich přetížení a zániku – a tím ke smrti neuronů. Je zajímavým zjištěním, že v řadě nádorových buněk je protein p 53 nefunkční, proto není nádorové dělení buněk brzděno zkrácením telomer.*



Obr. 8.72 a, b MR – fyziologické stárnutí. Je patrná kortikální a periventrikulární atrofie, periventrikulární prstenec zvýšeného signálu (a).

**Multisystémová atrofie (MSA) typ MSA-P (s příznaky parkinsonova syndromu), MSA-C (s příznaky mozečkového syndromu) a MSA – autonomními poruchami (dříve označován Shy-Dragerův syndrom).** Sporadické neurodegenerativní onemocnění, rychlá progres, kromě demence MSA-P – dominuje parkinsonský syndrom (bez klidového třesu), MSA-C příznaky mozečkové, MSA s dominancí autonomních příznaků – ortostatická hypotenze, porucha funkce potních žláz, inkontinence. V obrazu CT a MR pozorujeme atrofii i mozkového kmene, mozečku (obr. 8.73).

**Alzheimerova choroba.** Onemocnění představuje 50 % všech demencí, prevalence choroby roste s narůstajícím věkem, v poslední době jsou názory, že počátek onemocnění může předcházet řadu let až desetiletí před klinickou symptomatologií.

*U nemocného pozorujeme změny chování, emoční labilitu, progresivní poruchu paměti, ztrátu úsudku. Později nastupuje dezorientace časově-prostorová, další horšení kognitivních funkcí, ztráta nezávislosti, rozpad osobnosti, celkový marasmus, smrt.*

Kauzální léčba neexistuje, centrální inhibitory acetylcholinesterázy zpomalí postup nemoci. Nález při vyšetření zobrazovacími metodami je diskrétní a nespecifický (atrofie hypokampů, rozšíření temporálního rohu postranních komor), snahou je vyloučit onemocnění s jiným klinickým vedením (CMP, nádor, zánět...).

**Multiinfarktová (vaskulární) demence.** Je druhou nejčastější příčinou demence, obdobně jako Alzheimerova choroba počet nemocných narůstá s věkem, ale přesto její projevy jsou spíše u starších jedinců než u Alzheimerovy choroby. Příčinou jsou drobné mozkové infarkty, cévní změny mozku.



Obr. 8.73 MR – multisystémová atrofie (MSA): atrofie mozkového kmene

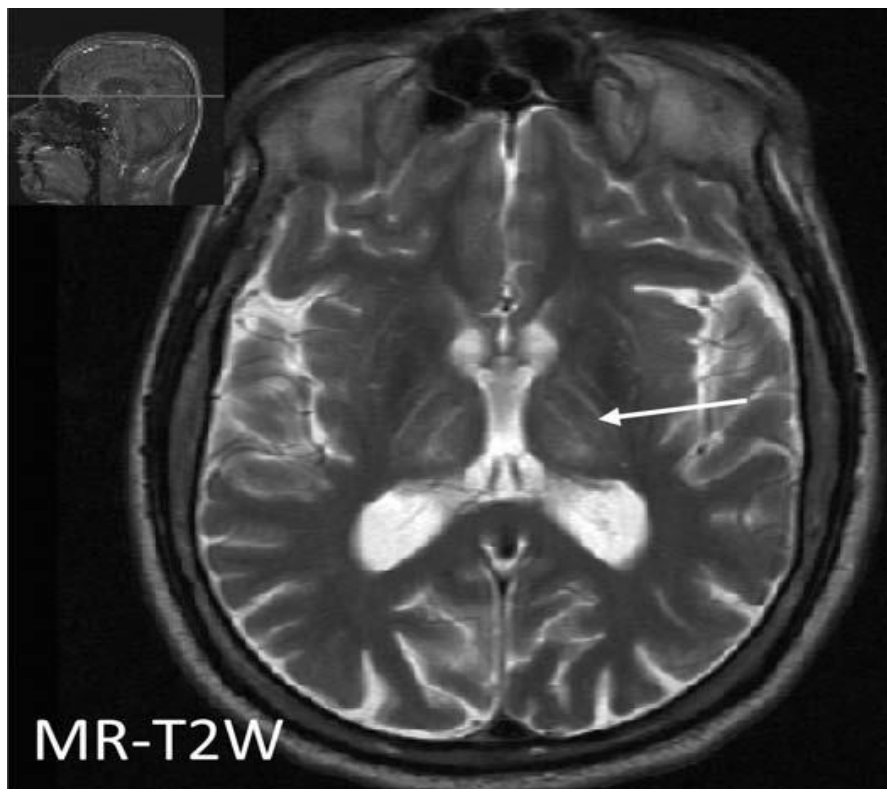
**Huntingtonova choroba.** Neurodegenerativní onemocnění, projevující se demenciachoreatickými dyskinezemi a psychickými příznaky (poruchy chování, agrese, poruchy paměti, postupně demence až celkový marasmus). Kauzální léčba není známa, nemoc vede ke smrti během 8–12 roků. CT a MR zobrazí celkovou mozkovou atrofii, charakteristická je atrofie striata (nucleus caudatus a globus pallidus).

**Parkinsonova choroba.** Neurodegenerativní, progresivní onemocnění, jehož příčinou je postupný zánik buněk produkujících dopamin v substantia nigra. U nemocných pozorujeme triádu příznaků: rigidita, tremor, bradykineze, dále semiflekční držení trupu a končetin, ztrátu synkinéz při pohybu, maskovitý obličej, chůze o krátkých, šouravých krocích. Léčba anticholinergiky, L-dopou (prekurzoru dopaminu) bývá doprovázena velmi dobrým klinickým efektem. Nález při vyšetření zobrazovacími metodami je diskrétní a naší snahou je spíše vyloučení jiného onemocnění (někdy je patrné zúžení pars compacta, a tím je umožněn těsný kontakt n. ruber a substantia nigra).

**Mesiální temporální skleróza (MTS), hippocampální skleróza.** MTS je považována za možný zdroj epileptických záchvatů. Při vyšetření MR můžeme pozorovat asymetrii velikosti hipokampu, gliovou jizvu, asymetrii v architektone šedé hmoty mozku hipokampů, rozšíření temporálního rohu postranní komory. V některých případech obtížně kompenzované epilepsie se provádí chirurgická exstirpace ložiska.

**Wilsonova choroba (hepatolentikulární degenerace), pseudoskleróza Westphalova-Strümpellova.** Neurodegenerativní onemocnění dědičného charakteru, za jehož příčinu se považuje porucha tvorby alfa globulinu (ceruloplazminu). Důsledkem je nízká hladina ceruloplazminu v séru a hromadění mědi v různých orgánech. Strádání začíná nejprve v játrech (velkouzlová jaterní cirhóza). V klinickém obrazu dominují příznaky poškození mozku a jater (cirhóza), s příznaky extrapyramidovými (třes, rigidita, dysartrie). Při zobrazení MR je

patrný patologický nález v oblasti bazálních ganglií, ale i bílé hmotě mozkové supratentoriálně (typicky ložiska zvýšeného nebo smíšeného signálu v T2W obrazu), v játrech obraz velkouzlové cirhózy (obr. 8.74).



Obr. 8.74 MR – Wilsonova choroba. V oblasti centrální šedi je patrné typické střídání hypersignálních a hyposignálních ložisek (šipka).

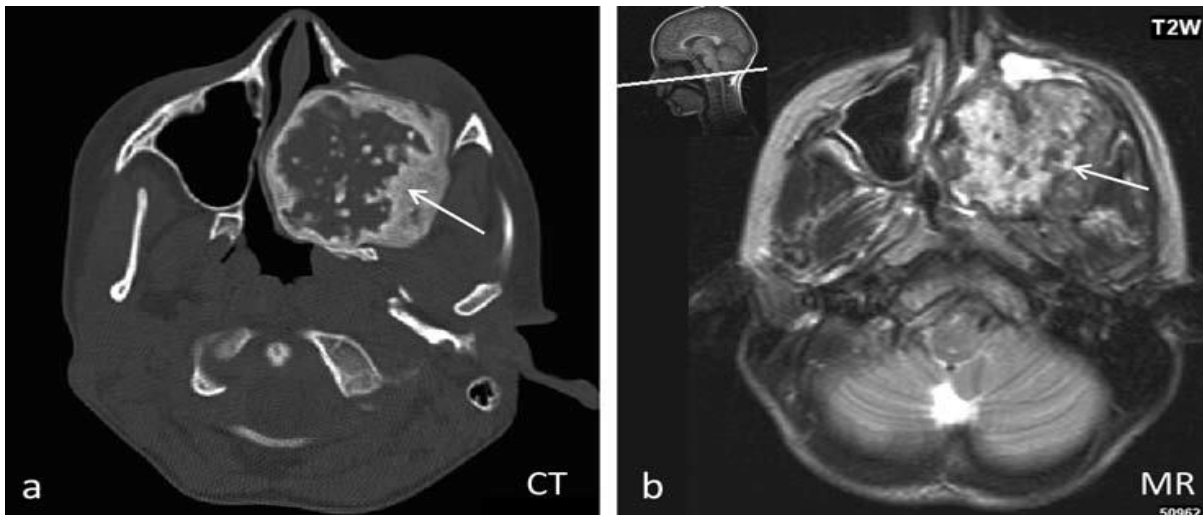
### 8.2.13 Patologické procesy lebky, mening, obličejových dutin

Přestože RTG a CT je stále dominantní modalitou v zobrazení kostních struktur, MR je modalitou, která nám přinesla mnoho důležitých informací při zobrazení kostní dřene a kostních patologických procesů.

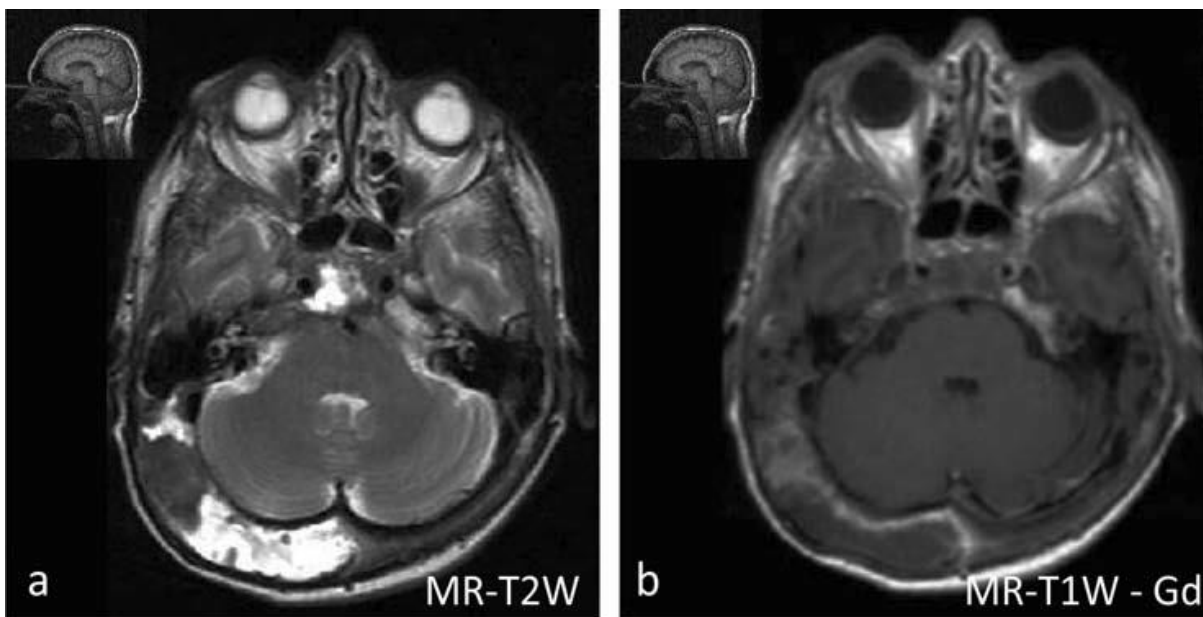
**Fibrózní dysplazie.** Benigní, vrozená dysplazie kostní, způsobená poruchou diferenciací osteoblastů, v jehož důsledku dochází k nahrazení normální kostní tkáně tkání fibrózní s ostrůvky nezralé kosti. Postihuje často maxilu, mandibulu. Nativní RTG zobrazí sklerotické, lytické nebo smíšené změny v zesílených kostních strukturách, které mohou komprimovat oční nerv, nebo jiná foramina báze lebni. Pro CT je typický obraz „mléčného skla“, zesílení kostí (diploe) bez porušení k corticalis, variabilního signálu v modalitě MR, s nehomogenním, mírným enhancementem, po aplikaci KL (obr. 8.75 a, b).

**Pagetova choroba (ostitis deformans).** Chronická dysplazie skeletu charakterizována remodelací skeletu s destruktivními a sklerotickými ložisky (ložiska osteoporózy a osteosklerotizace) s rozšířením diploe. Typický je obraz připomínající „chomáče vaty“, který charakterizuje současnou přítomnost osteolytických a osteosklerotických ložisek, variabilní signál v modalitě MR (obr. 8.76 a, b).

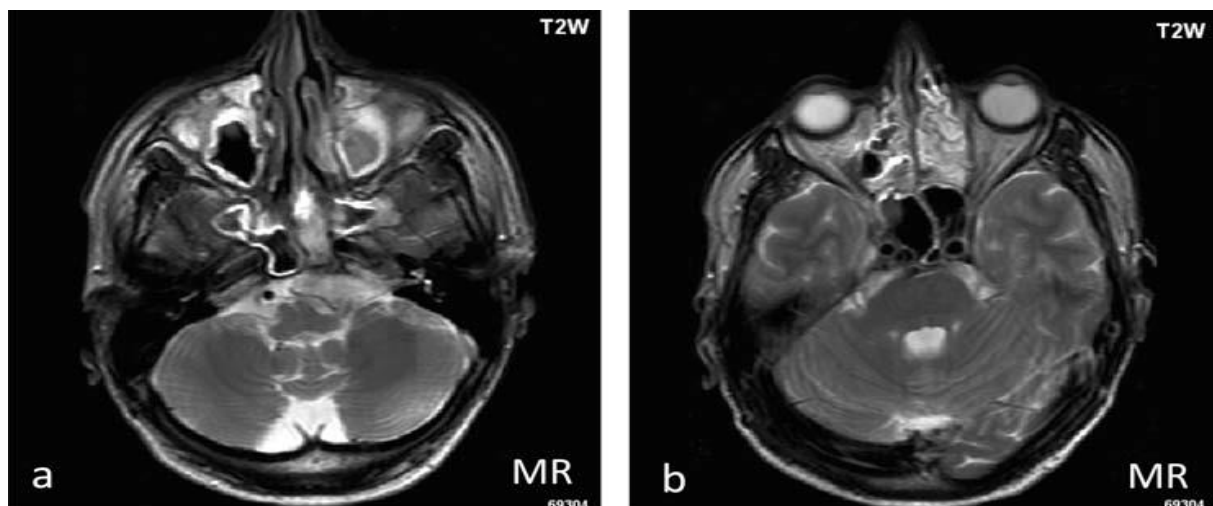
**Akutní a chronická sinusitis.** Pozorujeme ztrátu vzduchové výplně obličejových dutin, zastření na nativním snímku RTG, zvýšená denzita v obraze CT a snížení signálu v T1W obraze a naopak zvýšení v T2W obraze při vyšetření MR (signál v obraze MR je ovlivněn substrátem v dutinách (serózní, mucinózní, hemoragický), po aplikaci KL enhancuje slizniční stěna dutin, není přítomen expanzivní charakter (obr. 8.77 a, b).



**Obr. 8.75 a, b CT a MR – fibrózní dysplazie.** Rozsáhlé ložisko v oblasti levého maxilárního sinu (šipka), inhomogenně zvýšený signál v T2W obraze svědčí pro aktivitu procesu (šipka, b).



**Obr. 8.76 a, b MR – Pagetova choroba:** Jsou přítomny osteolytická i osteosklerotická ložiska



**Obr. 8.77 a, b MR – pansinusitis.** Je patrný zvýšený signál v T2W obrazu ve sfenoidálních, maxilárních a ethmoideálních dutinách (sinech).

**Polypy v dutině nosní a obličejových dutinách.** Nenádorové, zánětlivé otoky sliznice sinonazální, které se zafixují ve formě polypů, mohou mít velikost až několik cm. V obrazu CT je patrná měkkotkáňová struktura, denzita v CT obrazu a signál při vyšetření MR obdobný sliznici (obr. 8.78 a, b). **Mukocela** pak vzniká blokováním drenáže obličejové dutiny, mívá expanzivní charakter, způsobuje remodeling kostních struktur (typicky v sinus frontale, maxiláris).

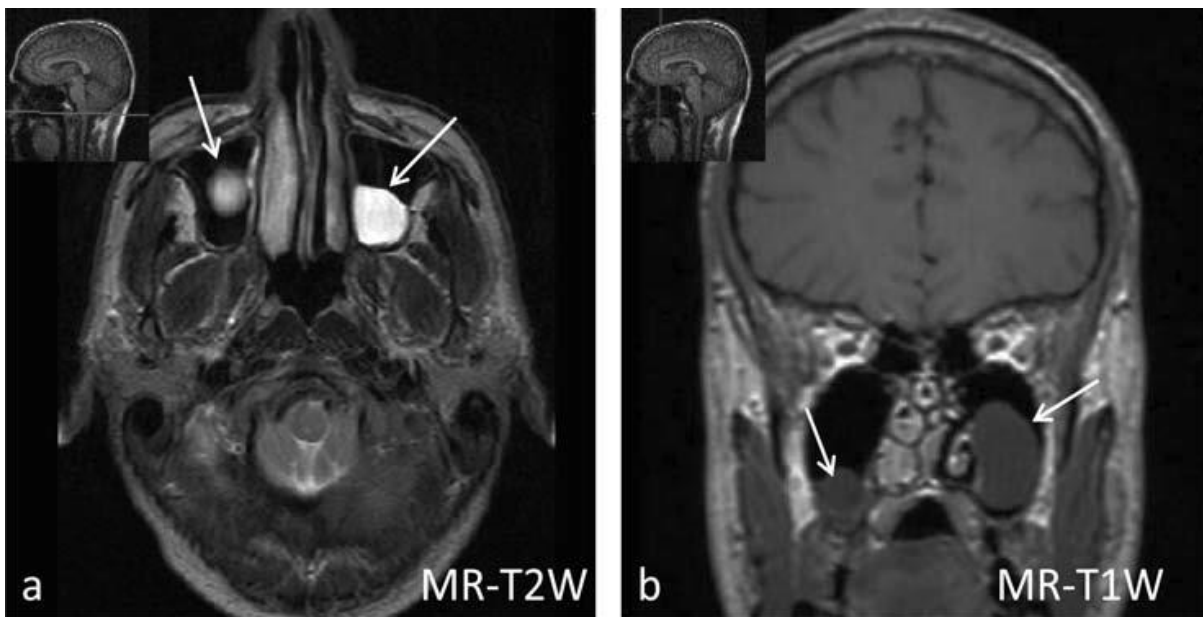
**Dlaždicovitý karcinom (sinonazální karcinom).** Zhoubný, patologický proces vycházející z epiteliální výstelky obličejových dutin, rychle rostoucí, špatně ohraničený, vyplňující siny a způsobující jejich obstrukci. Kostní struktury nejsou pro tento nádor překážkou. CT zobrazí měkkotkáňovou strukturu, léze kostní hmoty, po aplikaci KL heterogenní enhancement. Nádor mívá snížený signál v T1W, zvýšený v T2W obrazu, enhancuje po aplikaci KL.

**Metastázy lebky a mening.** Mohou postihovat kosti lebky, meningy, způsobují destrukci nebo infiltraci postižených tkání, mají uzlovitý, lobulární tvar, způsobují zesílení mening, v oblasti kosti lytický nebo sklerotický charakter, vždy po aplikaci KL výrazně enhancují.

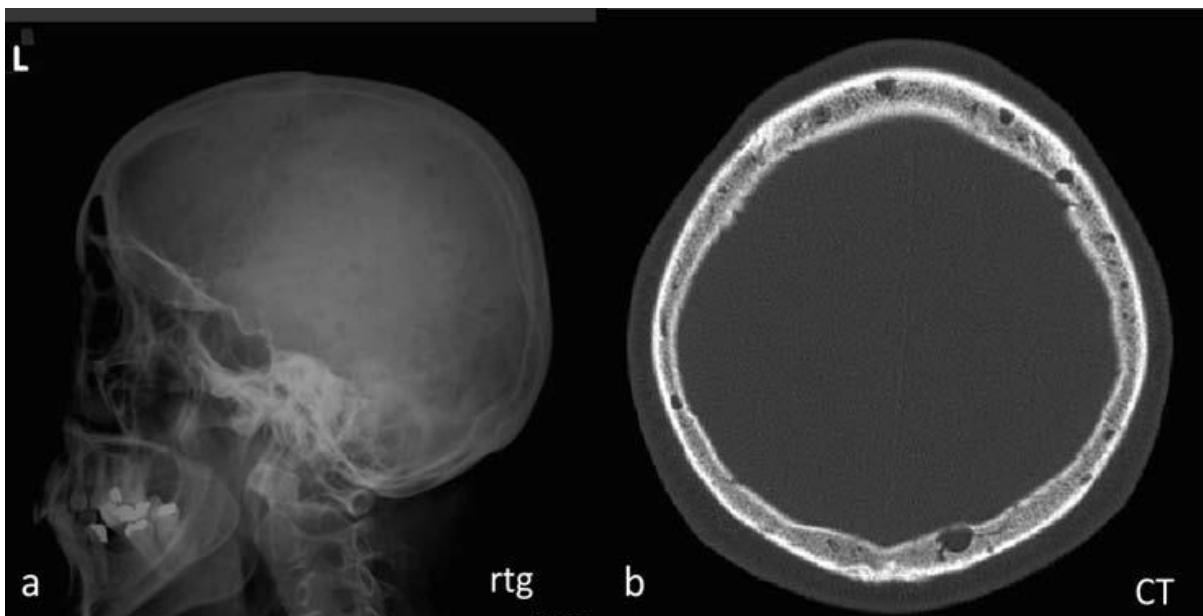
**Meningeom** (viz kapitola mozkové nádory).

**Myelom.** Mnohočetná lytická ložiska (mnohočetný myelom), solitární ložisko (plazmocytom) (obr. 8.79 a, b).

**Eosinofilní granulom** (benigní projev histiocytózy X). Ohraničená léze v lebce, obvykle spontánní uzdravení.



Obr. 8.78 a, b MR – polypy. V maxilárních sinech jsou patrná kulovitá ložiska, která odpovídají polypům (šipka).



Obr. 8.79 a, b RTG a CT – mnohočetný myelom: mnohočetná drobná lytická ložiska v kalvě

### 8.2.14 Degenerativní onemocnění páteře

Odlišení „fyziologického stárnutí“ páteře a degenerativních změn je mnohdy otázkou a není zcela jednoznačné. Většina populace má během svého života potíže s páteří. Je proto logické, že ekonomické zatížení společnosti spojené s léčbou, pracovní neschopností a invaliditou je u vertebrogenních onemocnění značné.

Degenerativní změny jsou více časté v oblasti bederní a dolní krční páteře, s relativním ušetřením hrudní oblasti. Lze říci, že nepřítomnost degenerativních změn páteře po 60. roku je spíše výjimkou. Degenerativní změny postihují všechny struktury páteře.

*Klinickým obtížím dominuje bolest. Ukazuje se, že vztah bolesti a morfologických změn není tak jednoduchý. Řada nemocných nemá skoro žádné morfologické změny na páteři a přitom má značné vertebrogenní potíže, což podporuje teorii, že dalším faktorem bude nejspíše porucha funkce páteře, jejímž výsledkem je blokáda nebo hypermobilita určitého segmentu. Nebude však nejspíše příčina jediná, ale významnou roli budou hrát i projevy zánětlivé v místě patologických změn.*

**Disk** (meziobratlová ploténka) je struktura nejčastěji zmiňovaná v souvislosti s degenerativními změnami (obr. 8.80).

**Spondylóza.** Degenerativní změny postihující struktury disku, se změnou jeho chemického složení (projevují se snížením výšky, změnou signálu v modalitě MR, jeho vyklenováním, popřípadě hernií, tvorbou osteofytů...).

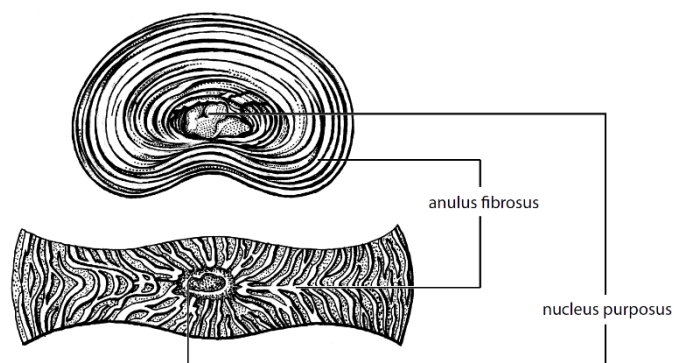
**Spondyloartróza.** Degenerativní změny postihující intervertebrální klouby, dochází k jejich hyperplazii, tvorbě osteofytu, někdy synoviálních cyst, často je doprovázena stenózou páteřního kanálu nebo foramen intervertebrale. Společný výskyt se spondylózou je častý.

**Spondylolistéza.** Lze ji charakterizovat jako posun kraniálně lokalizovaného těla obratle oproti obratli kaudálněji uloženém. Termín spondyloptosis značí dislokaci celého těla obratle. Typicky spondylolistézu pozorujeme v oblasti páteře bederní, nejčastěji v segmentu L4/5. Příčinou jsou nejčastěji degenerativní změny disku, snížení jeho výšky, zvýšená pohyblivost v intervertebrálních kloubech vede k postupnému prodloužení oblouku obratle... (obr. 11.81). V těchto případech hovoříme spíše o pseudospondylolistéze (nebývá přerušení oblouku obratle).

**Spondylolýza.** Je termín určený pro případy, které jsou zároveň doprovázeny přerušením oblouku obratle, nejčastěji v místě pars interarticularis (isthmus) – isthmická spondylolistéza. Příčinou spondylolýzy může být trauma (zlomenin zadního segmentu), důsledek chirurgického zákroku (laminectomie), fyzické přetížení, ale i degenerativní změny doprovázené spondylolistézou mohou způsobit přerušení oblouku obratle.

**Stenóza kanálu páteřního.** Je ve většině případů způsobena degenerativními změnami páteře, ale může být i vrozená nebo způsobená jiným patologickým procesem. V oblasti krční páteře je považována šířka kanálu páteřního v předozadním průměru menší než 12 mm za relativní stenózu, menší než 10 mm za stenózu absolutní, což nazýváme jako stenózu centrální, která může být doprovázena příznaky myelopatie (zvýšený signál míchy v T2W obrazu) (obr. 8.82). V oblasti bederní páteře posuzujeme předozadní šířku kanálu páteřního, kdy méně než 16 mm považujeme za stenózu (obr. 8.83 a, b).





Obr. 8.80 Schéma – disk: sagitální a koronální řez



Obr. 8.81 MR – spondylolistéza: L5/S1 (šipka)



**Obr. 8.82** MR – stenóza krční páteře s kompresivní myelopatií

**Nativní RTG.** Přínosem je možnost dynamického vyšetření (v počátečních stadiích se degenerativní změny mnohdy projevují jen funkčními poruchami), dále přináší informace o zakřivení páteře, šíři kanálu páteřního (stenóze), posunu obratlových těl (spondylolistéza), zobrazí osteofyty, **neobrazí výhřez disku**, jen známky degenerativních změn v disku (zúžení disku, fenomen vakua – přítomnost plynu v disku, kalcifikace v disku...).

**PMG.** Jeho využívání stále slábne a je dnes prakticky nahrazeno CT a MR.

**CT.** Má pro herniaci disku poměrně značnou specifitu i senzitivitu (okolo 90 %). Nevýhodou je možnost vyšetření poměrně malého úseku páteře (z důvodů radiační zátěže) a nemožnost přímých sagitálních řezů. CT oproti MR zobrazí lépe kostní struktury a dáváme mu přednost při podezření na spinální stenózu. Z výše uvedených důvodů lze vyšetřit maximálně 3–4 segmenty, a proto před aplikací této modality je nutné vždy stanovit přibližnou topiku léze na základě klinického vyšetření. Při vyšetření skláníme gantry paralelně s rovinou meziobratlového prostoru.

**MR.** Získává dominantní postavení při diagnostice patologických procesů v oblasti páteře. Nevýhodou je větší ekonomická náročnost. *U nemocných indikovaných k MR vyšetření pro podezření na výhřez disku je ve VFN v Praze následující vyšetřovací protokol: SE (T1W) a TSE (T2W) v sagitální rovině řezů, THK 3.0/0.3 mm.*



**Obr. 8.83 a, b MR – stenóza bederní páteře.** V etáži L4/5 je patrná extrémní stenóza, a to jak v předozadním rozměru, tak i v laterálních recesech (b) spondylolistéza L4/5 řezy transverzálními dle suspekce patologického procesu ze sagitálních skenů, v T1W a T2W obrazu THK 3.0/0.3 mm. U pooperačních stavů (FBSS) jsme vždy aplikovali KL v dávce 0,1 mmol/kg a se stejnou geometrií zopakovali vyšetření v T1W řezech v modu SE v transverzálních a sagitálních rovinách řezů (vyšetření s KL umožní rozlišení recidivy výhřezu disku a epidurální fibrózy, což z hlediska dalšího klinického vedení nemocného je zásadní informace).

Použití zobrazovacích neuroradiologických metod však nevyžaduje každá bolest v zádech. Indikace k jejich akutnímu provedení je syndrom kaudy, komprese míšni (vyšetření by mělo být provedeno co nejdříve „nad syndromem kaudy či kompresí míšni by nemělo slunce zapadnout“).

### Projevy degenerativních změn na páteři

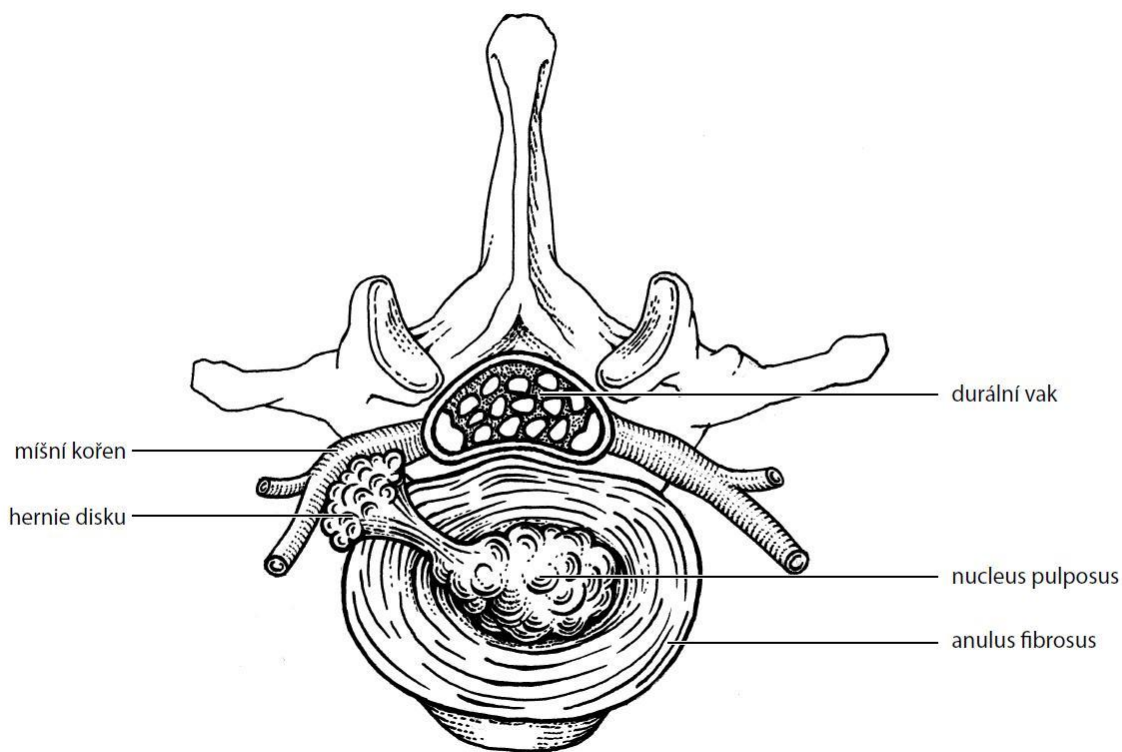
Výše uvedené změny na disku, pozorujeme nejčastěji v oblasti bederní páteře (L4/5 a L5/S1 tvoří 80 % hernií disku) a v oblasti krční páteře (C5/6 a C6/7 segment).

**Bulging** (zduření. Zvětšení objemu disku, bez porušení jeho integrity, způsobené zvýšeným obsahem tekutiny (disk je hydrofilní) při jeho přetížení, úrazu... Jedná se o stav nejspíše zcela reverzibilní.

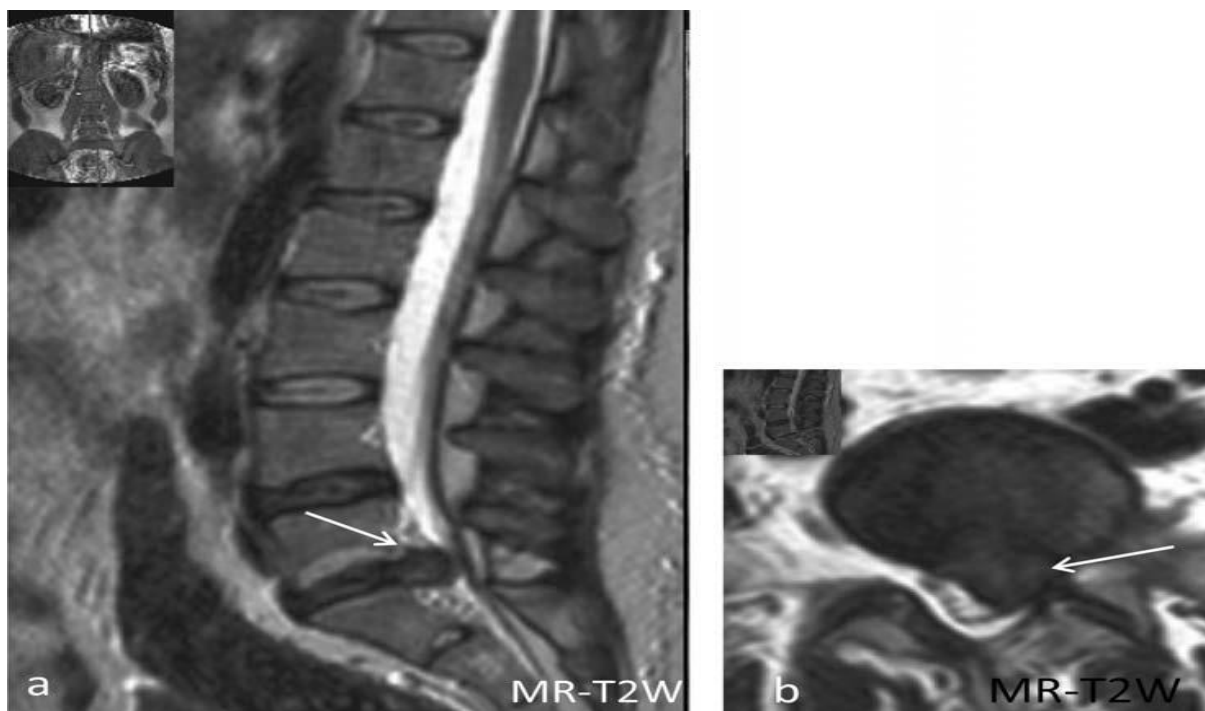
**Protruze disku.** Dochází k propagaci nucleus pulposus do anulus fibrosus, ale není zcela porušena jeho integrita.

**Herniace disku.** Dochází k porušení anulus fibrosus, provalení nucleus pulposus a obvykle i porušení kontinuity zadního podélného vazy (obr. 11.84, 11.85 a, b). Obvykle s výjimkou (syndromu kaudy nebo míšni komprese) postupujeme zpočátku konzervativně (antirevmatika, myorelaxantia, rehabilitace, lokální obstríky kortikoidy), teprve při neúspěchu

léčby (vždy nutné uvážit, jak potíže omezují pacienta v běžném životě) přichází v úvahu chirurgické řešení.



**Obr. 8.84** Schéma výhřezu disku



**Obr. 8.85 a, b** MR – výhřez disku: masivní paramediální až laterální herniace L5/S1 vlevo (šipka) způsobující deformaci durálního vaku

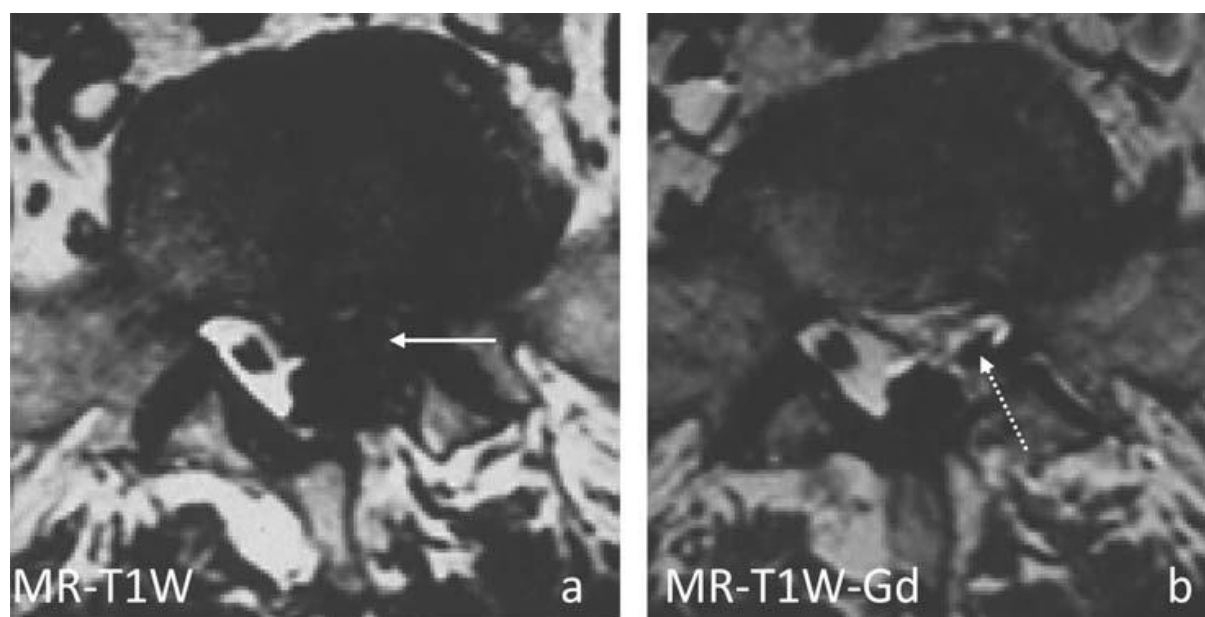
**Instabilita páteře.** Zvýšená pohyblivost v určitém segmentu a porucha postavení těla obratle oproti fyziologickému stavu doprovázená bolestivostí. Na zobrazovacích metodách pozorujeme zvýšenou pohyblivost, spondylolistézu.

**Spondylochirurgie.** Nabízí řadu možností, v oblasti páteře bederní se nejčastěji provádí hemilaminectomie s odstraněním výhřezu disku, někdy doplněná stabilizací páteře. V poslední době se snažíme o šetrnější operační postupy, např. odstranění herniace disku transforaminálně. V oblasti krční páteře obvykle, při dorzálních osteofytech, herniaci disku, postupujeme předním přístupem (dle Clowarda), který má nejmenší rizika poškození míchy. Sténóza kanálu páteřního vyžaduje provést dekompresní laminectomii, při zúžení foramen intervertebrale snesení části hypertrofického kloubního výběžku, hypertrofií cých žlutých vazů. Někdy jsou tyto výkony doplněny stabilizací páteře. Ročně je u nás provedeno 7000–8000 operací páteře a stále počet narůstá.

**Pooperační komplikace** po léčbě výhřezů disků „failed back surgery syndrom-FBSS“: Chronických komplikací je několik, z nich nejdůležitější je diferenciatní diagnostika epidurální fibrózy a recidivy výhřezu disku, pro jejich zcela odlišné klinické vedení. Zatímco recidiva výhřezu disku se zpravidla operuje, v případě operace nemocného s epidurální fibrózou by došlo k dalšímu jizvení, a tím ke zhoršení jeho obtíží. Zcela dominantní je u těchto pacientů užití MR s aplikací kontrastní látky.

**Epidurální fibróza** zvyšuje svoji intenzitu signálu po aplikaci KL, **recidiva výhřezu disku** nikoliv (obr. 8.86 a, b).

Nejčastější akutní pooperační komplikací je discitida. Obvykle se jedná o aseptický zánět disku, nemocný má výrazné bolesti v místě operace, každý pohyb na lůžku mu dělá obtíže, ale nemívá známky kořenového dráždění. Příznaky ve většině případů odezní během několika týdnů až 3 měsíců. V obrazu MR je patrný zvýšený signál disku v T2W obrazu.



**Obr. 8.86 a, b MR – epidurální fibróza.** Epidurálně ventrálně a laterálně vlevo je patrná patologická tkáň izosignální s durálním vakem (šipka, a), nelze diferencovat kořenovou pochvu vlevo. Po podání KL je patrný výrazný enhancement (přerušovaná šipka ukazuje

kořenovou pochvu, které je již dobře patrná vzhledem k výraznému *enhancementu* fibrózní tkáně v okolí).

### **Některé klinické jednotky**

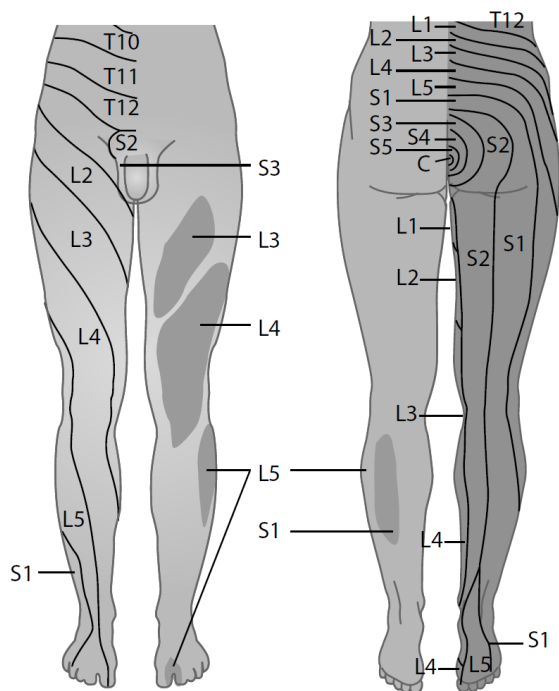
**1. Zánikově iritační kořenové syndromy LS a Th páteře.** Obvykle dominují senzitivní příznaky (bolest), které se šíří v příslušných dermatomech (při iritaci kořene L5 po zevní straně DK, při paréze se pacient obtížně postaví na patu, kořene S1 po zadní straně DK, při paréze dělá problém postavit se na špičku nohy (obr. 11.87).

**2. Syndrom kaudy.** Bolest se šíří po zadní straně DK, do hýždí, dominantním příznakem je porucha sfinkterů ve smyslu retence nebo inkontinence, chybí anální reflex a je přítomna perianogenitální hypestezie. Syndrom kaudy je vždy alarmující a vede k rychlému, obvykle chirurgickému řešení, neboť při pozdním řešení mohou být změny ireverzibilní (obr. 8.88).

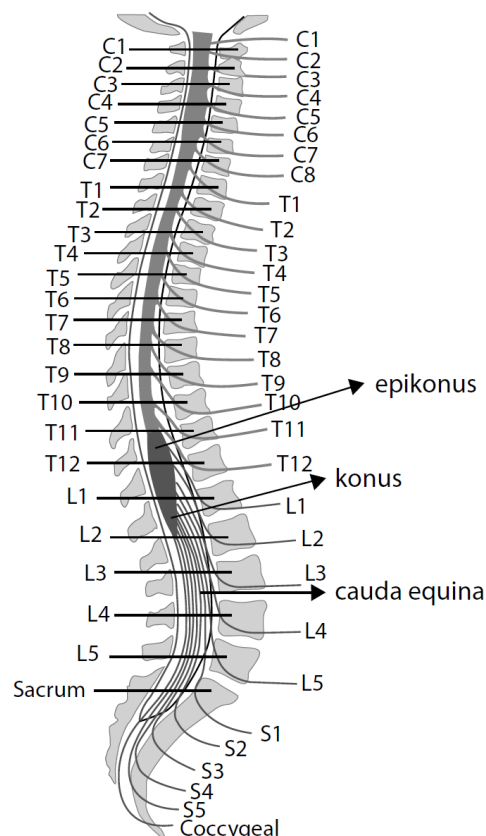
**3. Cervikokraniální syndrom.** Je charakterizován bolestmi v oblasti krční páteře s šířením do týlních a spánkových oblastí hlavy, omezením pohybu v krční páteři, bolestí a hypertonií svalstva. V rámci uvedeného syndromu jsou někdy přítomny vegetativní projevy jako závratě, nauzea i zvracení, tinnitus a hypacuse. Uvedený syndrom s výraznou vegetativní symptomatologií nazýváme syndrom zadního krčního sympatiku (Barré-Liéúv); příčinou je dráždění sympatických kořenovou pochvou vlevo. Po podání KL je patrný výrazný *enhancement* (přerušovaná šipka ukazuje kořenovou pochvu, které je již dobře patrná vzhledem k výraznému vegetativních pletení probíhající společně s vertebrálními arteriemi vertebrálními forami).

**4. Whiplash syndrom.** Bolesti a blokády v oblasti krční páteře, které se často šíří do oblasti horních končetin a hlavy. Příčina je traumatická, spočívá ve zhmoždění svalově vazivového aparátu krční páteře, nejčastější příčinou jsou dopravní nehody. V určitém procentu případů má pacient potíže týdny, měsíce, někdy po celý život.

**5. Cervicobrachiální syndrom.** Je klinická symptomatologie vycházející z oblasti dolní krční páteře se zánikově iritačním kořenovým syndromem v oblasti horních končetin. Kvadrantový syndrom je pak syntéza cervikokraniálního a cervicobrachiálního syndromu, někdy s výraznými bolestmi na hrudníku nazývaný také thorakokardiální syndrom. Oblast je vegetativně inervována z ganglion stellatum.



Obr. 8.87 Kožní dermatomy



Obr. 8.88 Schéma míchy a míšních kořenů

### 8.2.15 Traumatické léze páteře

Nejčastější příčinou poranění páteře jsou dopravní nehody, dalším méně častým zdrojem jsou sportovní a pracovní úrazy. Při poranění dochází k lézi kostních, nervových a ligamentózních (zahrnuje i lézi disků) struktur.

Při podezření na poškození páteřemusíme s nemocným vždy manipulovat velmi šetrně, aby nedošlo k sekundární lézi, často je možné snímkovat nemocného pouze v leže, v poloze na zádech, příslušné projekce pak provedeme sklonem paprsku. Kraniocerebrální poranění vyžaduje dle našeho názoru vyšetření krční páteře, při polytraumatu vyšetřujeme páteř celou. Pacient může mít poranění páteře na více etážích, a proto zjištění např. fraktury v oblasti krční nevyklučuje lézi v oblasti thorakolumbální páteře a její přehlédnutí, zvláště při nestabilitě zlomeniny, by mohlo mít vážné následky.

Důležitým sdělením je údaj, zdali se jedná o **stabilní zlomeninu**, která nevyžaduje chirurgickou léčbu, nebo nestabilní, kdy hrozí posun obratlů, komprese míchy nebo míšních kořenů a kde je indikována chirurgická stabilizace.

Pod pojmem nestabilita páteře si představujeme stav, kdy při fyziologické funkci páteře dochází k takovému postavení obratlů, které může poškodit, míchu, míšní nervy, nebo vyvolávat bolest.

*Nativní RTG páteře: základními projekcemi je předozadní, bočná, šikmá, v oblasti CC přechodu transorální (viz obr. 8.2 a 8.3 a, b). Při předozadní projekci krční páteře pacient sedí nebo leží na zádech, je nutné, aby ohnisko RTG lampy, dolní okraj mandibuly a kost týlní byly v jedné rovině. Bočnou projekci provádíme tak, že nemocný sedí obrácen bokem k*

filmu, ramena má stažena co nejvíce distálně (aby nezakrývala dolní krční obratle), centrální paprsek prochází kolmo na C4 obratel.

Při transorální projekci pacient sedí nebo leží krajinou týlní k filmu, ústa má co nejvíce otevřená, paprsek směřuje asi 2 cm nad rovinu procházející dolním okrajem processus alveolaris. Zobrazení foramen intervertebrale je provedeno pomocí šikmých projekcí, kdy pacient leží na pravém boku nebo sedí příslušným bokem k filmu, páteř je rotována o 30° napravo (při zobrazení pravých foramen), centrální paprsek se sklání o 20° kaudálně.

Při bočné projekci hrudní páteře leží pacient na boku, hlavu má podloženou, aby sagitální rovina páteře byla v jedné rovině, horní končetina je předpažena, aby pletenec pažní byl vytažen co nejvíce dopředu. Snímky bederní páteře provádíme vleže nebo ve stoje (obr. 8.89 a, b). CT má vyšší senzitivitu a specifitu oproti nativnímu RTG vyšetření, při podezření na trauma v cervicocraniálním přechodu mu dáváme přednost před nativním RTG.

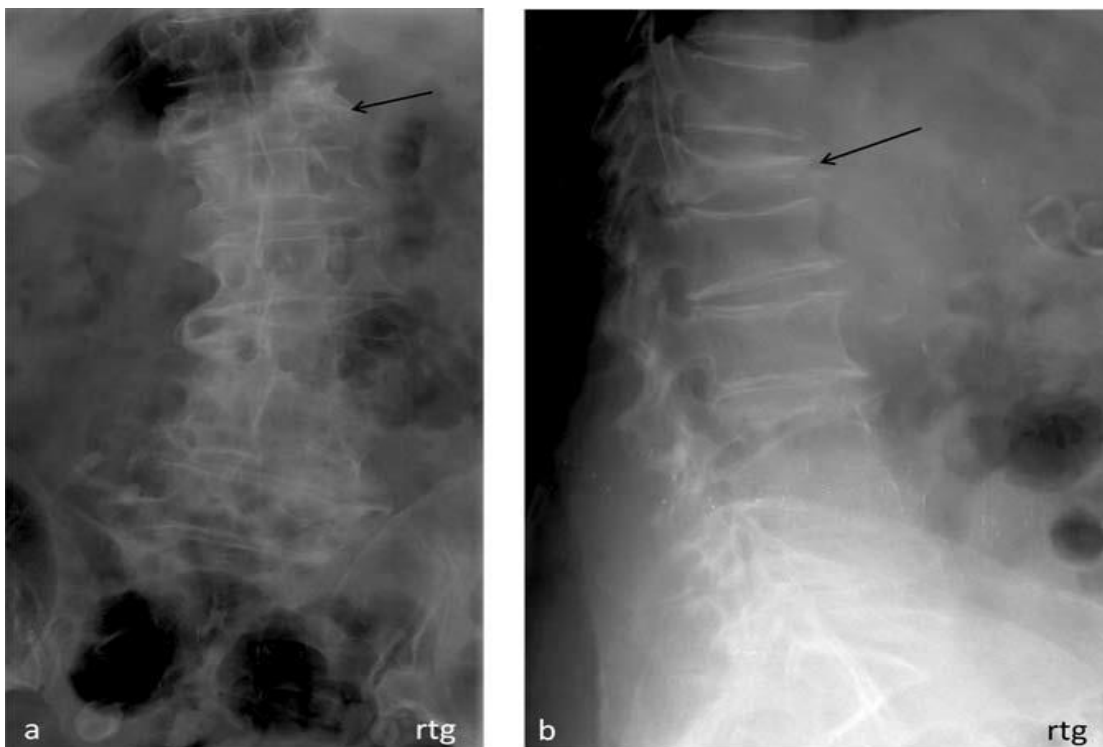
Nevýhodou je zobrazení pouze 3–4 obratlů (z důvodů iradiace). MR zobrazí míšní struktury, měkotkáňové struktury (ruptura ligament, hematoma), edém kostních struktury, lze provést libovolné roviny řezu (zobrazení celé páteře). Indikovat MR vždy při podezření na lézi míšních struktur (obr. 8.90).

Pozorujeme **kompresivní zlomeniny těl obratlů** (obvykle klínovitého tvaru směrem ventrálně) při snížení na 1/3 výšky obratlů okolních ji považujeme za nestabilní, **tříštivé zlomeniny**, často s propagací kostních úlomků do kanálku páteřního (nestabilní zlomeniny), zlomeniny koubních výběžků, oblouku obratle...

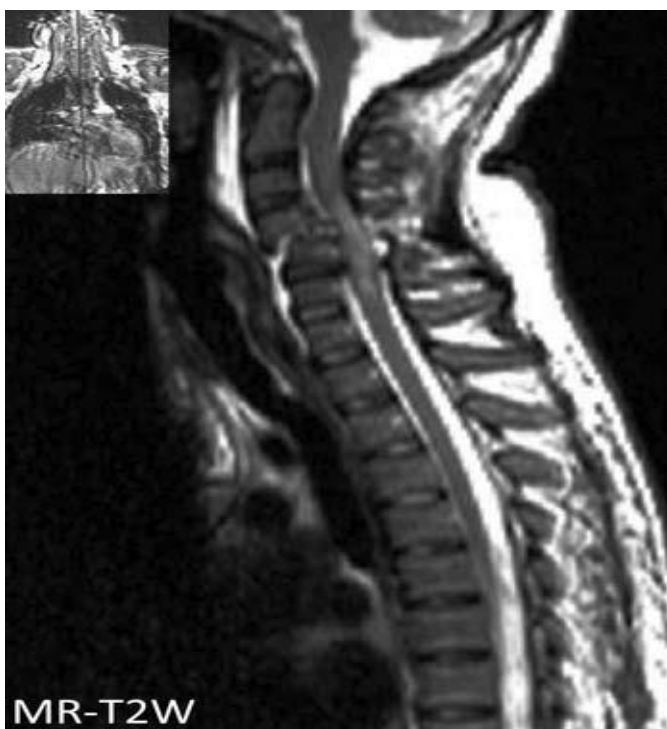
Trauma v oblasti báze lební, C1 a C2 obratle má řadu odlišností od ostatních lézí páteře z hlediska zobrazení, klinických projevů, terapie.

1. Zlomenina jednoho okcipitálního kondylu je vždy stabilní, zlomenina obou kondylů zvláště doprovázená jejich dislokací je částečně nestabilní.
2. Jeffersonova zlomenina C1– obratel je charakterizována tříštivou zlomeninou oblouku atlasu.
3. Odlomení dens axis je poměrně časté trauma. Na snímku nativního RTG pozorujeme lomnou linii procházející dens axis a zvětšení vzdálenosti dens od přední části C1 těla obratle, nezděka zobrazíme ventrální posun C2 těla obratle. Všimáme si i měkotkáňových struktur (ruptura ligament, hematoma...).
4. Hangman's fraktura je charakterizována jako spondylolistéza axis způsobená oboustrannou avulzí těla obratle od oblouku. Dens axis je pravidelně ušetřen.





Obr. 8.89 a, b RTG – fraktura: kompresivní fraktura Th12, ventrální hrana je snížena o 1/4 (šipka)



Obr. 8.90 MR – fraktura, myelopatie: traumatická léze míšní, zlomenina C4 a C5, luxace

5. Hyperflekční zlomeniny páteře jsou způsobeny přetržením kloubních a zadních ligament. Při zobrazení je typická přední subluxace těla obratle, kyfotické držení páteře v místě postižení, rozšíření vzdálenosti mezi procesus spinosus v daném segmentu.

6. Hyperextenzní zlomenina je charakterizována frakturou lamin, v oblasti C páteře vede k zadní dislokaci hlavy a horní části C páteře.

### 8.2.16 Nádory míchy a páteře

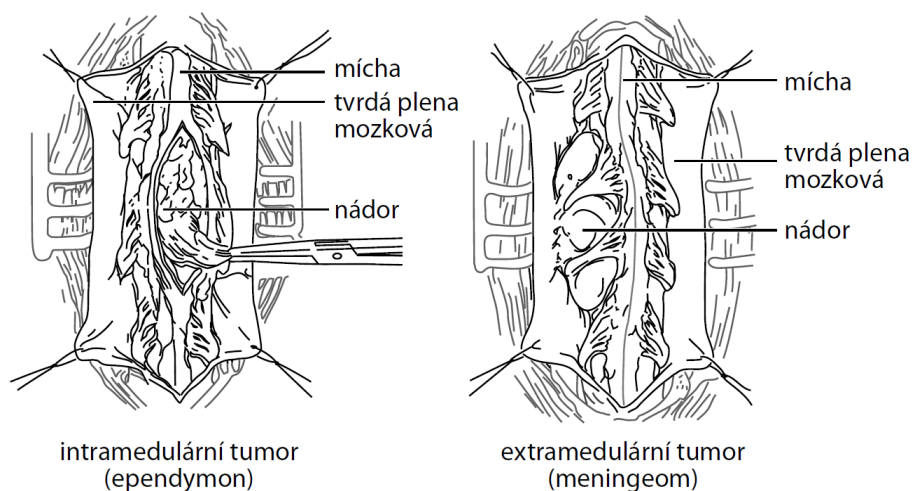
Nádory v oblasti míchy a páteře dělíme na: 1. intramedulární, 2. extramedulární, intradurální a 3. extramedulární, extradurální (obr. 8.91). Rovněž je možná klasifikace na tumory primární, vycházejí z míchy, obalů míchy a obratlů, a metastázy. Nádorů páteře a míchy je zhruba 7krát méně než nádorů mozku.

#### Intramedulární tumory

Asi 90–95 % intramedulárních tumorů tvoří ependymomy a benigní astrocytomy (low grade astrocytom). Mezi intramedulárními nádory zpravidla uvádíme i hydrosyringomyelii, která často doprovází intramedulární nádory.

*Nativní RTG vyšetření páteře může zjistit některé příznaky expanze v kanále páteřním: usuraci pediklů, zvětšení interpedunkulární vzdálenosti, konkávní zadní stranu těl obratlů. Destrukce obratlů může vést ke kompresi obratlových těl. Perimyelografické vyšetření zobrazí rozšíření míšních struktur. Můžeme pozorovat (jako u všech intramedulárních expanzí), vydatnější náplň kořenových pochev kontrastní látkou.*

Scintigrafie skeletu je indikována při podezření na metastatické postižení obratlů. Je to levné vyšetření, dostupné, bez kontraindikací, informuje o zvýšeném obratu kostní hmoty. Drobné metastázy nebo myelom mají však často falešně negativní nález. Podobné indikace má modalita PET/CT, ekonomicky je náročnější. Přímé zobrazení nádoru umožňuje modalita CT a MR, dominantní metodou je MR, které je neinvazivní a přináší nejvíce informací. Intramedulární nádory vždy enhancují v obrazu MR po aplikaci KI.



**Obr. 8.91** Schéma lokalizace nádorů

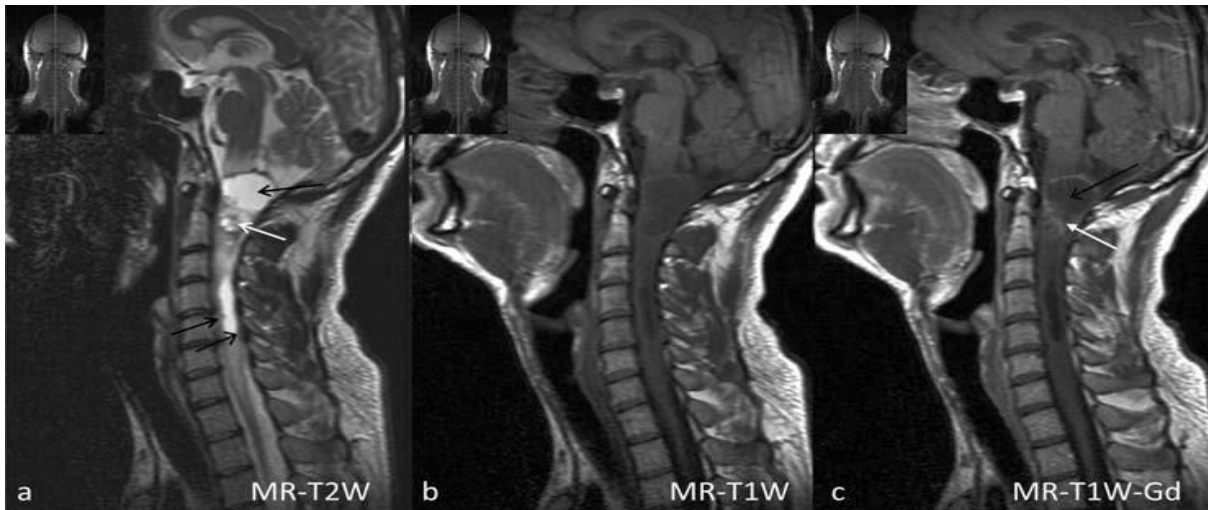
*Typickým klinickým příznakem je syringomyelická disociace cití (ztráta citlivosti pro bolest a teplotu, při zachování dotykové citlivosti), následují poruchy hybnosti a sfinkterů. V mozkomíšním moku bývá disociace proteinocytologická (kompresivní likvor).*

**Hydrosyringomyelie.** Hydromyelie značí dutinu v míše. Hydrosyringomyelie může být vrozená nebo získaná, je likvorové denzity (CT) signálu (MR), nemění se po aplikaci KL.

**Astrocytom.** Je nejčastěji diagnostikovaný intramedulární tumor. Benigní formy (grade I) jsou více než v 80 % (obr. 8.92 a–c), vždy enhancují po aplikaci KL v modalitě MR.

**Ependyom.** Je druhým nejčastějším intramedulárním nádorem. Nádor je ohraničen pouzdem, prorůstá řadou míšních segmentů. V naprosté většině případů je benigního charakteru.

**Metastázy.** Nejsou běžným nálezem, nejčastěji do míchy metastazuje karcinom plic, prsu a leukemie.



**Obr. 8.92 a–c MR – astrocytom:** astrocytom krční míchy. Solidní část nádoru (bílá šipka), inhomogenně enhancuje po podání KL, pseudocysty na okraji nádoru (černé šipky).

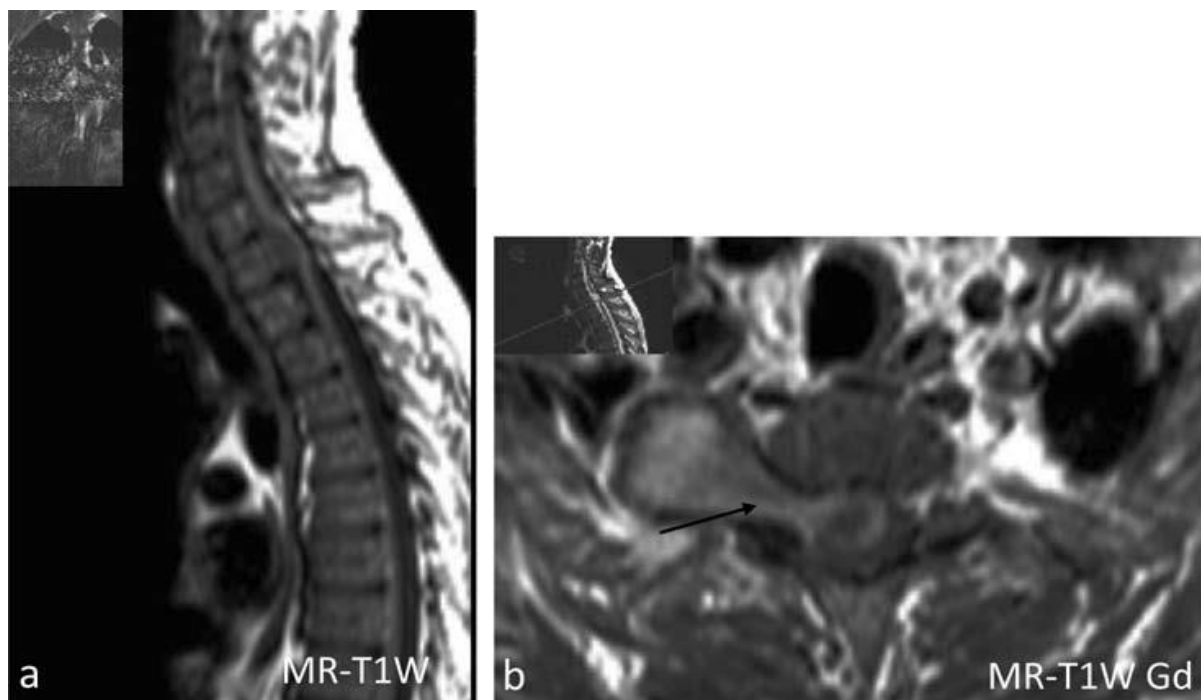
#### Extramedulární, intradurální nádory

Nádory páteře extramedulárně, intradurálně uložené (mezi míchou a tvrdou plenou mozkovou) jsou poměrně časté, ve většině případů jsou benigního charakteru. Osmdesát až devadesát procent těchto lézí tvoří meningeomy a nádory vycházející z nervových pochev (schwannom, neurofibrom). Po aplikaci KL v obrazu MR i CT výrazně enhancují. Ostatní tumory jsou méně časté.

*U nemocného pozorujeme zpočátku klinickou symptomatologii připomínající vertebrogenní obtíže, později mohou být příznaky komprese míšních struktur. Léčba je chirurgická, po odstranění tumoru může být pacient zcela bez obtíží.*

**Schwannom** (neurinom, neurilemom) a neurofibrom. Nádory vycházející z nervových pochev (Schwannových buněk) (obr. 8.93 a, b).

**Meningeom.** Maximum výskytu je kolem 60 roků, 4krát častěji u žen.



**Obr. 8.93 a, b MR – schwannom:** schwannom kořene C7 vpravo. Je patrné enhancující ložisko (šipka) rozšiřující pravé foramen intervertebrale a propagující se extraforaminálně (b).

### Extradurální nádory

Jsou lokalizované v epidurálním prostoru, zevně od tvrdé pleny. Převážnou část tvoří metastázy propagující se do kanálu páteřního při infiltraci obratlů (predikční místem je zadní částí těla obratle – pediklů) nebo „měkkých“ paravertebrálních tkání. Metastázy mohou být osteolytické, osteosklerotické nebo kombinované, hlavním klinickým nebezpečím je zborcení těla obratle a komprese míšni (s klinickou symptomatologií dle topiky léze).

*Chirurgická dekomprese má naději na zlepšení klinického stavu, jen musí být provedena v co nejkratší době od počátku klinické symptomatologie, nad míšni lézí nesmí „slunce zapadnout“.* Metastázy obratlů bez paravertebrální nebo epidurální propagace většinou léčíme chemoterapií, iradiační terapií nebo paliativní léčbou steroidy. Nativní RTG vyšetření zobrazí lytická nebo sklerotická ložiska, často destrukci obratle, obdobně CT. Citlivou modalitou je SPECT (metastáza prokazuje zvýšenou akumulaci radioizotopu), obdobně PET/CT. MR zobrazí ložiska sníženého signálu v T1W obrazu, zvýšeného v T2W obrazu (osteolytické metastázy), sníženého signálu v T2W obrazu (osteosklerotické metastázy) (obr. 8.94 a, b).

**Hemangiom.** V naprosté většině případů se jedná o benigní kostní nádor tvořený cévními strukturami s přítomností většího či menšího množství tuku. Klinicky se projevuje v malém procentu případů: bolestí, poměrně zřídka může dojít k destrukci obratle. Obvykle je náhodným nálezem. V léčbě se nabízí dekomprese při zborcení obratle, vyplnění akrylátem, embolizace, radioterapie. Nativní RTG ukáže „voštinovitou“ strukturu způsobenou dilatovanými cévami mezi kostními trabekulami. V CT prokáže hrubou, trabekulární strukturu, na axiálním řezu vytváří obraz „hvězdného nebe“, při angiografii ckém vyšetření zjistíme většinou normální nález, někdy se zobrazí vaskulární struktury. Senzitivnější metoda je MR, kdy v T1W obrazu vidíme ložisko různé velikosti, dobře ohraničené, často kulovitěho tvaru, (může postihnout i celé tělo obratle) variabilního signálu (spíše zvýšeného), v T2W obrazu zvýšeného signálu (obr. 8.95 a–c).



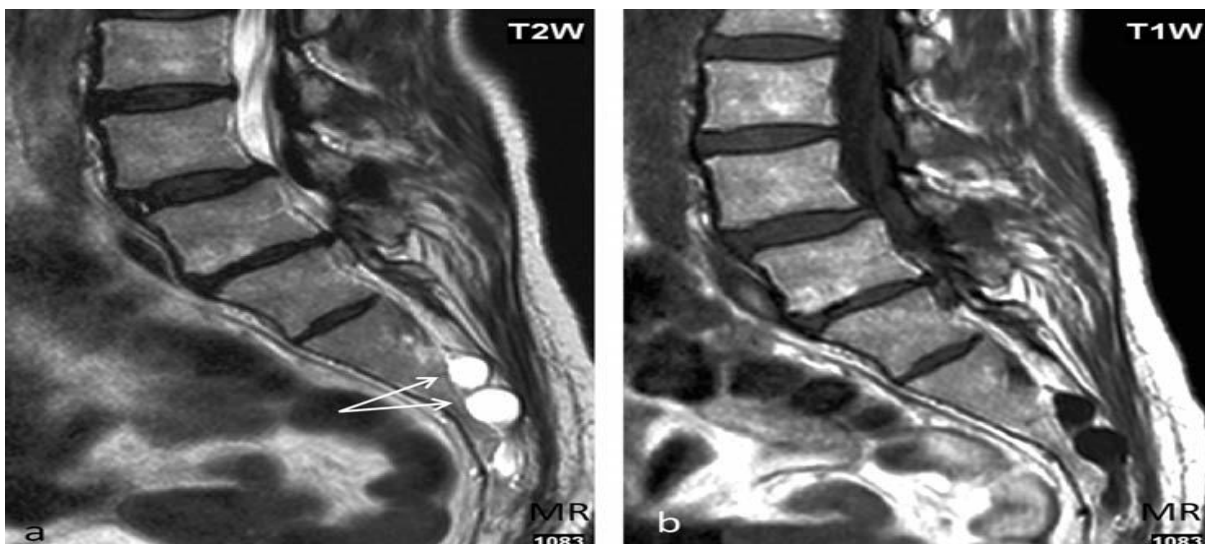
**Obr. 8.94 a, b MR – metastázy:** mnohočetná hyposignální ložiska v T1W obrazu. Nejvíce infiltrované obratle jsou označeny šipkou, v T2W obrazu jsou některá ložiska také hyposignální, jiná jsou nehomogenního signálu (karcinom prsu).

**Plazmocytom.** Lokalizace plazmocytomu (nádoru z plazmatických krevních buněk) v oblasti páteře je poměrně častá. Při solitárním ložisku hovoříme o plazmocytomu, při mnohočetných drobných lézích hovoříme o mnohočetném myelomu.

**Tarlovovy cysty** (perineurální kořenové cysty). Mohou být mnohočetné, někdy i větších rozměrů, na míšních kořenech, mohou rozšiřovat foramina intervertebralia, mají denzitu (CT) nebo signál (MR) likvoru, neenhancují po aplikaci KL (obr. 8.96 a, b).



Obr. 8.95 a–c MR a CT – hemangiom: Th 5, který infiltruje prakticky celé obratlovětělo. Je patrný zvýšený signál v T1 i T2W obrazu, na CT obraz hvězdného nebe (c).



Obr. 8.96 a, b MR – Tarlovovy cysty: hypersignální kulovitá ložiska v T2W obrazu (šípky, a), hyposignální v T1W (b)

### 8.2.17 Nenádorová onemocnění míchy a páteře

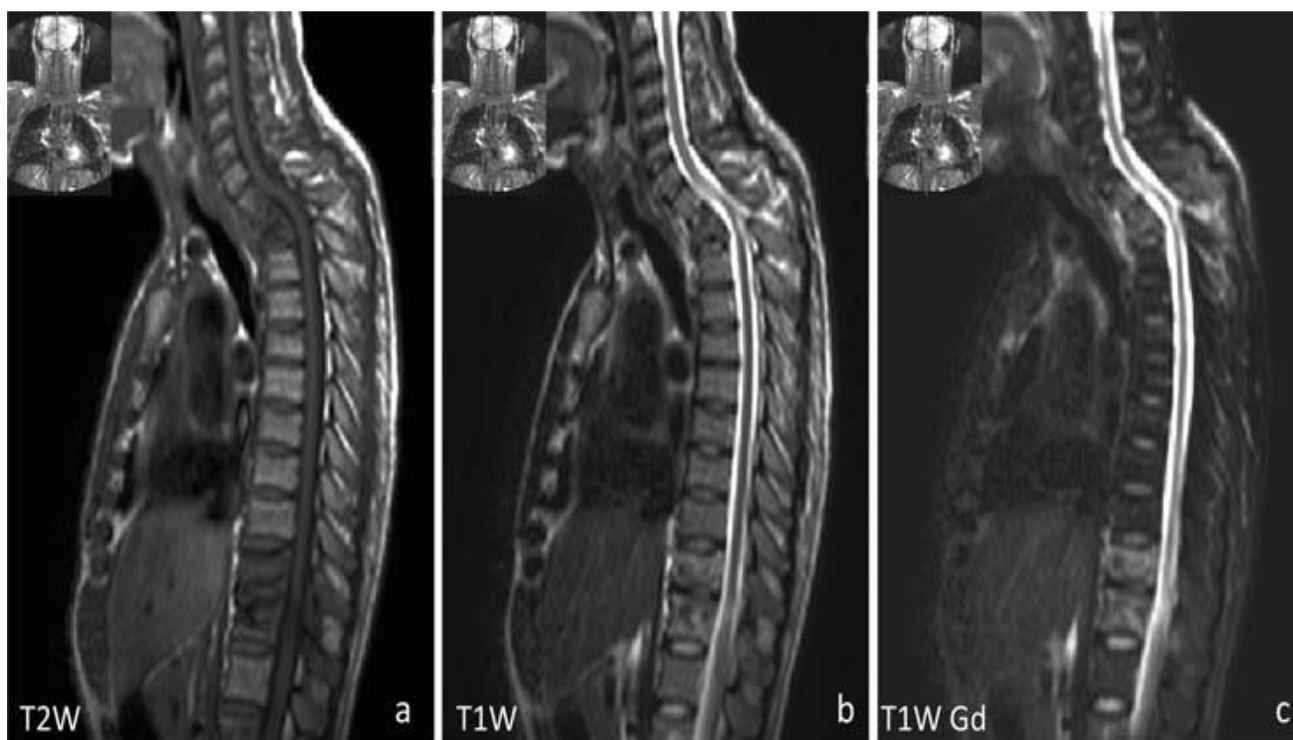
**Akutní myelitida.** Základním požadavkem pro zobrazení je vyloučit extramedulární kompresivní lézi. Diferenciální diagnostika je velmi rozsáhlá a musíme vzít v úvahu velkou řadu infekčních a neinfekčních zánětlivých onemocnění (virová a bakteriální etiologie, demyelinizační onemocnění typu RS, idiopatická transversální myelitida, sarkoidóza...). Nejčastější lokalizace je v oblasti Th míchy, klinická symptomatologie se může vyvinout během hodiny až řady dnů, mícha bývá rozšířena, v obraze CT někdy pozorujeme sníženou denzitu míchy (málo senzitivní), při MR vyšetření bývá zvýšená intenzita signálu v T2W obraze, často bez korelátu v T1W obraze (izointenzní s míšní tkání), někdy diskrétní až mírný enhancement po aplikaci KL (obr. 8.97).

**Tuberkulózní spondylitida.** Typické je postižení disku (*discitida*) a dvou přilehlých obratlů (*spondylitida*), není neobvyklé, že v chronickém stadiu disk zcela „vymizí“, dojde k synostóze postižených dvou obratlů a nezřídka se vytvoří gibus. Paravertebrálně může patologický proces být zdrojem „studeného abscesu“, nebo se podél *ligamentum longitudinale posterior* propagovat do okolních obratlů (obr. 8.98 a–c).

**Epidurální empyém.** Zánětlivý proces v prostoru mezi durou a těly obratlů. Infekce se může šířit na disky a těla obratlů (*discitis* a *spondylitis*), na druhé straně může být cesta infekce i směrem opačným (*myelitida*). V klinickém obrazu jsou přítomny celkové příznaky zánětu (teplota, leukocytóza), lokální zánětlivá reakce na kůži, postupně narůstající míšní symptomatologie.



**Obr. 8.97** MR – myelitida (herpetická myelitida). Intramedulárně jsou patrná ložiska zvýšeného signálu v T2W obraze (šipka).



**Obr. 8.98 a–c** MR – tuberkulózní spondylitida: léze obratlových těl Th1, Th2 a Th11 a Th12, gibus v horním úseku Th páteře

CT je málo senzitivní modalita, obvykle nepozorujeme patologické změny, někdy enhancement mening po aplikaci KL. MR v počátečním období „flegmóny“ zobrazí zánětlivou tkáň, více či méně expanzivně se chovající v epidurálním prostoru, později její kolikvaci, propagaci do okolních struktur, edém. Po aplikaci KL je přítomen enhancement.

**Discitida, spondylitida.** Často po operaci herniace disku (aseptická discitida) nebo po hematogenní diseminaci infekčního procesu bakteriální discitida. Při vyšetření MR je zvýšený signál disku v T2W obrazu, po aplikaci KL v T1W obrazu jeho enhancement (obr. 8.99). MR je nejvíce senzitivní modalitou při této diagnostice.

*V klinickém obrazu dominují lokální bolesti, celkové známky zánětu.*

**Revmatoidní artritida.** Zánětlivý proces postihující synoviální membránu, zánětlivá a zbytnělá synovie se nazývá panus. Častá lokalizace je v oblasti C1/2, kde může být příčinou subluxe, komprese míšní, může být postižena oblast sacroiliakálních kloubů, bederní páteř.

**Postiradiační myelopathie.** Je nepříliš častá komplikace radioterapie. Obvykle se objevuje s latencí několika měsíců po iradiaci, ale i 1, 2 roky od ozáření. Snad lze do této skupiny přiřadit i myelopatii paraneoplastickou, která má obdobný obraz klinický i při zobrazení, ale poněkud jinou etiologii. CT je modalita málo senzitivní u výše uvedeného postižení. MR zobrazí edém, později gliózu, atrofii (zvýšený signál v T2W obrazu).

**Cévní onemocnění míchy. Míšní infarkt** je velmi vzácný. Bývá spíše u starších jedinců při aterosklerotických změnách nebo u disekujícího aneuryzmatu aorty, někdy popisován jako



komplikace traumatu (pád na záda), zvýšený signál v T2W obrazu, diskrétně snížený v T1W obrazu, neenhancuje nebo jen diskrétně po aplikaci KL.

**A-V malformace míchy a páteře.** Jsou poměrně vzácné, jsou členěny do několika podskupin (dominantní modalita pro zobrazení je spinální AG, podezření vysloví MR). V oblasti míchy musíme vzít v úvahu, zvláště z hlediska diferenciální diagnostiky, u A-V malformace mnohdy pomalu progredující symptomatologie, která může být dramaticky zhoršena při krvácení z malformace. Při A-V malformaci pozorujeme v obrazu MR rozšířené, vinuté, červovité cévní struktury se „signálem void“ v oblasti míchy, intra- i extradurálně, mícha bývá spíše atrofická. Míšní kavernom má obraz jako při lokalizaci v mozku. CT je modalita málo senzitivní, DSA je „zlatým standardem“, ale je značně technicky náročná s nemalým, rizikem komplikací.



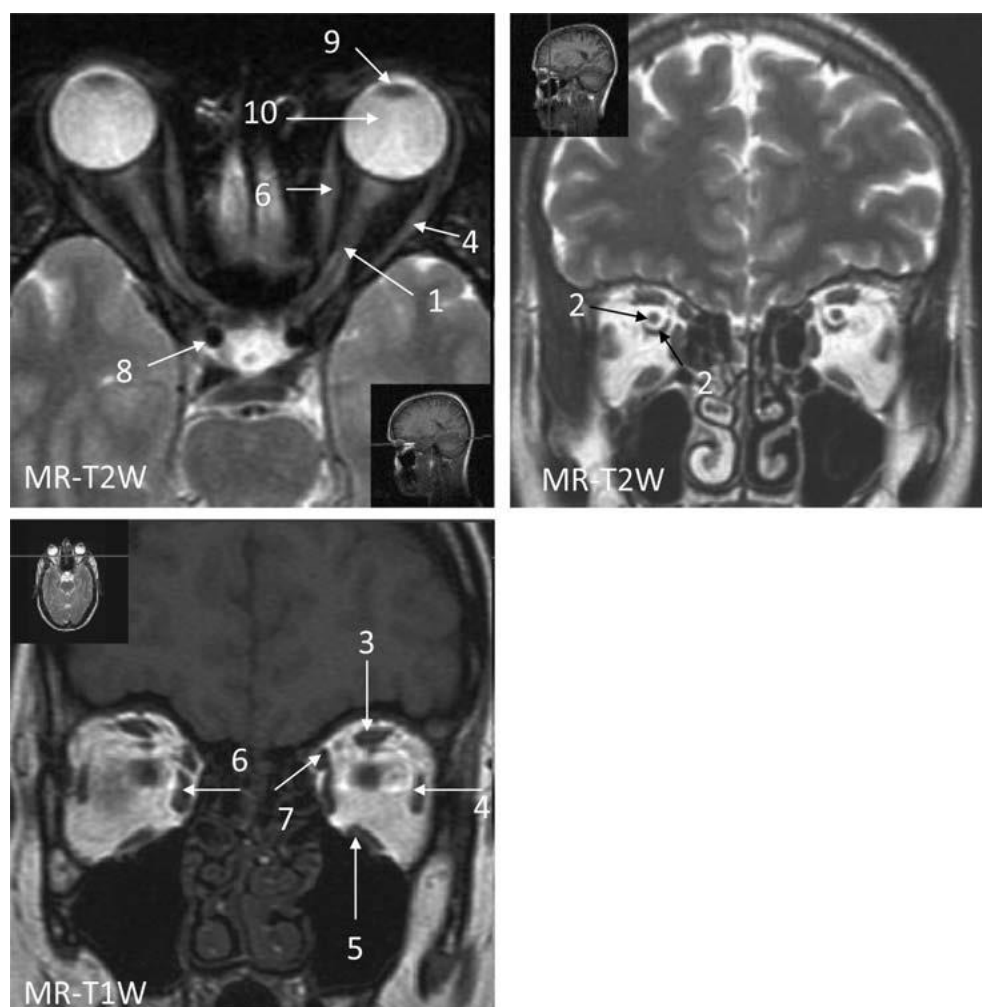
**Obr. 8.99** MR – discitida: zvýšený signál v T2W obrazu v oblasti disku L2/3 (šipka) kavernózní angiom (kavernom). Klinicky je různě intenzivně vyjádřená míšní symptomatologie,

## 9 Zobrazovací diagnostika orbity, očního bulbu, hlavy, krku, zobrazovací metody ve stomatologii

### 9.1 Zobrazovací diagnostika orbity a očního bulbu

Patologické léze lze z hlediska topické diagnostiky rozdělit na postižení orbity (intrakonálně a extrakonálně uložené), očního bulbu a optického nervu, i když jsme si vědomi, že v řadě případů patologické procesy mohou postihovat více anatomických struktur a navzájem se prolínat. Intrakonální prostor vytváří „konus“ ohraničený okohybnými svaly, mezi kterými probíhají septa (která tvoří hranici mezi extra- a intrakonálním prostorem). Ventrální je intrakonální prostor ohraničen očním bulbem, dorzálně apexem orbity. Intrakonálním prostorem společně prochází oční nerv, arterie i vény (obr. 9.1).

Nativní RTG zobrazí kanál *n. optikus* (normálně je široký 5 mm), vhodné je porovnat šíři v obou orbitách, zlomeninu v oblasti orbity, změny kostních struktur (fibrózní dysplazie).



**Obr. 9.1** Orbita, normální nález, 1 – *nervus opticus*, 2 – subarachnoideální prostor, 3 – *musculus rectus superior*, 4 – *m. rectus lateralis*, 5 – *m. rectus inferior*, 6 – *m. rectus medialis*, 7 – *m. obliques superior*, 8 – ACI, 9 – oční čočka, 10 – bulbus

CT zachytí optický nerv (vhodná orbitomeatální rovina řezu), CT je nejvíce senzitivní metoda při zobrazení kostních struktur, velmi citlivá pro detekci kalcifikací v patologickém procesu. Koronální a sagitální rekonstrukce jsou obvykle nezbytné.

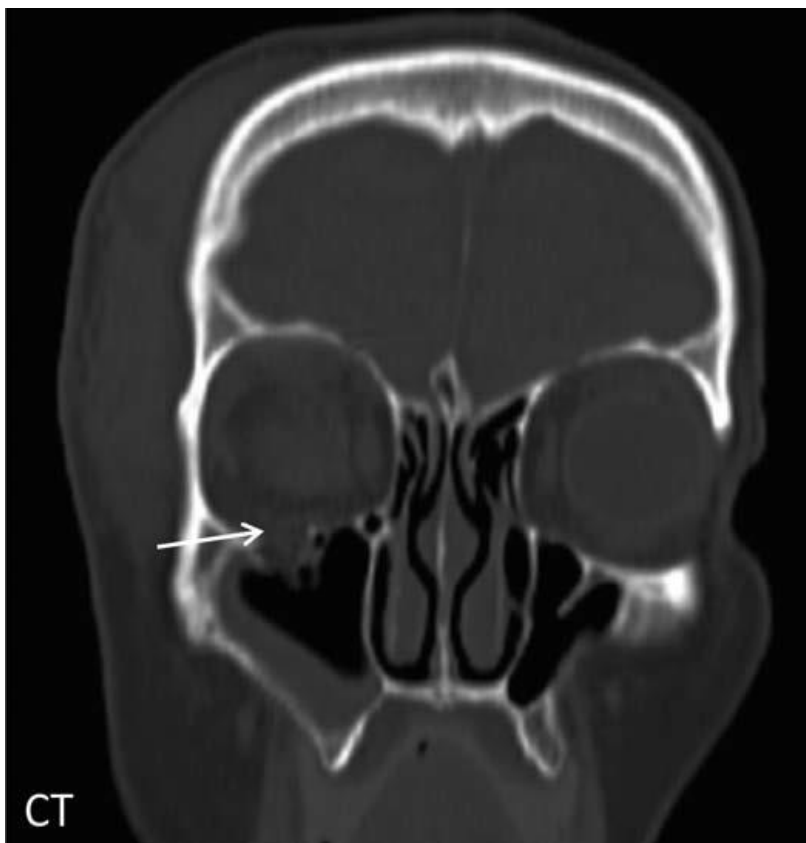
MR je modalitou, která v uvedené oblasti přináší nejvíce informací. Výhodou jsou sekvence s potlačením tuku, které eliminují vysoký signál v T1W i T2W obrazu v oblasti orbity. MR

obvykle nebývá užívána k diagnostice cizího tělesa v oku, vzhledem k riziku, že by se mohlo jednat o feromagnetický materiál.

### 9.1.1 Trauma orbity, očních struktur, přítomnost cizího tělesa

CT je oproti nativnímu RTG metoda daleko více senzitivní, prokáže kromě patologických změn kostních také poranění měkkých tkání (rupturu, poranění bulbu, dislokaci čočky, poranění očního nervu, přítomnost krve v obličejových dutinách, orbitě, přítomnost cizího tělesa ap.) (obr. 9.2).

**Zlomenina spodiny orbity.** Projevuje se bolestí v orbitě, exoftalmem, diplopií, při zobrazení je patrné porušení spodiny orbity někdy s propagací jejího obsahu do sinus maxillaris, často uskřínutí *m. rectus inferior*, eventuálně poranění očního nervu. Neobvyklé nejsou ani zlomeniny stropu orbity, laterální a mediální stěny, fraktura apexu orbity ohrožuje vždy zrakový nerv.



Obr. 9.2 CT – fraktura spodiny orbity (šipka)

### 9.1.2 Nádory očníce

**Kavernózní hemangiom:** poměrně častý, benigní, pomalu rostoucí vaskulární hamatom v orbitě, dobře ohraničený, výrazně enhancuje po aplikaci KL. *Klinická symptomatologie je nenápadná, pozorujeme exoftalmus, diplopii...* (obr. 9.3a – c).

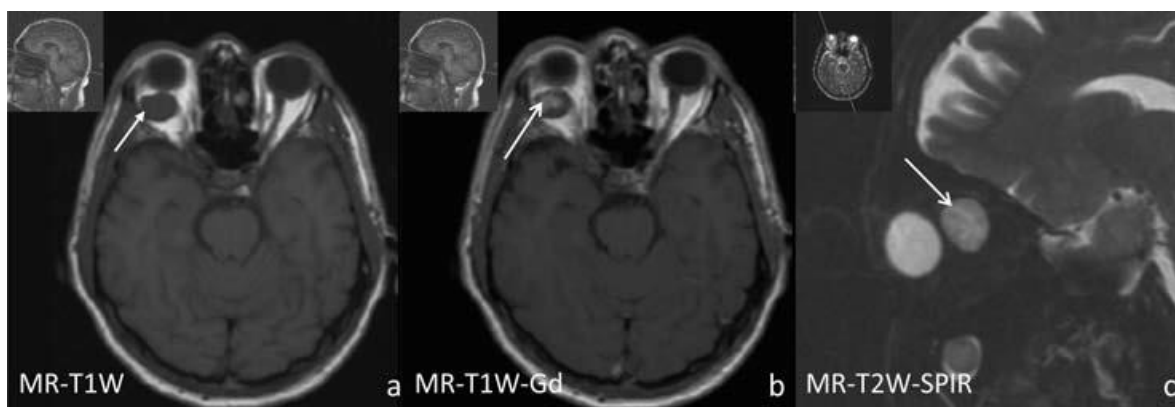
**Lymfom.** Obvykle se jedná o postižení non-hodgkinským typem lymfomu, může postihnout všechny struktury orbity (orbitální svaly, bulbus, slznou žlázu).

Při zobrazení je patrná měkkotkáňová, po aplikaci KL enhancující struktura. *Pozorujeme exoftalmus, poruchy vizu, bolest nebývá. Léčebný efekt je po kortikoidech, cytostaticích, iradiaci nebo kombinované terapii (obr. 9.4a – c).*

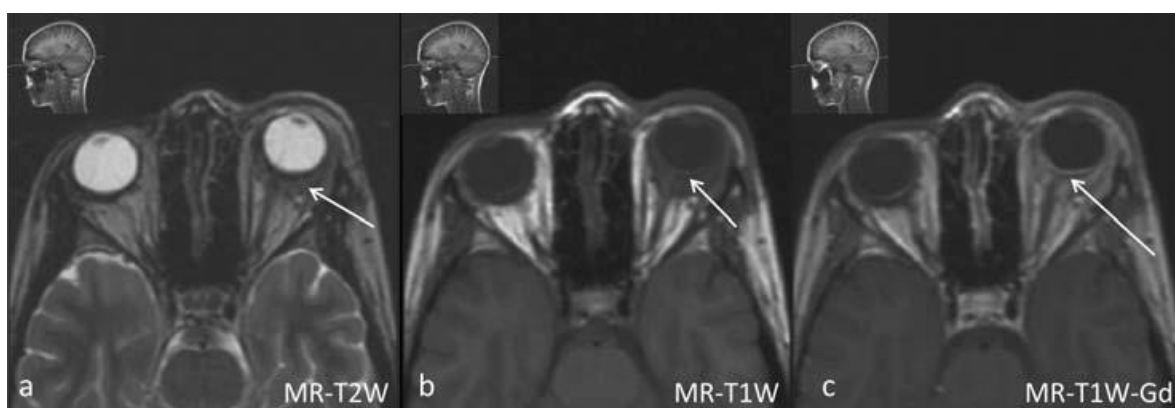
**Metastázy.** Relativně časté, u karcinomů plic, prsu (až ve 20 %). Postihují u dětí spíše orbitu, u dospělých bulbus (cévnatku), častá je lokalizace ve hrotu očnice. *Klinický obraz dle lokalizace a velikosti ložiska, často asymptomatické.*

V obrazu CT hyperdenzní ložisko oproti tuku, destrukce kostních struktur, na MR nápadně vysoký signál v T2W obrazu, iso-, hyposignální v T1W obrazu (signál obdobný svalů), enhancuje po aplikaci KL (obr. 9.5a,b).

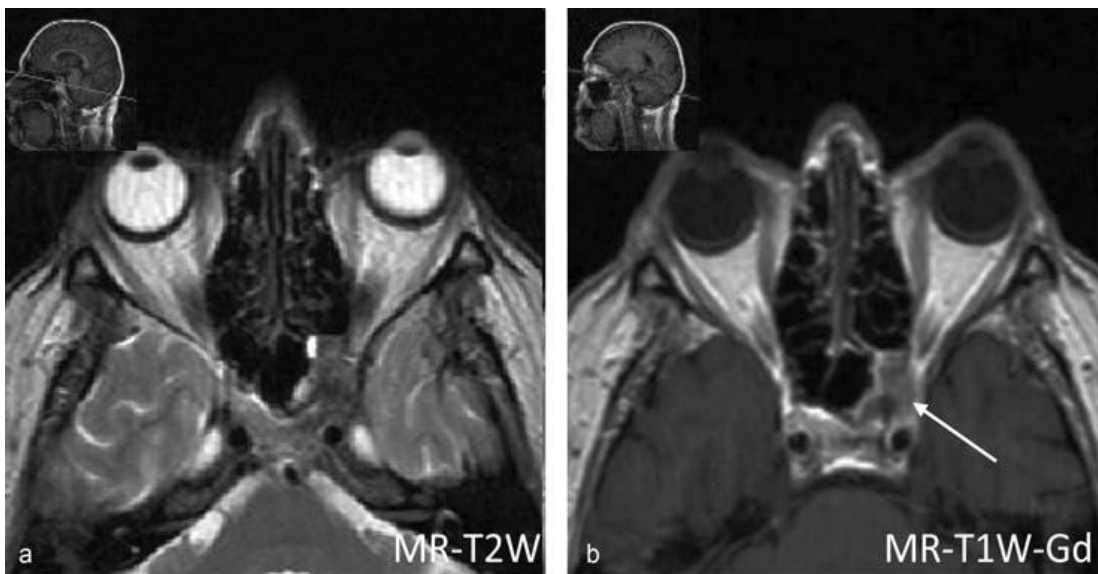
**Meningeom.** Vychází z křídla kosti klínové, se často propaguje do orbity, zobrazení v modalitě CT a MR jako u ostatních meningeomů (obr. 9.6).



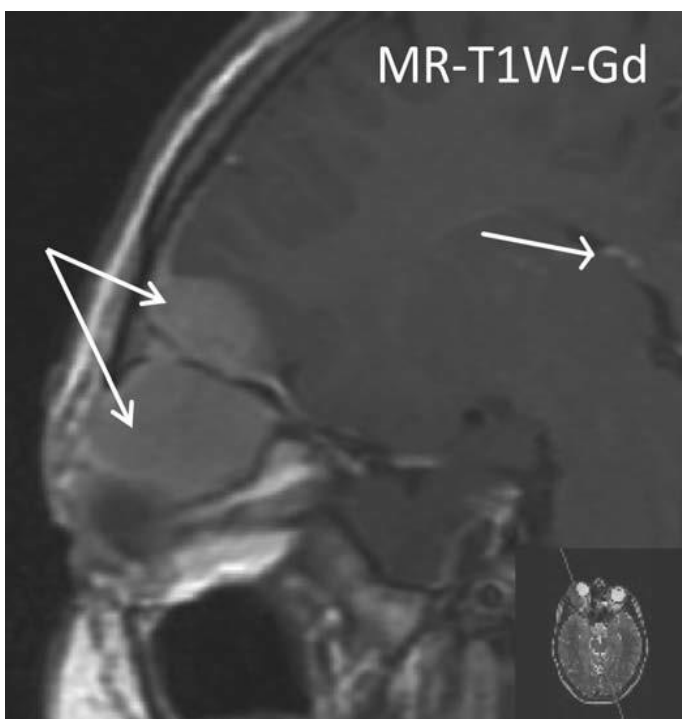
**Obr. 9.3a–c** MR – kavernózní hemangiom: hyposignální ložisko v T1W obrazu, hypersignální v T2W obrazu, enhancující po podání KL (šipka)



**Obr. 9.4a–c** MR – lymfom: infiltrace orbity lymfomem s infiltrací očního bulbu (šipka)



**Obr. 9.5a,b** MR – metastáza karcinomu plic. V oblasti hrotu orbity a kavernózního sinu je patrné patologické ložisko, enhancující po podání KL (šipka).



**Obr. 9.6** MR – meningeom přední jámy lební propagující se i do orbity (šipky)

### 9.1.3 Patologické procesy svalů orbity

**Patologické léze očních svalů.** Oční svaly mohou být postiženy řadou patologických procesů a diferenciální diagnostika z obrazu MR může být vyslovena jen s určitou pravděpodobností na základě některých příznaků (intenzita signálu, predilekční postižení některých svalů, jednostranná nebo oboustranná léze, postihne-li patologický proces pouze svalovou tkáň nebo i jeho vazivovou komponentu – úpon svalů).

**Endokrinní orbitopatie (myopatie).** Je poměrně častým obrazem, obvykle v rámci Gravesovy hypertyreózy, při zvýšené funkci i eufunkční žláze, častěji u nemocných ženského pohlaví. Dochází ke zbytnění orbitálních svalů, zároveň dochází ke zmnožení retrobulbárního tuku. *V klinickém obrazu pozorujeme exoftalmus, omezení pohybu bulbu, diplopii, zvýšené slzení, pocit písku v očích, bolest nebývá (na rozdíl od pseudotumoru).*

*Léčba nabízí kortikoidy, cytostatika, lokální léčbu, chirurgická dekomprese, retrobulbární iradiaci (obr. 9.7).*

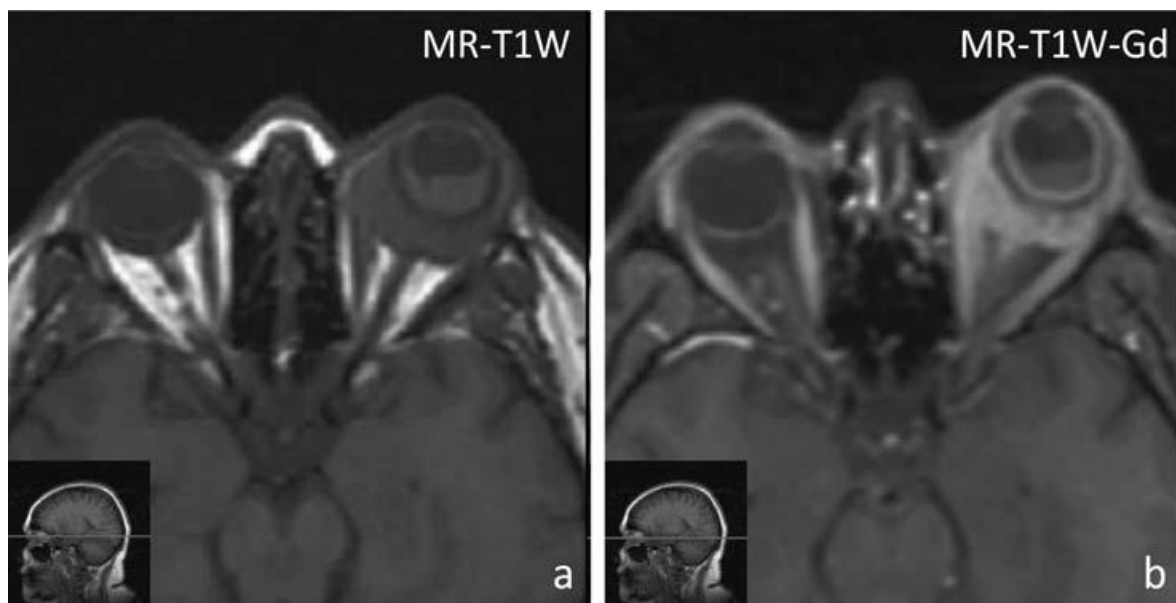
**Zánětlivý idiopatický pseudotumor očnice.** Poměrně častá klinická jednotka, obvykle jednostranná, ale oboustranné postižení není neobvyklé, příčina nejasná, postihuje kteroukoliv část očnice, typicky extraokulární svaly, slznou žlázu, ale i bulbus.

Pozorujeme patologickou strukturu enhancující po aplikaci KL.

*V klinickém obrazu pozorujeme bolest, omezení pohybu bulbu, exoftalmus, obvykle máme dobrý efekt po léčbě kortikoidy (pomůže v diferenciální diagnostice), ale není pravidlem. Mohou být recidivy, pomalá progrese (chronický průběh), léčba (cytostatika, radioterapie) (obr. 9.8a,b).*



**Obr. 9.7** MR – endokrinní orbitopatie: infí ltrace m. rectus inferior l.sin. (šipka)



**Obr. 9.8a,b** MR – zánětlivý pseudotumor: infiltrace skléry, cévnatky, slzné žlázy, svalů orbity. Nález je komplikovaný odchlípnutím sítnice.

#### 9.1.4 Oční bulbus

**Cizí těleso v bulbu.** Jelikož se často jedná o feromagnetický materiál, vyšetření MR je kontraindikováno. CT prokáže velikost a lokalizaci cizího tělesa, popřípadě přítomnost vzduchu v bulbu. Dřevo je hypodenzní v obrazu CT.

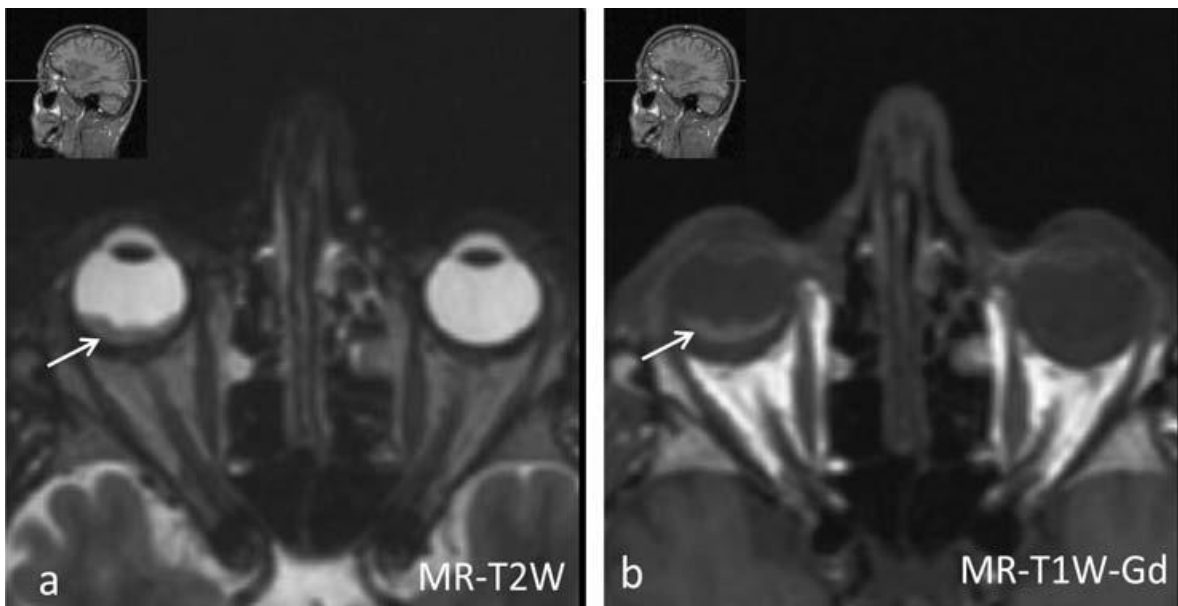
**Melanom.** Nádor postihující cévnatku v 80 %, řasnaté těleso, lokalizace v duhovce je velmi zřídka. Je relativně častým tumorem u starších jedinců, vzácný u dětí, převážně s jednostranným výskytem. Pozorujeme poruchu zraku, skotomy, bolest, sekundární glaukom, leukokorii (bílý reflex zornice, dilatovaná, nereagující zornice), pozdní diagnostika je příčinou špatné prognózy (obr. 9.9a,b).

**Odchlípnutí (detachment) sítnice, cévnatky.** Odchlípení sítnice je účelné rozdělit na odchlípení sítnice spojené s trhlinou a bez porušení její celistvosti. Odchlípení sítnice je častou komplikací diabetes mellitus, nádorů bulbu, po očních operacích, chronicky při skleritidě a uveitidě.

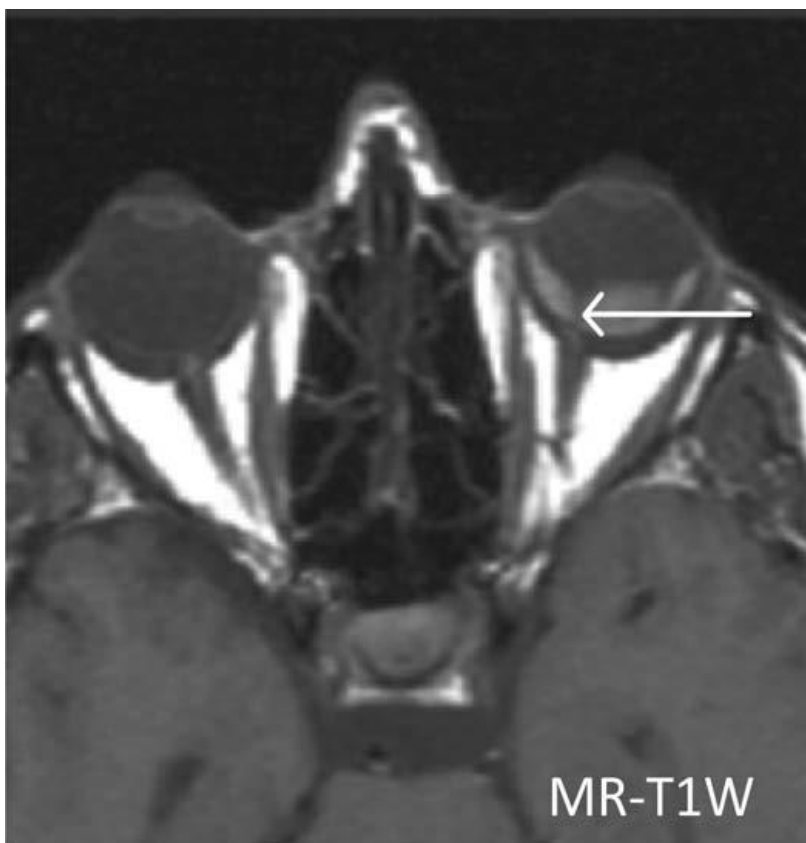
Odchlípnutí sítnice mívá tvar písmene **V** (obr. 9.10), cévnatky písmene **U** (obr. 9.11), lze odlišit oftalmoskopicky.

Lze říci, že odchlípení sítnice i cévnatky diagnostikuje vcelku snadno oční lékař na základě oftalmologického vyšetření. Úkolem zobrazovacích metod je zobrazit možnou příčinu, např. nádor oka.

**Retinoblastom.** Nejčastější nitrooční tumor u dětí. Patří mezi neuroektodermální nádory, je obvykle jednostranný, ale postižení obou bulbů není vzácné. Často obsahuje kalcifikace, přes malignitu nádoru prognóza při jednostranném postižení a včasné diagnostice je relativně dobrá (obr. 9.12).

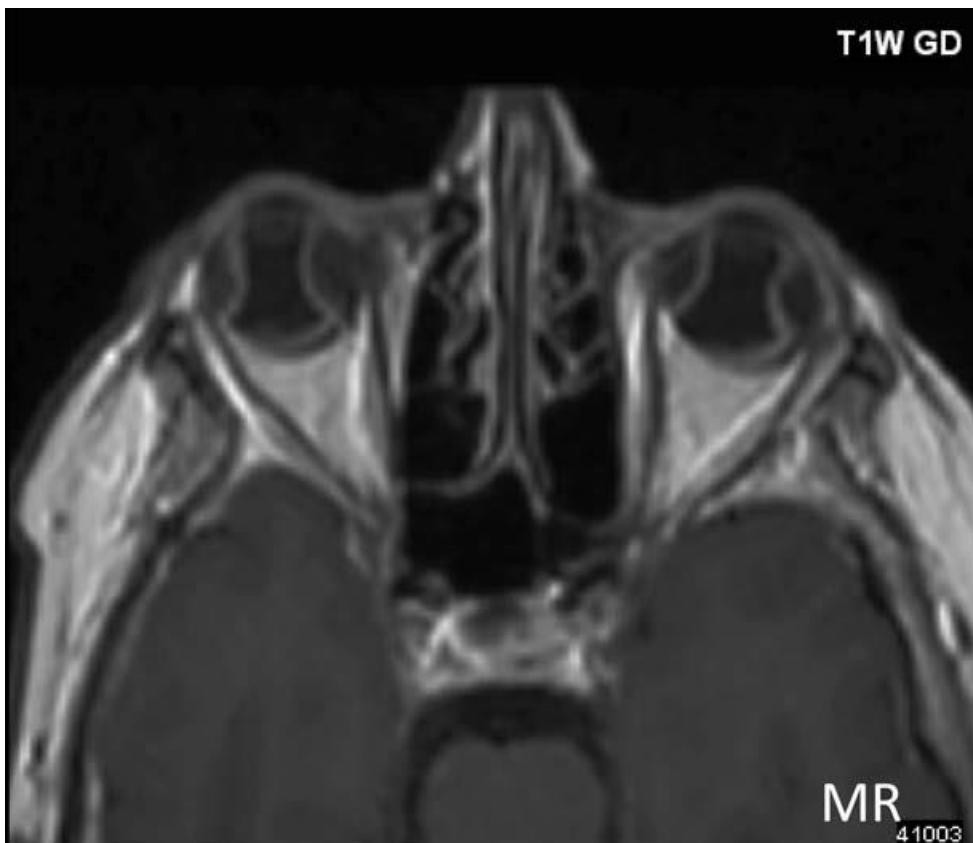


**Obr. 9.9a,b** MR – melanom cévnatky. Hyposignální ložisko v T2W obrazu, hypersignální v T1W obrazu, což odpovídá obsahu melaninu (šipka).



**Obr. 9.10** MR – odchlípnutí sítnice vlevo (šipka)





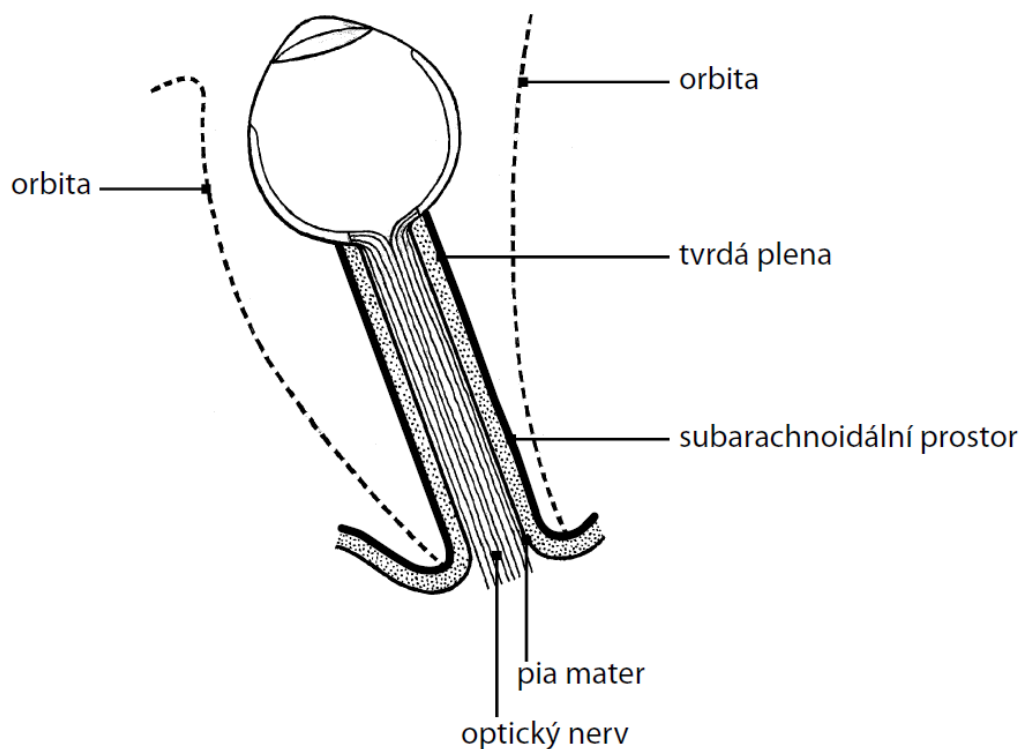
Obr. 9.11 MR – odchlípnutí cévnatky bilaterálně



Obr. 9.12 MR – retinoblastom: nitrooční nádor u dětí. Obsahuje kalcifikace (šipka).

### 9.1.5 Optický nerv

Úvodem bychom chtěli zdůraznit dvě anatomické skutečnosti, které vysvětlují některé patologické stavy postihující nerv. Optický nerv sledují až k očnímu bulbu mozkové pleny, takže nerv lemuje subarachnoidální prostor s likvorem. Dalším faktem je skutečnost, že na rozdíl od periferních nervů neobsahuje optický nerv Schwannovy buňky (obr. 9.13).

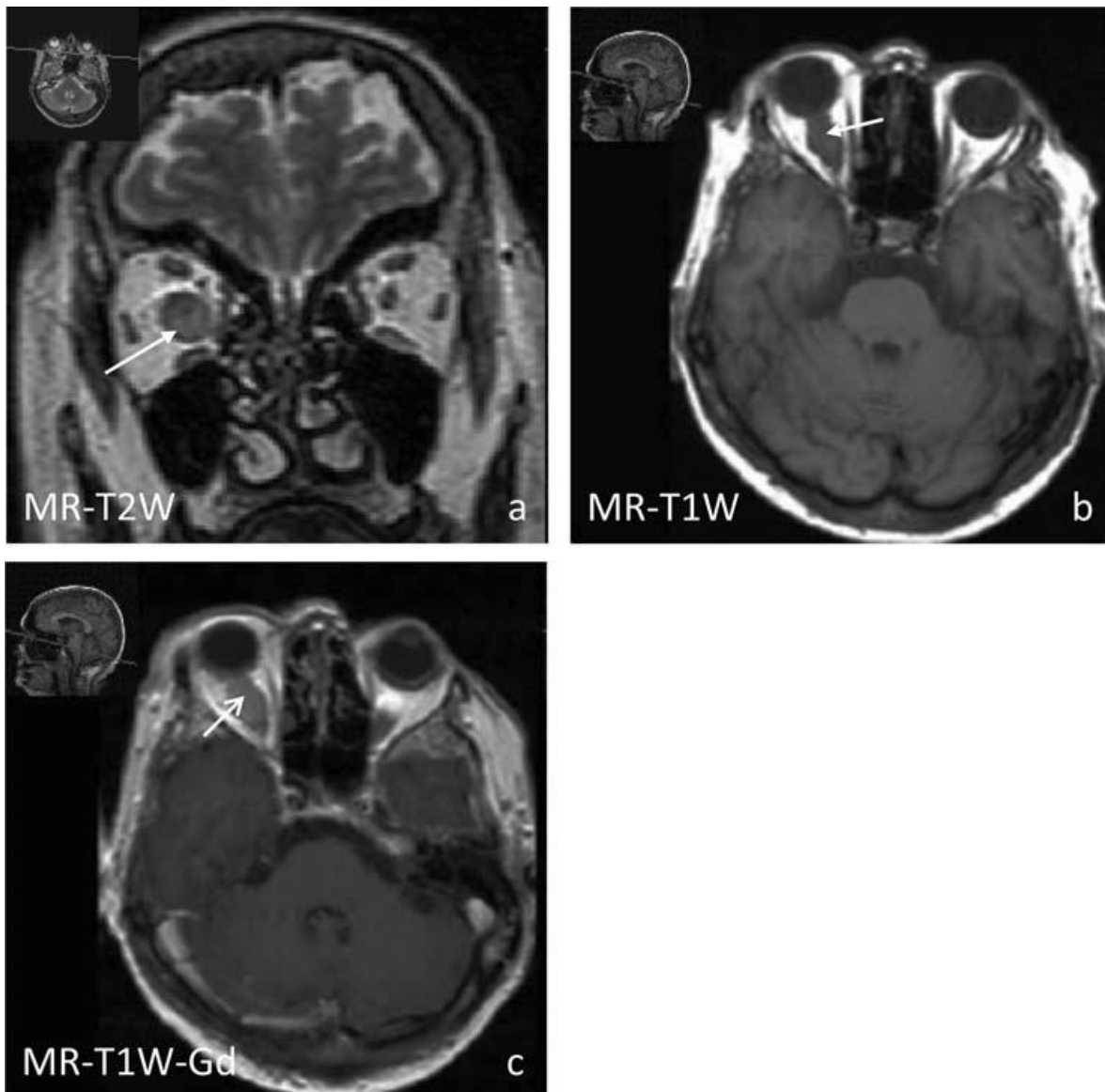


**Obr. 9.13** Schéma – orbita a oční bulbus

**Optická neuritida.** Příčinou může být mnoho patologických stavů, ale zcela dominantním onemocněním, které doprovází neuritida očního nervu, je roztroušená skleróza mozkomíšni. *V klinickém obrazu pozorujeme během hodin až dnů narůstající poruchu vizu s pomalou úpravou během několika týdnů (mohou zůstat různě těžká rezidua), bolest za okem zpravidla nechybí, zhoršuje se pohybem bulbu, léčbou jsou kortikoidy.* Postižený nerv má zvýšený signál v T2W obrazu.

**Gliom optiku.** Vyskytuje se v rámci neurofibromatózy typu I. Gliom se může propagovat z orbity zrakovým nervem přes optický kanál do chiasmatu a dále cestou zrakové dráhy. *Léčba není i přes benigní charakter nádoru žádná. Nemocný končí po letech ztrátou zraku nebo výrazným defektem vizu.* Nádor se projeví zvýšeným signálem při vyšetření MR v T2W obrazu, v obrazu T1W je izosignální, i když se jedná o benigní nádor enhancuje nehomogenně po aplikaci KL (obr. 9.14a–c).

**Meningeom.** Nádor vycházející z arachnoidálních buněk pochvy zrakového nervu není tumorem v orbitě častým, spíše se vyskytuje u dospělých nemocných ženského pohlaví (obr. 9.15).



**Obr. 9.14a–c** MR – gliom optiku. *N. opticus* je rozšířen, po podání kontrastní látky ložisko zvyšuje svůj signál (šipka, c).

### 9.1.6 Slzná žláza

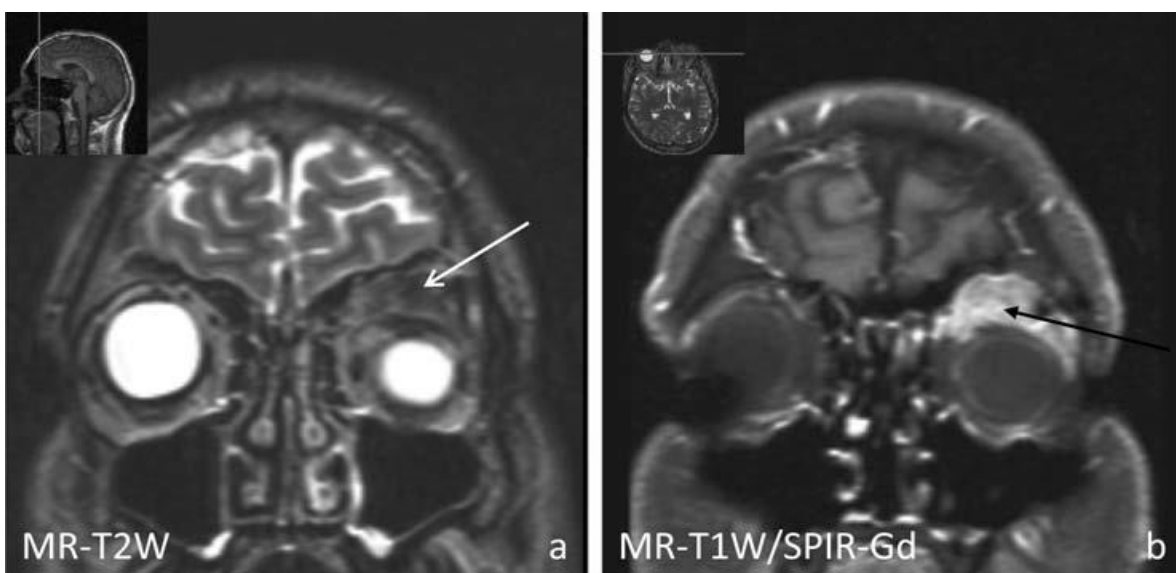
Slzná žláza je lokalizována v horním, zevní kvadrantu, mediálně konkávního tvaru (naléhá na bulbus). Při patologickém procesu je snadou rozlišit benigní od maligní léze, zvláště u epiteliálních nádorů (nejčastěji adenokarcinomu), z důvodů dalšího klinického vedení. Bez klinických údajů je diferenciální diagnostika velmi obtížná:

benigní léze „rostou“ roky, maligní mají naopak rychlou progresi, u zánětlivých lézí nechybí bolest.

V zobrazovacích modalitách při patologickém procesu je žláza zvětšená, u maligních lézí nepravidelně ohraničená, enhancuje po aplikaci KL (obr. 9.16a,b).



Obr. 9.15 MR – meningeom optického nervu: enhancující ložisko po podání KL (šipka)



Obr. 9.16a,b MR – karcinom slzné žlázy: patologická infiltrace slzné žlázy vlevo, tumor výrazně enhancuje po podání KL (šipka, b)

## 9.2 Nádory hlavy a krku

### 9.2.1 Rozdělení

Nádory hlavy a krku je termín užívaný pro heterogenní (různorodou) skupinu nádorů, jejichž původ je v ORL (ušní – nosní – krční) oblasti.

Nádory můžeme rozdělit podle toho, ze které anatomické oblasti ORL systému vycházejí:

- Nádory dutiny ústní (spodiny ústní, přední části jazyka, tvrdého patra, rtů, alveolárních výběžků, tvářové sliznice)
- Nádory orofaryngu = hltanu (kořene jazyka, měkkého patra, patrové mandle, patrových oblouků, zadní stěny hltanu)
- Nádory nazofaryngu = nosohltanu (stropu a zadní stěny nosohltanu, boční stěny nosohltanu, spodní stěny nosohltanu)
- Nádory laryngu = hrtanu (podle vztahu k hlasivkám – supraglotické, glotické, subglotické)
- Nádory hypofaryngu (postkrikoidní oblasti = přechodu hltanu v jícen, piriformního sinu, zadní stěny hypofaryngu)
- Nádory vedlejších dutin nosních, nádory dutiny nosní
- Nádory velkých a malých slinných žláz

### 9.2.2 Výskyt

Ročně je ve světě diagnostikováno více než půl milionu nových případů tohoto onemocnění, čímž se v četnosti výskytu řadí na páté místo mezi zhoubnými nádory.

Naproti tomu v České republice patří mezi nádory méně časté, nepřekračující 5 % z celkového počtu zhoubných nádorů. Nejčastěji jsou hlášeny nádory hrtanu a hltanu.

Riziko vzniku stoupá s věkem, většina nádorů je zachycena po 50. roce věku.

U mužů je výskyt častější než u žen.

Nejčastěji se vyskytujícím zhoubným nádorem v oblasti hlavy a krku je spino5 celulární (= epidermoidní) karcinom. Méně často jsou pak zastoupeny jiné typy karcinomů, sarkomy, lymfomy, maligní melanom a další.

### 9.2.3 Rizikové faktory

Předpokládá se, že 80–90 % karcinomů je spojeno s chronickým užíváním tabáku (včetně žvýkacího), u mnohých pacientů v kombinaci s nadužíváním alkoholu.

Zplodiny z tabákového kouře a alkohol poškozují slizniční buňky. Vznikají tak mnohočetné abnormality, které mohou být zdrojem budoucího zhoubného bujení. Riziko vzniku zhoubných nádorů stoupá rovněž u chronických kuřáků marihuany.

Na vzniku nádorů se dále podílejí některé typy virů (lidské papilomaviry u karcinomu orofaryngu, Epstein-Barrův virus u karcinomu nazofaryngu). K dalším rizikovým faktorům patří ultrafialové záření (karcinom rtu), ionizující záření (karcinomy slinných žláz), dlouhodobý pobyt v prašném prostředí (karcinom vedlejších dutin nosních), chronické mechanické dráždění sliznic (karcinom dutiny ústní a orofaryngu).

### 9.2.4 Příznaky onemocnění

Onemocnění se manifestuje různými příznaky v závislosti na tom, z jaké anatomické oblasti nádor vyrůstá.

- Bolestivé nebo ztížené polykání, pocit cizího tělesa v krku, nehojící se vřidek v dutině ústní.
- Nově vzniklý chrapot nebo změna zabarvení hlasu, kašel trvající déle než dva týdny, ztížené dýchání, vykašlávání krve.

- Postupně se zvětšující, většinou nebolestivá rezistence (bulka) zevně na krku.
- Bolesti v uchu, přetrvávající výtok nebo krvácení z ucha, krvácení z nosu, oční poruchy, bolesti a uvolňování zubů.

Žádný z těchto příznaků sám o sobě nepotvrzuje diagnózu zhoubného nádoru. V případě, že se výše popsané příznaky vyskytnou, je vhodné navštívit lékaře, aby takové podezření vyloučil a určil jeho pravou příčinu.

### 9.2.5 Diagnostické postupy

Základním vyšetřovacím postupem je podrobné vyšetření ORL specialistou, jehož součástí bývá endoskopické vyšetření (prohlédnutí dutin ORL systému optickou soustavou). V případě podezřelé léze je odebrán vzorek k podrobnému histologickému přešetření (tzv. biopsie). Tak získáme přehled o mikroskopické struktuře nádoru. Rozsah nádoru a jeho vztah k okolním strukturám upřesní vyšetření počítačovou tomografií (CT) nebo magnetickou rezonancí (MRI). V posledních letech se k upřesnění rozsahu nádorového onemocnění začíná užívat rovněž pozitronová emisní tomografie (PET), tedy vyšetření, které pomocí radiofarmak dokáže zobrazit metabolickou aktivitu vyšetřovaných tkání. Ke zhodnocení stavu zvětšených uzlin může sloužit i sonografické (ultrazvukové) vyšetření krku, které může být spojeno s punkční biopsií k odebrání vzorku z podezřelých krčních uzlin.

Zhoubné nádory hlavy a krku se šíří především lokálně a regionálně, tedy v oblasti odkud vyrůstají, a v krčních uzlinách, kam se druhotně šíří – metastazují. Metastázy do vzdálených orgánů vznikají spíše u pokročilých forem onemocnění. Místem, které je vzdálenými metastázami ohroženo nejčastěji, jsou plíce. Proto by i vyšetření plic (pomocí RTG snímku, případně pomocí CT) mělo být součástí vstupních vyšetření před zahájením léčby. U některých pacientů může lékař v závislosti na konkrétním onemocnění doporučit některé další diagnostické postupy. Rozsah nádoru je popisován tzv. TNM klasifikací, kde symbol T (= tumor) hodnotí rozsah nádoru, N (= nodus) stupeň postižení krčních uzlin a M (= metastázy) přítomnost či nepřítomnost metastáz. Každému z trojice písmen je přiřazený číselný index, s jehož stoupající hodnotou stoupá i závažnost onemocnění. Klinická klasifikace TNM (cTNM) je založena na nálezech získaných vyšetřeními před zahájením léčby. U pacientů, kteří podstoupili operační výkon, je tato klinická klasifikace doplněna o klasifikaci patologickou (pTNM), která je určena nálezem při chirurgickém výkonu a podrobným histologickým zhodnocením operačního preparátu.

Po stanovení kategorií T, N, a M a/nebo pT, pN a pM je možno nádory rozdělit do čtyř klinických stadií. Zařazení do klinického stadia je podstatné pro volbu a hodnocení následné léčby. Se stoupajícím klinickým stadiem nádoru obecně klesají vyhlídky na jeho vyléčitelnost.

### 9.2.6 Léčba

Základním cílem léčby je dosažení co nejlepší kontroly nad nádorovým onemocněním při zachování co nejlepší kvality života. V léčbě jsou uplatňovány všechny základní onkologické modalitty (způsoby léčby), tedy chirurgie, radioterapie a systémová léčba (chemoterapie, cílená biologická léčba). Zvolená léčba by měla respektovat jak aktuální stav vědění o dané problematice (tzv. medicína založená na důkazech), tak individuální situaci a přání každého nemocného. Následující léčebné postupy se týkají především karcinomu hlavy a krku. Ostatní menšinou zastoupené typy nádorů jsou léčeny podle specifických léčebných protokolů, jejichž podrobný popis přesahuje rámec této publikace.

## Léčba časného karcinomu hlavy a krku

U časného karcinomu hlavy a krku (omezeného rozsahu, bez metastáz do krčních uzlin) dosahujeme velmi dobrých výsledků užitím jedné léčebné modalit – buď samotným chirurgickým výkonem, nebo samostatnou radioterapií. Obě metody zaručují u počátečních stadií vysokou efektivitu a ve většině případů uspokojivou následnou kvalitu života. Míra kurability (vyléčitelnosti) u nádorů I. a II. klinického stadia přesahuje 80 %. Volba léčebného postupu u časného karcinomu hlavy a krku záleží na umístění nádoru, jeho rozsahu, histologickém typu, předpokládaných funkčních důsledcích, zvyklostech a možnostech pracoviště a rovněž na pacientových preferencích.

## Léčba lokálně a regionálně pokročilého karcinomu hlavy a krku

U pokročilých nádorů léčba vyžaduje kombinaci více léčebných postupů (multimodální přístup). Míra kurability (vyléčitelnosti) u pokročilých stadií je nízká a pětileté celkové přežití u karcinomů III. a IV. klinického stadia nepřesahuje 30 %. Léčba může být zahájena chirurgickým výkonem, jehož úkolem je radikální odstranění nádoru s dostatečným lemem zdravé tkáně spolu s odstraněním postižených nebo rizikových krčních uzlin. U pokročilých nádorů nebo nádorů, u kterých histologické vyšetření ukáže některé nepříznivé charakteristiky, je chirurgický výkon následován pooperačním ozařováním. Ozařování by mělo být zahájeno do 6 týdnů od provedení operačního výkonu. U rozsáhlých nádorů je provedení chirurgického výkonu obtížné jak pro problematickou radikalitu (úplné odstranění nádoru s dostatečným lemem zdravé tkáně), tak pro těžké následné funkční a estetické důsledky. Alternativním léčebným přístupem je primární kurativní radioterapie, kdy je léčba zahájena ozařováním vysokou dávkou a případný chirurgický výkon zůstává rezervovaný až pro případ jejího neúspěchu. Volba léčebného postupu opět závisí na umístění nádoru, jeho rozsahu a vztahu k okolním zdravým strukturám, histologickém typu nádoru, předpokládaných funkčních důsledcích jednotlivých způsobů léčby, zvyklostech, vybavenosti a dostupnosti pracovišť, celkovém stavu pacienta a jeho preferencích.

Chirurgický výkon je upřednostňován u nádorů příušních žláz a nádorů vedlejších dutin nosních. U nádorů nosohltanu má naopak hlavní úlohu radioterapie většinou v kombinaci s chemoterapií. Ozařování je rovněž metodou volby u pacientů v horším klinickém stavu nebo s vážnými průvodními onemocněními. Radioterapie je prováděna většinou jako tzv. zevní radioterapie (teleradioterapie) na přístrojích, které jsou zdrojem ionizujícího záření (lineární urychlovače). Většinou využívá kombinaci více fotonových ozařovacích polí se stíněním nádorem nepostižených oblastí. Vlastní léčbě předchází plánovací proces, jehož úlohou je vypracování takového ozařovacího plánu, který by umožnil dodání maximální dávky záření do oblasti nádoru a zároveň minimální dávky záření do okolních zdravých tkání. Některé nové technologie ozařování (IMRT = radioterapie s modulovanou intenzitou svazků, IGRT = radioterapie řízená obrazem) dokážou tuto úlohu naplnit lépe než konvenční radioterapie.

Pacientova hlava je v průběhu ozařování zpevněna maskou z termoplastického materiálu, která brání jejím nechtěným pohybům. Celková doba ozařování je u kurativní léčby (tedy u léčby, která má potenciálně vyléčit nádorové onemocnění) kolem 6–8 týdnů, ale může být i jiná při užití odlišné frakcionace záření (= rozložení ozařovací dávky v čase). U paliativní radioterapie (tedy u léčby, která nádor trvale vyléčit nedokáže, ale může na určitou dobu zabránit jeho dalšímu růstu) bývá délka léčby kratší a většinou nepřekračuje období 5 týdnů.

Na některých pracovištích může být ozařování prováděno i ve formě tzv. vnitřního ozařování (brachyradioterapie). Jedná se o techniku, při které zdroj záření zavádíme do bezprostřední

blízkosti nádoru. Do nádorového ložiska jsou zdroje záření přivedeny prostřednictvím dutých nosičů, zavedených na operačním sále. Léčba může být prováděna buď jako samostatná, nebo v kombinaci se zevním ozařováním.

### Léčba metastazujícího karcinomu hlavy a krku

U pacientů se vzdálenými metastázami je základní léčbou paliativní chemoterapie, tedy léčba, která metastazující nádor sice již trvale nevyлéčí, ale dokáže navodit zpomalení jeho postupu, případně odstranit některé zatěžující příznaky, vyvolané jeho přítomností. Do budoucna můžeme u této skupiny nádorů očekávat vyšší uplatnění cílené biologické léčby.

### Intenzifikované léčebné postupy

S cílem zlepšit výsledky samotné radioterapie jsou do léčby zaváděny některé intenzivní léčebné postupy. U nádorů hlavy a krku může být ozařování kombinováno s chemoterapií, kdy obě léčebné modalities jsou podávány zároveň – v průběhu ozařovacího cyklu (konkomitantní radiochemoterapie). Chemoterapie může být rovněž podávána před ozařováním (tzv. neoadjuvantní chemoterapie) nebo po jeho ukončení (tzv. adjuvantní chemoterapie). Konkomitantní radiochemoterapie zvyšuje účinnost jak radioterapie u neoperovaných pacientů, tak radioterapie pooperační. Konkomitantní radiochemoterapie je také alternativním přístupem u pacientů s pokročilými nádory laryngu a hypofaryngu, kde by případný chirurgický výkon zahrnoval úplné odstranění hrtanu (tzv. totální laryngektomie) s nutností trvalého zabezpečení dýchacích cest tracheostomickou kanylou (tzv. permanentní tracheostomie). Dalším intenzifikovaným léčebným postupem je tzv. alterovaně frakcionovaná radioterapie (např. ozařování vícekrát za den nebo ozařování jednotlivými vyššími dávkami záření).

V posledních letech začíná pronikat do léčby nádorů hlavy a krku tzv. cílená biologická léčba. Jedná se o podávání látek, které ovlivňují dráhy přenosu signálů z vnějšího prostředí buňkou. Kombinace radioterapie s blokátorem receptoru pro epidermální růstový faktor, který se ve zvýšeném množství vyskytuje na povrchu nádorových buněk karcinomu hlavy a krku – cetuximabem, prokázala vyšší protinádorovou aktivitu a prodloužení přežití oproti radioterapii samotné. Intenzifikované léčebné postupy na straně jedné zesilují účinnost záření, na straně druhé zesilují jeho nežádoucí účinky.

Vzhledem ke komplexnosti léčby nádorů hlavy a krku se na řešení jejich problematiky podílí celý multidisciplinární tým složený z chirurgů – otorinolaryngologů, radiačních a klinických onkologů, ale i dalších specialistů (plastických chirurgů, patologů, radiodiagnostiků, nutričních specialistů, stomatologů, foniatrů, psychologů, rehabilitačních a sociálních pracovníků).

### 9.3 Zobrazovací diagnostika v stomatologii

**Klasický přístroj RTG** ve většině zubních ordinací je stále využíván v běžné klinické praxi. RTG trubice má délku 7 cm, průměr 3 cm, je uložena v hlavě přístroje. Ve výstupním okénku je umístěn hliníkový filtr, který absorbuje měkké záření, na okénku je upevněn kuželovitý tubus, jehož osa je střední paprsek, parametry snímkování jsou pevně nastaveny, užívaná doba expozice 0,01–3,2 s.

Používáme bezfóliové filmy, ale tendencí je záznam snímku na digitálním senzoru.

Pacient si prstem fixuje film na vnitřní straně čelisti (lingvální nebo palatinální straně). Samotný zub má homogenní, sytý stín s centrálním projasněním (dřeňová dutina a



kořenovým kanálkem), mezi kořenem zubu a alveolárním lůžkem je projasnění – periodontální štěrbina.

**Ortopantomograf** (rotační tomograf) při jednom vyšetření můžeme zobrazit horní i dolní čelist včetně všech zubů, temporomandibulární klouby a částečně i sinus maxillaris. Centrální paprsek rentgenky se pohybuje elipsovitě za hlavou pacienta a simuluje tvar mandibuly, synchronně s ním (opačně proti směru rentgenky) před tváří nemocného se otáčí kazeta s filmem. Expozice trvá asi 15 s, některé přístroje přerušují ve střední rovině záření na dobu, kdy by byla ozařována krční mícha (obr. 9.17). Stomatologie pochopitelně při podezření na patologický proces hlavy (dutiny, čelisti.) využívá CT a MR, MR je senzitivní modalita při zobrazení temporomandibulárního kloubu.



**Obr. 9.17** Ortopantomografie – panoramatický snímek horní a dolní čelisti

## 10 Zobrazovací diagnostika srdce a cév

Radiodiagnostické metody užívané k zobrazení srdce a cév dělíme na **neinvazivní** (US, CT, MR) a **invazivní** (angiografie). V diagnostickém algoritmu se většinou snažíme postupovat od metod jednodušších a neinvazivních k metodám složitějším a invazivním.

Neinvazivní metody jako CT a MR zaznamenávají v posledních letech velký rozvoj, lepšuje se kvalita jejich zobrazení a v řadě indikací postupně nahrazují dříve standardně prováděné intervenční angiografické vyšetření.

### 10.1 Zobrazení cév

#### 10.1.1 Neinvazivní metody

**Duplexní ultrasonografie** za použití dopplerovské techniky je nejběžnější neinvazivní zobrazovací metodou cévních struktur. Dopplerovská technika využívá principu tzv. Dopplerova efektu.

Duplexní ultrasonografie kombinuje hodnocení rychlosti krevního proudu dopplerovskou technikou s dvourozměrným zobrazením cév v real time B mode zobrazení.

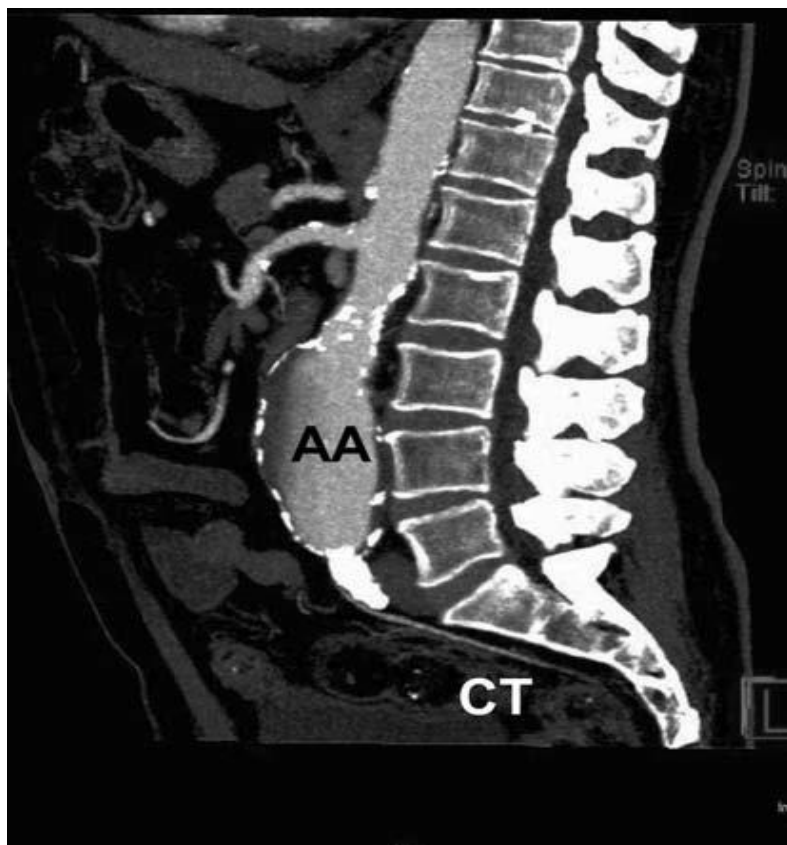
Arteriální stenózy vedou ke zvýšení rychlosti proudu na straně stenózy a ke vzniku turbulencí za stenózou.

### CT angiografie

Zobrazení cévních struktur na CT získalo na významu s objevem multidektorového CT, neboť pro kvalitní zobrazení cév je nezbytné nejméně 16 řad detektorů, dostatečná rychlost rotace rentgenky (okolo 0,5 s) a malá tloušťka vrstvy (menší než 0,75 mm). Při CT angiografii je pacientovi intravenózně aplikována kontrastní látka (množství kontrastní látky závisí na tělesné hmotnosti pacienta, může dosahovat až 140 ml, resp. 1 ml/kg hmotnosti vyšetřovaného, rychlost aplikace se pohybuje zpravidla okolo 3 ml/s). Ze získaných dat jsou poté vytvářeny postprocesingově dvou – až třídimenzní obrazy, tzv. rekonstrukce, které radiolog analyzuje. Dvoudimenzní (2D) rekonstrukce zobrazují cévy ve stupních šedi, základem jsou tzv. multiplanární rekonstrukce (MPR), při nichž lze zobrazit cévu v jakémkoliv úhlu pohledu a průřezu a posoudit i stěnu tepny a jejího okolí (obr. 10.1). Tzv. MIP rekonstrukce (maximal intensity projection) zvýrazňují kontrastní cévní náplň při potlačení okolní tkáně. Volume rendering technique (VRT) rekonstrukce vytvářejí plastické barevné obrazy lumina cév, nevýhodou je sumace s vápníkem ve stěně u ateroskleroticky změněných cév a sumace s okolními kostěnými strukturami (obr. 10.2).

Do CT angiografie (CTA) patří zobrazení aorty a jejích větví, které odstupují jak z aortálního oblouku, tak i tepny odstupující z břišní aorty, tedy renální tepny, splachnické tepny, široké uplatnění má i končetinová angiografie a zobrazení věnčitých tepen srdce. Mnoho informací získáme při CTA plicnice.

**CTA aorty** má největší přínos při diagnostice aneuryzmat, CTA posoudí průměr lumina, šíří nasedajícího trombu, délku aneuryzmatu a jeho typ, umožní dále přesná měření, která jsou nutná pro ošetření aneuryzmatu implantací stentgraftu. Při disekujícím aneuryzmatu lze zobrazit pravé a falešné lumen, zasahování disekce do větví aorty a rovněž stav prokrvení orgánů. Při ruptuře aneuryzmatu CTA zobrazí místo extravazace a rozsah hematomu.



**Obr. 10.1** CT angiografie břišní aorty – sagitální řez, multiplanární rekonstrukce AA – aneuryzma abdominální aorty



**Obr. 10.2** CT angiografie břišní aorty – sagitální řez, VRT rekonstrukce; aneuryzma abdominální aorty ošetřené stentgraftem

**CTA splachnických cév** může odhalit stenózy truncus coelicus či arteria mesenterica superior nebo inferior. Tyto stenózy mohou způsobovat bolesti břicha, vázané na příjem potravy, tzv. abdominální angínu. CTA renálních tepen se provádí jak u pacientů s podezřením na aterosklerotické stenózy, tak i u mladých jedinců, kde hlavní příčinou zúžení bývá fi bromuskulární hyperplazie.

**CTA dolních končetin** bývá prováděna u pacientů, kteří mají oboustranně uzavřeno pánevní tepenné řečiště nebo dokonce břišní aortu a u nichž tedy nelze provést DSA, (některá pracoviště preferují MRA). Tepny dolních končetin lze při CTA zpravidla dobře posoudit do poloviny lýtek, periferněji již tepny nebývají dobře hodnotitelné pro malou šíři lumen a časté kalcifi kace v aterosklerotických plátech (kalcifi kátyv rekonstruovaném obrazu „splývají“ s kontrastní náplní lumina tepny).

**CTA věnčitých tepen a aortokoronárních bypassů** se provádí v synchronizaci s EKG křivkou. Často se nejprve nativně vyšetří tzv. kalciové skóre (CAS). CAS vyjadřuje množství vápníku v aterosklerotických plátech koronárních tepen, hodnoty CAS menší než 10 odpovídají minimálnímu poškození koronárního řečiště, hodnoty nad 400 odpovídají naopak závažným kalcifi kacím v koronárních tepnách. V případě vysokých hodnot CAS nemá smysl provádění dalšího kontrastního CT vyšetření, tedy CT koronarografie, protože obdobně jako u zmiňovaného tepenného řečiště béců by kalcifi kace v ateromových plátech bránily posouzení kontrastní náplně lumina věnčitých tepen. Provádí se rovnou klasická koronarografie. Význam stanovení CAS je ve vyhledávání asymptomatických jedinců s vysokým rizikem kardiovaskulárního onemocnění.

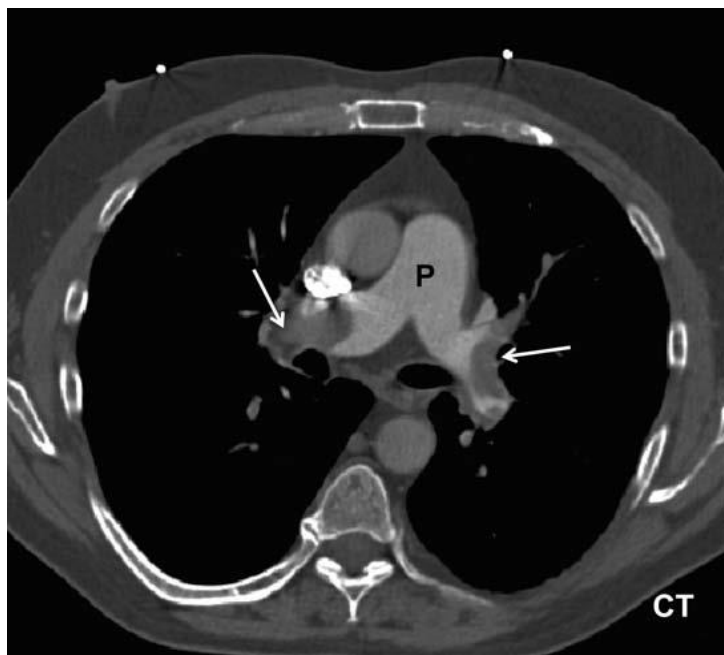
Při CTA věnčitých tepen, tedy CT koronarografii, posuzujeme průchodnost, eventuálně stupeň stenózy tepen i aortokoronárních bypassů, složení sklerotického plátu, nasedající trombózu. CTA se v této indikaci provádí hlavně u pacientů, kde předpokládáme spíše malý patologický nález na koronárním řečišti (hodnota negativní predikce je až 99 %). U pacientů s akutním infarktem myokardu se CTA neprovádí, tyto pacienti jsou odesíláni rovnou k intervenčnímu zákroku – angiografii koronárního řečiště (koronarografii), kdy je kromě zobrazení stenózy možné rovnou provést terapeutická zákrok, dilataci cévy implantací stentu.

Častou indikací je CTA plicní tepny při podezření na **plicní embolii**, CTA má u těchto pacientů vysokou senzitivitu i specificitu. Trombemboly se zobrazují jako hypodenzní defekty v kontrastní náplni větví plicnice (obr. 10.3 a 10.4).

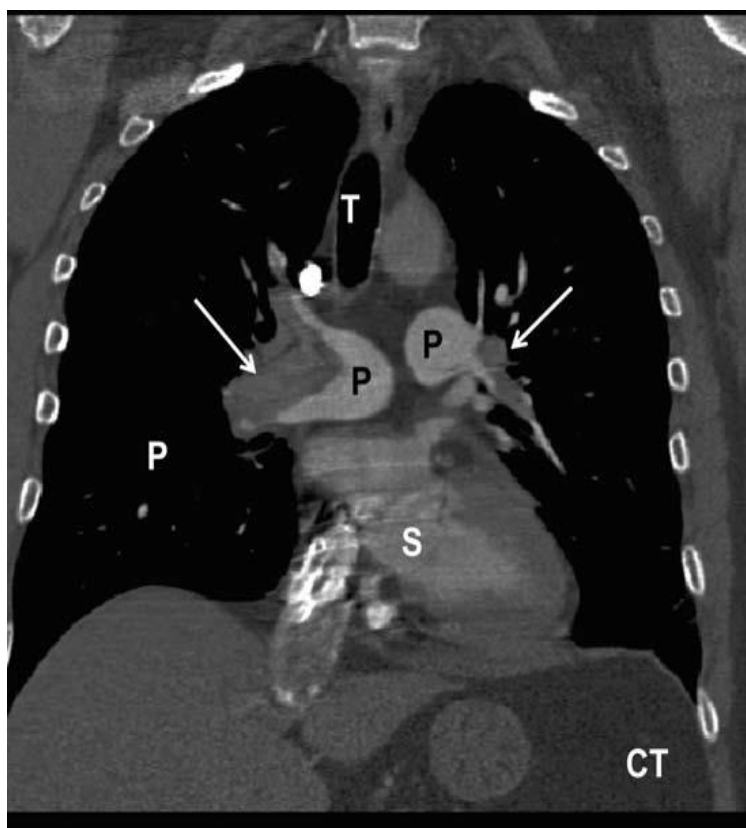
### 10.1.2 Invazivní metody

**Angiografie** znamená zobrazení cév. Pojmem **arteriografie** tedy označujeme pouze zobrazení tepen, **fl ebografie** oproti tomu označuje zobrazení žil.

Při angiografii používáme jodové kontrastní látky. Maximální množství aplikované jodové kontrastní látky u pacientů s normální funkcí ledvin bývá udáváno 4 ml kontrastní látky na 1 kg tělesné hmotnosti. Větší obezřetnosti musíme dbát u nemocných s poškozením ledvin, kteří jsou aplikací jodové kontrastní látky ohrožení prohloubením nefropatie až vznikem renálního selhání. Proto u nich pečlivě dodržujeme povolené množství kontrastní látky, které stanovíme výpočtem. Množství k.l. je přímo úměrné váze pacienta a nepřímo úměrné hodnotě sérového kreatininu.



**Obr. 10.3** CT angiografie plicní tepny – transverzální řez; masivní oboustranná plicní embolie, hypodenzní defekty v náplni větví plicní tepny (P) odpovídají trombembolům (šipky)



**Obr. 10.4** CT angiografie plicní tepny – koronární řez (stejný pacient jako na obrázku 10.3) S – srdce, P – plicní tepna. Vzácně používanou alternativou může být u pacientů s renálním selháním nebo těžkou alergií na jodovou k.l.) užití oxidu uhličitého, který je dodáván ve speciálních bombách. Vstřikování bezbarvého plynu do cévního systému ovšem vyžaduje

přesné dodržování pravidel vedoucích k zabránění kontaminace obsahu stříkačky vzduchem (riziko vzniku vzduchové embolie). Angiografie oxidem uhličitým se tedy provádí jen zřídka a pouze na některých pracovištích.

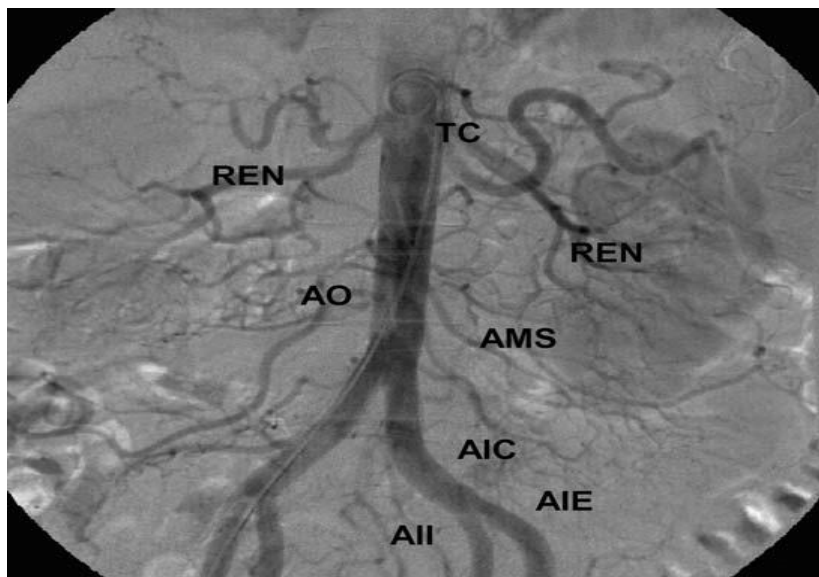
Před angiografií je nutné znát koagulační parametry pacienta. Hlavními laboratorními vyšetřeními jsou:

- Quickův čas, synonyma INR, protrombinový čas – angiografii lze provádět obvykle do jeho hodnoty 1,3,
- APTT (aktivovaný parciální tromboplastinový čas) – hodnotí funkci vnitřní společné cesty koagulační kaskády,
- počet krevních destiček.

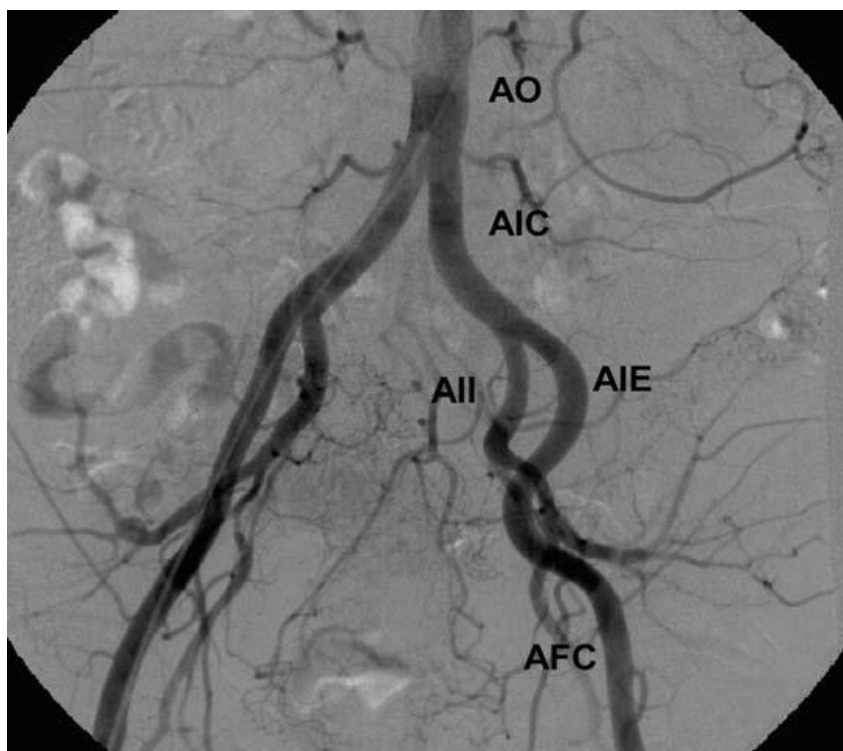
Při **přímé angiografii** dochází k aplikaci kontrastní látky přímo do cévy, jejíž povodí chceme zobrazit (obr. 10.5, 10.6 a 10.7). Prováděla se *přímá karotická angiografie* či *přímá translumbální bederní aortografie*. Tato metoda přinášela řadu komplikací, hlavně díky nemožnosti dobře kontrolovat místo vpichu, po vytažení jehly z lumina břišní aorty musel vždy vzniknout větší či menší paravazát do retroperitonea. V současné době je přímá angiografie užívána hlavně pro fl ebografií končetinových žil. Metody přímé angiografie byly totiž jinak prakticky opuštěny se vznikem

**Seldingerovy metody** (v roce 1953).

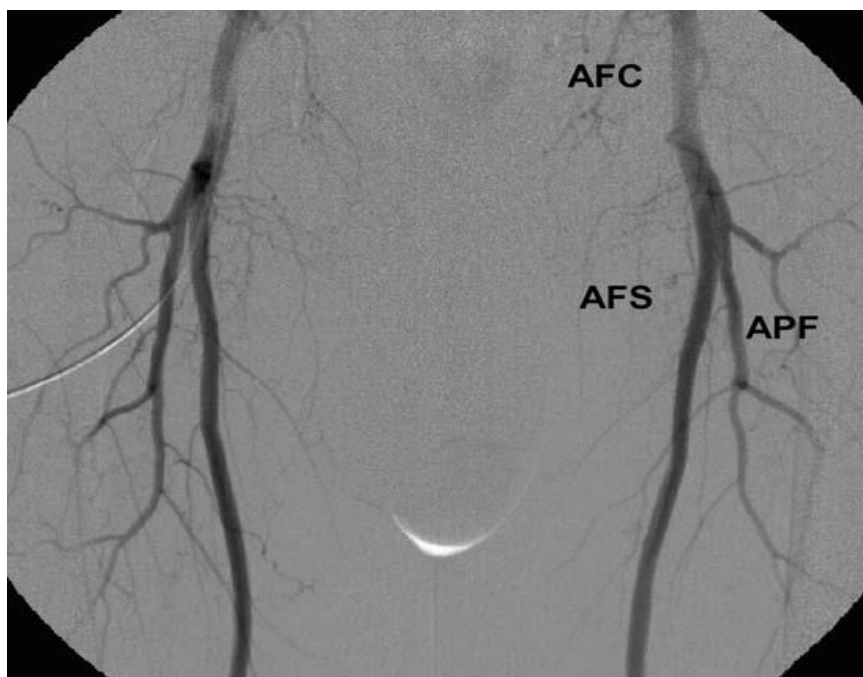
*Princip Seldingerovy metody je následující: Jako místo vpichu pro zobrazení tepen nejčastěji volíme a. femoralis communis pod tříselným vazem. Tepna je dobře hmatná (orientujeme se podle maximálních pulzací pod tříselným vazem). Po aplikaci lokálního anestetika do podkoží provedeme punkci tenkostěnnou jehlou (18 gauge), přičemž se snažíme punktovat pouze přední stěnu tepny. Při správném vpichu začne z jehly pulzatilně vystříkovat krev. Poté do jehly zavedeme krátký vodič (velikosti např. 0,035 inch) a po vodiči vytáhneme jehlu. Dále pak po ponechaném krátkém vodiči zavedeme do tepny tzv. sheath, tedy zavaděč, který je zakončený chlopní, průchodnou pouze ve směru do cévy. Chlopeň na konci zavaděče tak brání úniku krve vně. Zavaděč má i postranní otvor, který umožňuje jeho proplachování. Přes chlopeň pak do sheathu zavedeme delší vodič (podle typu vyšetření dosahující například z třísla až do odstupů mozkových tepen) a po vodiči nasoukáme zvolený typ cévky (katétru). Katétr neboli cévky používané při angiografii jsou různě tvarované trubičky, vyrobené z polyetyleny, polyvinylů, polyuretanu, teflonu či jiných materiálů. Katétr musí být šetrný vůči intimě cévní stěny, ale zároveň pevný, jeho zevní i vnitřní povrch musí být antitrombogenní. Katétr se musí dobře posunovat po vodiči na místo určení, měl by také být dobře viditelný na obrazovce. Důležitou vlastností katétru je jeho tvarová paměť, což znamená, že po vytažení vodiče (kterým se původně zahnutý konec katétru napřímil) se katétr, resp. jeho konec vrací do původního (zahnutého) tvaru. V současné době existuje nepřeberné množství nejrůznějších katétrů, které se liší délkou, průměrem, stavbou stěny či úpravou jejich tvaru. Pro vstřík do aorty je nejběžnějším typem katétru tzv. pigtail. Jak z názvu vyplývá, připomíná svým tvarem stočený prasečí ocásek – terminální konec katétru je totiž svinutý do kroužku. Po skončení výkonu vytáhneme z tepny zavaděč a komprimujeme společnou femorální tepnu nad vpichem po dobu 15–20 minut.*



**Obr. 10.5** DSA abdominální aorty; AO – aorta, TC – truncus coeliacus, REN – a. renalis, AMS – a. mesenterica superior, AIC – a. iliaca communis, AIE – a. iliaca externa, AII – a. iliaca interna



**Obr. 10.6** DSA pánevního řečiště; AO – aorta, AIC – a. iliaca communis, AIE – a. iliaca externa, AII – a. iliaca interna, AFC – a. femoralis communis



**Obr. 10.7** DSA tepen stehna; AFC – a. femoralis communis, AFS – a. femoralis superficialis, APF – a. profunda femoris

Alternativou vpichu v třísele (například při aterosklerotickém uzávěru tepenného řečiště v pánvi či třísele) je punkce a. axillaris v úrovni krčku pažní kosti.

#### **Komplikace v místě punkce:**

- hematom,
- pseudoaneuryzma (při nedostatečné kompresi tepny, klinicky se projeví jako pulzující rezistence v místě punkce, diagnostikujeme jej dopplerovskou ultrasonografií),
- arteriovenózní píštěl v místě vpichu.

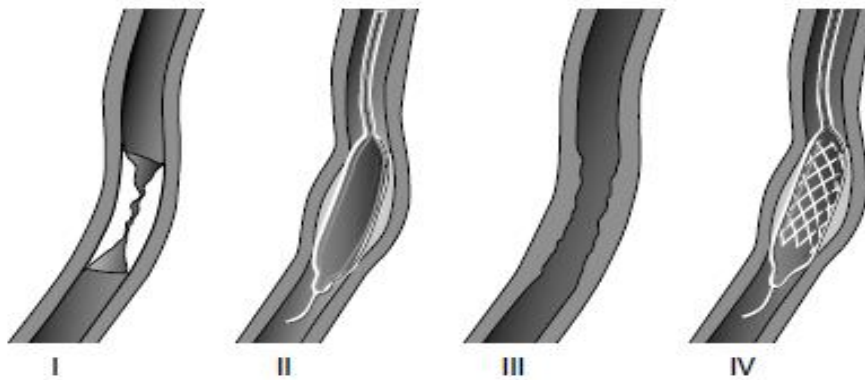
Přístrojové vybavení pro angiografii zahrnuje angiografický stůl, C rameno, tlakovou stříkačku, zesilovač RTG obrazu a televizní monitory. Rentgenový obraz je převeden do digitální podoby (pixely organizované do matice 1024 × 1024 jednotek na ose x a y). Nejprve vzniká tzv. maska, tedy rentgenový snímek bez kontrastní náplně cév. Tato maska je pak odečítána (subtrahována) od každého následujícího snímku, pořízeného od začátku vstříku kontrastní látky do cév. Na diagnostické zobrazení cév může při angiografii navazovat výkon terapeutický.

Při průkazu významného zúžení lumina lze provést perkutánní transluminální angioplastiku (PTA). Principem PTA je dilatace zúženého cévního lumina balónkovými katétry (obr. 10.8, 10.9, 10.10, 10.11 a 10.12). Balónkový katétr se pod RTG kontrolou přes vodič zavádí do místa zúžení, kde je insuflován kontrastní látkou na tlak několika atmosfér, tím dojde k mechanickému roztažení zúženého lumina tepny (stlačením aterosklerotických plátů). Při PTA tedy nedochází k mechanickému odstranění aterosklerotických hmot, jak se často domnívá laická veřejnost. Při nedostatečném efektu PTA můžeme přistoupit k implantaci stentu do místa zúžení. Stenty mají podobu drátěných dutých trubiček, jejich stěna je zesíťovaná. Stenty dělíme na samoexpandibilní a balonexpandibilní. napovídá – samovolně rozvinou, většinou je však nutná jejich následná jednorázová dilatace balónkovým katétrelem na požadovaný průsvit. Balonexpandibilní stenty jsou již výrobcem nasazeny na balónkovém katétru a při

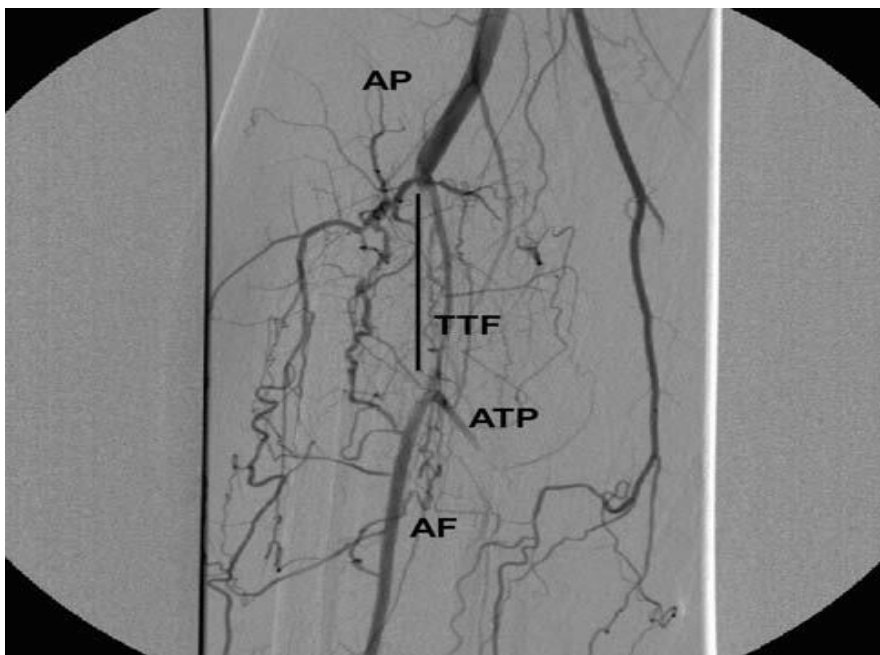


insuflaci balónku se roztáhnou, po deflaci (sfouknutí) balónku katétru pak zůstanou roztaženy v místě stenózy.

Stenty výrazně prodlužují průchodnost některých zúžených tepen, např. pánevních či renálních. V bérce však dlouhodobá průchodnost stentů není příliš dobrá.



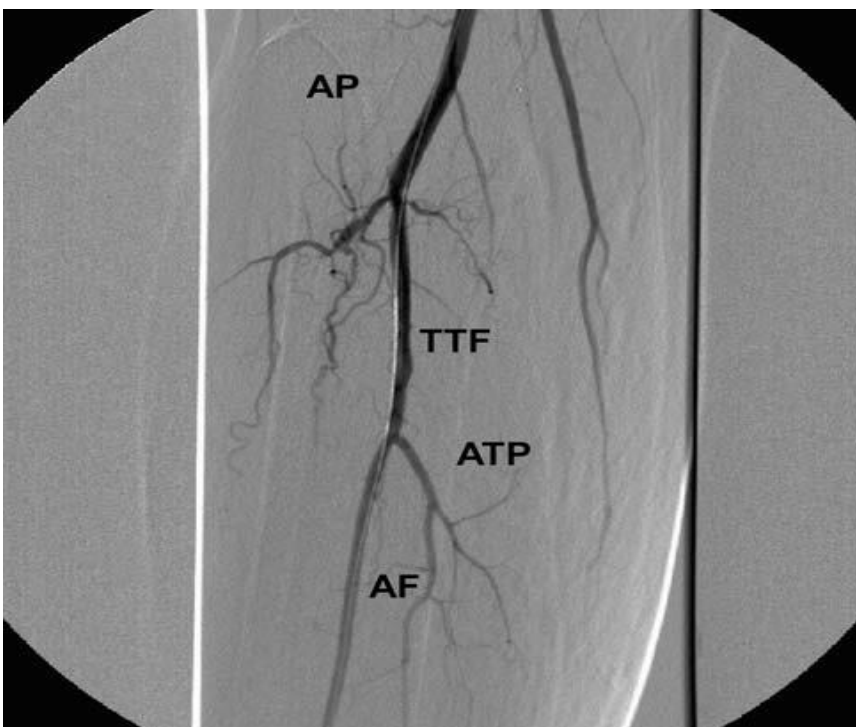
**Obr. 10.8** Tepenná stenóza a možnosti ošetření: stenóza (I), dilatace stenózy balónkovým katétre (PTA) (II), výsledek dilatace (III), implantace balonexpandibilního stentu – obraz po insuflaci balónku, a tím rozvinutí stentu v místě stenózy (IV)



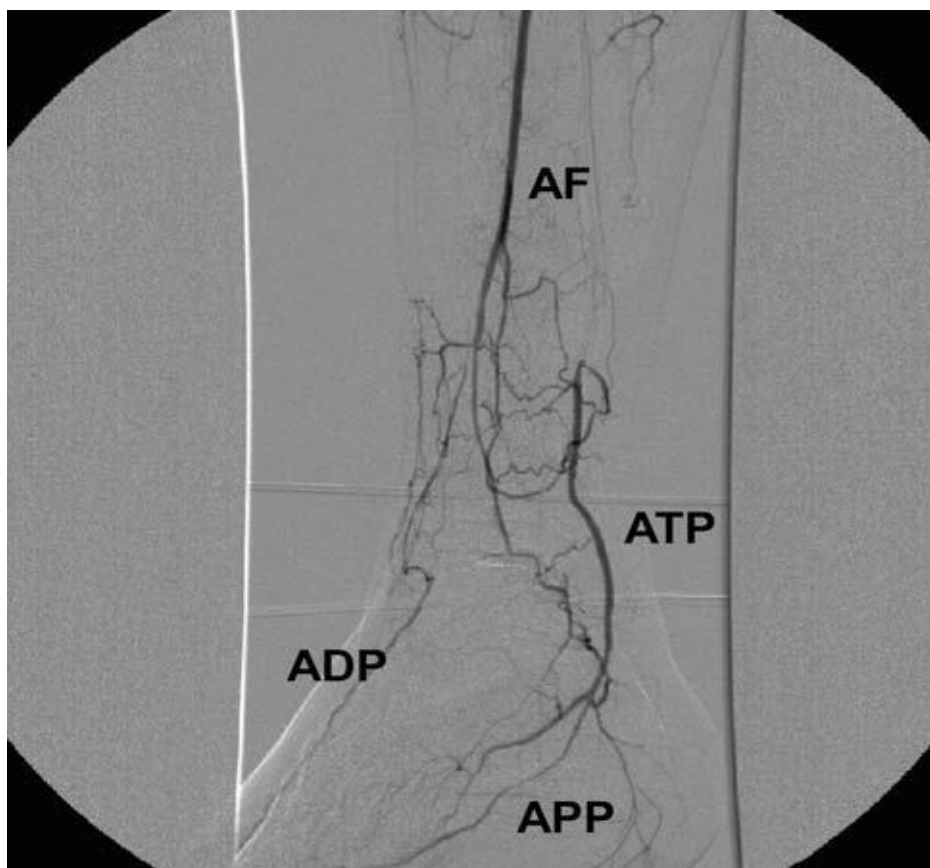
**Obr. 10.9** DSA tepen pravého podkolenní a bérce – uzávěr truncus tibiofibularis (TTF) AP – a. poplitea, ATP – a. tibialis posterior, AF – a. fibularis



**Obr. 10.10** DSA tepen pravého podkolenní a bérce – uzávěr truncus tibiofi bularis, balónkový katétr (BK) v místě uzávěru V – vodič zavedený dále do periferie a. fi bularis



**Obr. 10.11** Výsledek DSA se zprůchodněním uzávěru truncus tibiofi bularis (stejný pacient jako na obrázcích 9 a 10)



**Obr. 10.12** DSA distálního bérce a nohy vpravo. Plní se pouze segment a. tibialis posterior (ATP), z níž pokračuje na nohu tenká a. plantaris pedis (APP). A. dorsalis pedis (ADP) je rovněž tenká a plní se přes kolaterálu z a. fi bularis (AF). A. tibialis anterior je uzavřena.

**Flebografie** patří do kategorie přímých angiografi í. Zavádíme při ní kanylu nejčastěji do povrchové žíly na periferii vyšetřované končetiny. Kontrastní látku vstříkujeme přímo kanylou do žilního systému a sledujeme (zároveň i snímkuje) náplň povrchových a hlubokých žil. Posuzujeme průchodnost hlubokého i povrchového žilního systému, známky eventuální trombózy, přítomnost kolaterál. Flebografie byla již z velké části nahrazena dopplerovskou ultrasonografi í.

## 10.2 Zobrazení srdce

Na **prostém rentgenovém snímku** je možné jen velmi omezeně posoudit velikost srdce a jeho jednotlivých oddílů.

Tzv. **torakokardiální index** je poměr šíře srdečního stínu vůči příčnému průměru hrudníku, srdeční stín považujeme za rozšířený, pokud je index větší než 50 %. Pravá kontura srdečního stínu je tvořena laterálním okrajem pravé síně, levá kontura srdečního stínu pak ouškem levé síně a levou komorou. Za normálních okolností se pravá komora na obrysu srdečního stínu nepodílí. U celé řady kardiopatií ovšem na přehledném snímku hrudníku zobrazujeme normálně široký srdeční stín, a to hlavně je – li současně hrudník ve všech směrech dilatován (např. cor pulmonale chronicum při plicním emfyzému). Spolu s velikostí a tvarem srdečního stínu musíme vždy posuzovat i náplň cév malého oběhu.

V současné době nejrozšířenější zobrazovací metodou srdce je **echokardiografie**, která je doménou internistů – kardiologů. Echokardiografie je ultrasonografické vyšetření srdce, které provádí kardiolog z interkostálního přístupu, výhodou je možnost jeho provedení i u lůžka nemocného. Echokardiografií lze posoudit velikost a funkci srdečních oddílů, jejich kinetiku, stav a funkci chlopní, pomocí dopplerovského jevu je možné zhodnotit rychlosti průtoku krve.

Dalšími metodami, kterými lze zobrazit srdce, jsou CT a MR. Tyto metody jsou již opět v rukou radiologů. Podmínkou **CT vyšetření srdce** je synchronizace skenování s EKG křivkou. CT srdce bývá přínosné u vyšetření věnitých tepen (o **CT koronarografii** byla zmínka v předchozí části), dále pak u srdečních vad, tumorů srdce, zobrazení levé síně se zaměřením na vústění plicních žil se provádí u pacientů před radiofrekvenční ablací sinoatriálního uzlu.

Vyšetřit srdce lze i **magnetickou rezonancí**. První MR srdce bylo sice provedeno již před 25 lety, u nás se však MR stává běžnější metodou v kardiologickém zobrazování teprve v posledních letech. Stejně jako při CT i zde je nutná synchronizace s EKG.

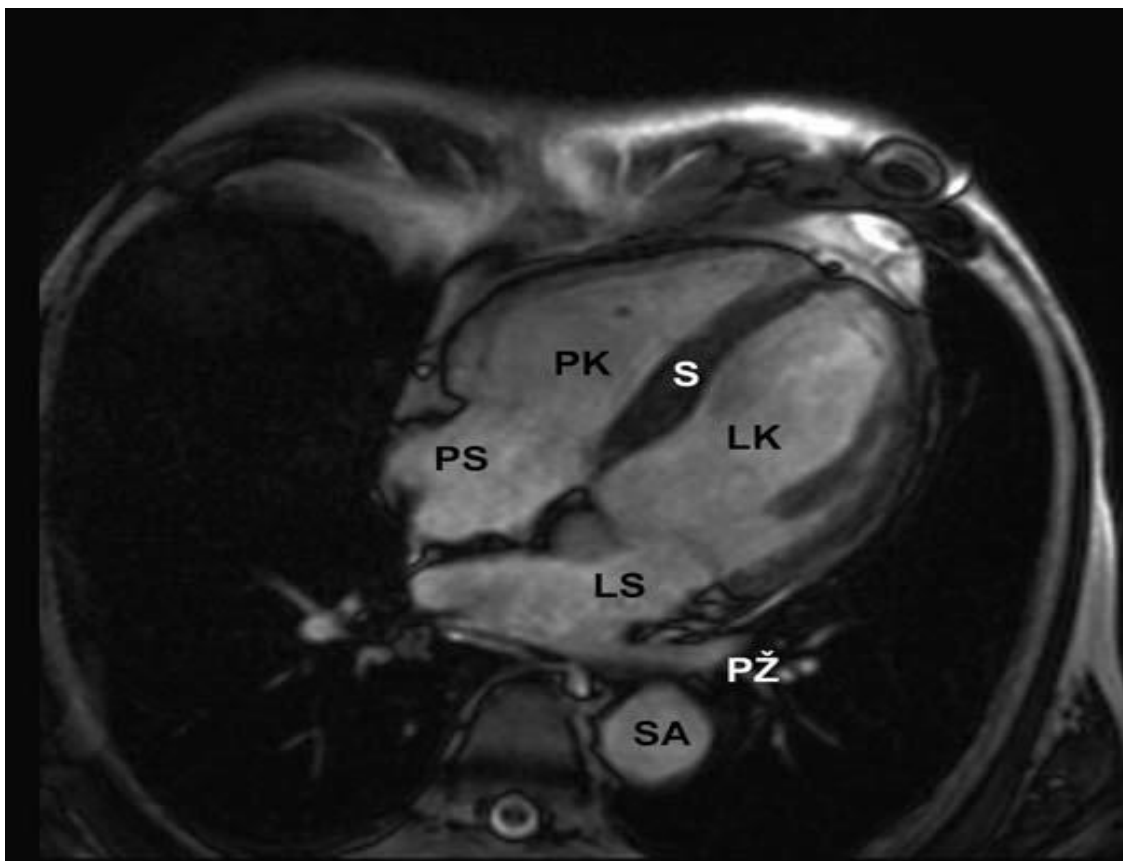
Vyšetření je náročnější na spolupráci pacienta, protože je delší než CT a pacient musí být schopen zadržet dech nejméně na 20 s. Stejně jako při jakémkoliv jiném vyšetření na MR je nutné cíleně se tázat pacientů (a pátrat v jejich zdravotnické dokumentaci), zda nemají v těle materiály z feromagnetických kovů (kardiostimulátor, kochleární implantát, střepliny po úrazu, svorky atd.). Tito pacienti jsou k MR vyšetření srdce kontraindikováni.

*Srdce je v levém hemithoraxu uloženo šikmo, proto používáme při jeho zobrazení odlišné roviny než při standardním vyšetření hrudníku. Základní roviny jsou vedeny horizontální a vertikální dlouhou osou srdce, spojující střed mitrální chlopně a hrot levé komory, na ně kolmá rovina zachycuje srdce v jeho tzv. krátké ose (obr. 10.13, 10.14, 10.15).*

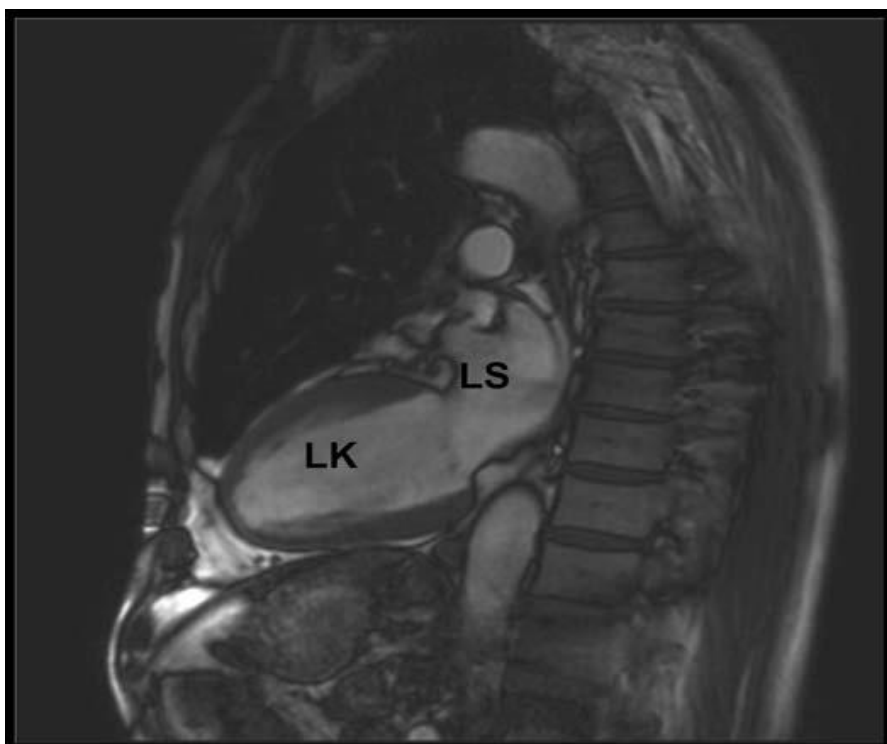
*Magnetická rezonance dnes dokáže zobrazit morfologii srdce, zachytit kinetiku a funkci srdce v reálném čase, změřit průtoky krve přes chlopně a určit alespoň částečně tkáňovou charakteristiku. Mezi hlavní indikace MR srdce patří **posouzení viability stěny myokardu** u pacientů po infarktech myokardu. MR dokáže zobrazit poinfarktovou vazivovou jizvu ve stěně, a může tak určit její poměr vůči zdravému myokardu, což má velký význam v plánování dalších terapeutických kroků. Při velké vazivové jizvě, která nahradila více než polovinu šíře stěny resp. myokardu, nemá význam provádět složité kardiologické operace ke zlepšení cévního zásobení myokardu (obr. 10.16).*

Další skupinou onemocnění, která jsou vhodná z zobrazení MR, jsou **záněty myokardu** (myokarditidy) a **perikardu** (perikarditidy). Je možné zobrazit edém stěny myokardu (projeví se zvýšením signálu v T2 váženém obrazu s potlačením tuku) a postkontrastní enhancement zánětlivě změněného myokardu nebo perikardu.

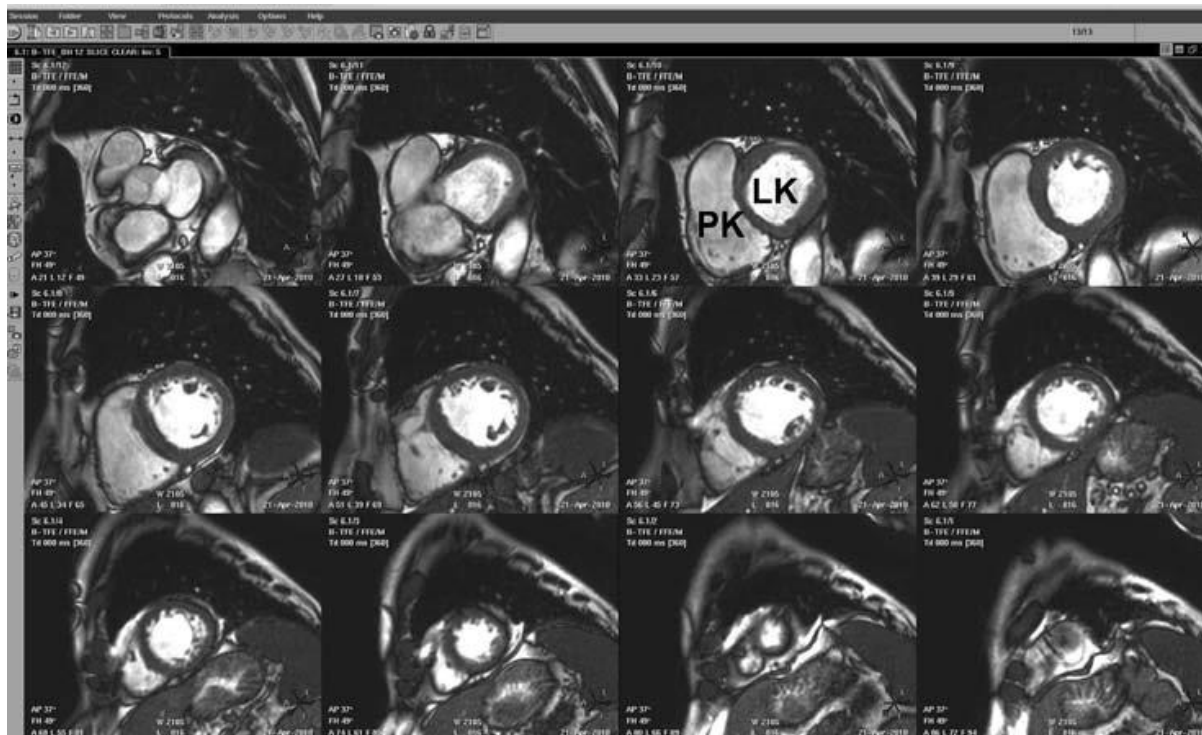
Další indikací k MR srdce jsou **vrozené srdeční vady, kardiomyopatie** (obr. 10.17) a **tumory** srdce.



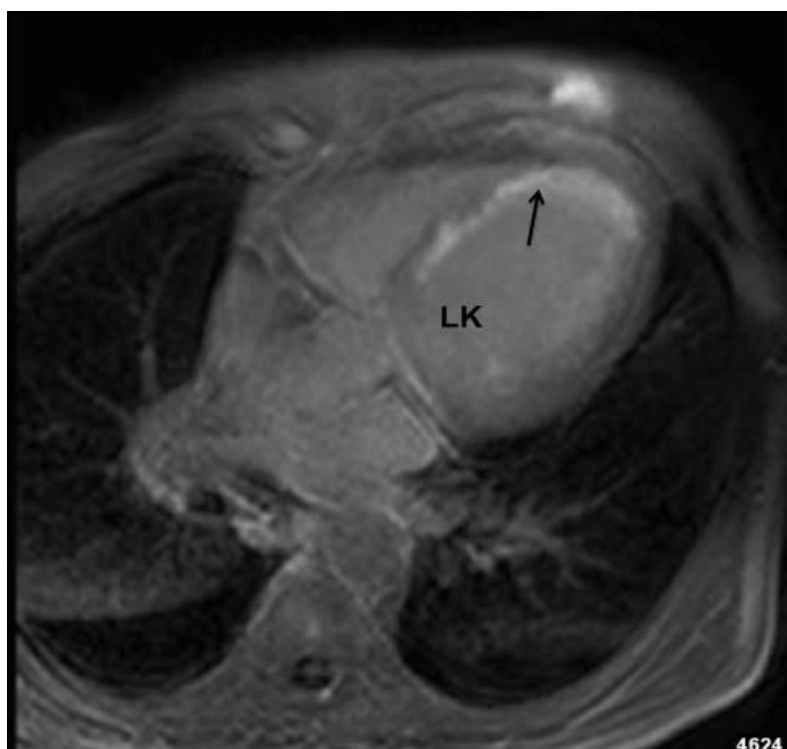
**Obr. 10.13** MRI srdce – čtyřdutinová projekce, BTFE sekvence S – interventrikulární septum, PS – pravá síň, PK – pravá komora, LS – levá síň, LK – levá komora, SA – sestupná aorta, PŽ – plicní žíly



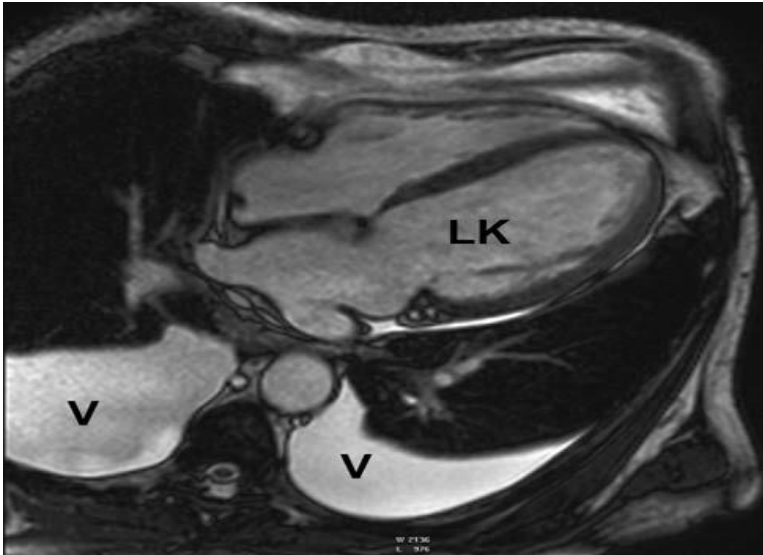
Obr. 10.14 MRI srdce – zobrazení ve vertikální dlouhé ose, BTFE sekvence LS – levá síň, LK – levá komora



Obr. 10.15 MRI srdce – zobrazení v krátké ose od báze po hrot, BTFE sekvence PK – pravá komora, LK – levá komora



**Obr. 10.16** MRI srdce – čtyřdutinová projekce, postkontrastní sken s inverzním prepulzem k potlačení signálu myokardu; patologický postkontrastní enhancement (šipka) odpovídající rozsáhlé poinfarktové jizvě zejména v oblasti interventrikulárního septa a hrotu levé komory LK – levá komora



**Obr. 10.17** MRI srdce – čtyřdutinová projekce, BTFE sekvence; dilatační kardiomyopatie, dilatace levé komory (LK), oboustranný pleurální výpotek (V)

## 11. Intervenční radiologie

### 11.1 Intervenční radiologie v oblasti hrudníku

K intervenčním výkonům na hrudníku patří punkce pleurální tekutiny pod USG či CT navigací, perkutánní biopsie z ložisek pod CT kontrolou, radiofrekvenční ablace (RFA).

*Cílená biopsie ložiska je výkon, kdy pod CT kontrolou provedeme zacílení bioptické jehly do ložiska a odběr tkáně po místním umrtvení kůže a podkoží. Jedná se o rychlý výkon, jen minimálně bolestivý. Indikací k výkonu je nejčastěji určení benigní či maligní povahy léze; staging onemocnění u pacientů s malignitou, méně často získání materiálu pro mikrobiologickou analýzu u pacientů se známou či suspektní infekcí.*

Absolutní kontraindikací je nekorigovatelná koagulopatie, proto je nutné před výkonem vyšetření koagulačních parametrů. Relativní kontraindikací je špatná přístupnost ložiska, nespolehlivost či neklid pacienta, výrazná kompromitace pulmonálních funkcí.

Výkon probíhá za hospitalizace, pacient je hospitalizován do následujícího dne. Po výkonu se doporučuje minimálně 4 hodiny ležet v klidu na lůžku, pravidelné monitorování – měření krevního tlaku a pulzu, při dechových obtížích, kašli a bolestech na hrudníku je nutné indikovat RTG hrudníku. Komplikací výkonu je hlavně pneumothorax, krvácení... Proto je nutná dostupnost chirurgické intervence.

## Radiofrekvenční ablace (RFA)

Klinické výsledky RFA plic nejsou dosud jednoznačné. Obecně lze říci, že při léčbě plicního tumoru je preferována radikální operace (lobektomie, pulmonektomie), kompromisním řešením je klínovitá resekce a metodou poslední volby je RFA (viz níže).

### 11.2 Intervenční radiologie v oblasti GIT

#### 11.2.1 Balónkové dilatace jícnových stenóz

**Indikace:** benigní stenózy po refluxní ezofagitidě, poleptání, poškození stěny jícnu cizím tělesem či iatrogeně (nejčastěji přezofagoskopií). Stenózy pooperační v oblasti anastomóz a stenózy idiopatické.

Každý pacient musí mít před balónkovou dilatací RTG vyšetření jícnu, ezofagoskopii a histologický nále. Zavedení balónkového katétru se provádí v lokální anestezii horních cest polykacích a dýchacích. Po umístění balónku v místě stenózy se začne s jeho plněním kontrastní látkou za skiaskopické kontroly, balónek necháme na místě cca 30 minut. Počet dilatací a jejich frekvence závisí na stáří a stupni stenózy, také na úspěšnosti předchozích zákroků. Zpočátku dilatujeme 2–3krát týdně. Nejčastější komplikací je perforace stěny jícnu.

#### 11.2.2 Zavedení jícnových stentů

**Indikace:**

- 1) maligní stenózy – paliativní výkon u pacientů s výraznými polykacími obtížemi, u nichž není možné řešení chirurgicky.
- 2) benigní stenózy – u benigních stenóz je metodou volby balónková dilatace.

Je možné ale provést dilataci striktury jícnu dočasně implantovanými stenty, které lze po několika týdnech vyjmout. Dlouhodobá perspektiva je limitována vznikem restenóz.

Jícnový stent lze zavést peroperačně, endoskopicky nebo pod RTG kontrolou. Před zavedením je nutné dvojkontrastní vyšetření jícnu. Používají se plastové nebo kovové samoexpandibilní stenty, které zavádíme ústy po vodiči v lokální anestezii.

**Komplikace:** perforace a ruptury stěny jícnu, migrace stentu.

#### 11.2.3 Perkutánní gastrostomie

**Indikace:** tumorózní procesy v oblasti hlavy, krku a jícnu. Dysfagie podmíněné neuromuskulárními poruchami polykání, nemocní po cévních mozkových příhodách. U malých dětí je indikací atrezie jícnu. Gastrostomie se provádí za skiaskopické kontroly.

#### 11.2.4 Terapie krvácení do gastrointestinálního traktu, terapie při léčbě chronické mezenterální ischemie

Patří sem angiografické intervence viz 10. kapitola angiografie. Infuzní intraarteriální vazokonstrikční léčba, intraarteriální embolizace, PTA.

### 11.3 Intervenční radiologie v oblasti jater



### 11.3.1 Biopsie jater

Biopsie znamená odebrání vzorku tkáně k histologickému – mikroskopickému vyšetření a je jednou z nepřesnějších a nejdůležitějších diagnostických metod v hepatologii.

*Rozlišujeme cílenou biopsii jater (vzorek z určité části jater, nejčastěji z ložiskových lézí), což je výkon prováděný pod ultrazvukovou či CT kontrolou (zacílení jehly do ložiska) a necílenou jaterní biopsii, kdy nezáleží, z jaké části jater vzorek pochází.*

*Vzorek jaterní tkáně získáme tenkou bioptickou jehlou, kterou po místním umrtvení kůže a podkoží na pravém boku v mezižební oblasti zavedeme do jater. Jedná se o rychlý výkon, jen minimálně bolestivý. Po výkonu se doporučuje 2 hodiny ležet na pravém boku s kompresí místa vpichu a následující 4 hodiny ležet v klidu na lůžku.*

*Výkon probíhá za hospitalizace, pacient je hospitalizován do následujícího dne.*

*Před výkonem je nutné vyšetření koagulačních parametrů, **pacient musí být nalačno.***

*Komplikace výkonu (hlavně krvácení) se vyskytují max. v 1 % prováděných výkonů a jsou dobře řešitelné.*

### 11.3.2 Radiofrekvenční ablace (RFA)

K RFA jsou indikováni nemocní s lokalizovaným primárním či sekundárním jaterním tumorem, který nelze řešit chirurgickou resekcí a s vyloučenou extrahepatální diseminací.

Pro perkutánní RFA je stanoveno kritérium maximálně tři ložiska o velikosti do 5 cm.

V ostatních případech přesahujících výše uvedený počet či velikost je výkon indikován jako paliativní.

*RFA pracuje na principu střídavého elektrického proudu (375–480 kHz) aplikovaného pomocí speciálních elektrod zavedených do tumoru. V okolí elektrody zavedené do tumoru dochází na podkladě tepelného účinku ke koagulační nekróze a následně k dalším zánětlivým změnám v okolí. Buněčná smrt začíná již od 45 °C, za ideální teplotu pro kompletní nekrózu měkkotkáňových tumorů je považováno 60–100 °C.*

*Před výkonem je standardem vyšetření koagulačních parametrů. Většinou je RFA prováděna bez celkové anestezie v analgosedaci s lokální anestezií v místě punkce.*

*Při perkutánním přístupu použijeme obvykle navigaci pomocí CT. Po kontrole správné polohy elektrody je provedena ablace trvající většinou 10–15 min, poté může být provedena repozice elektrody a další ablace. Kromě perkutánního provedení RFA je používán i peroperační přístup (otevřeně či laparoskopicky).*

### 11.3.3 Transjugulární intrahepatální portosystémový zkrat (TIPS)

Indikací pro výkon je portální hypertenze s krvácením z jícnových varixů, ascites nereagující na medikamentózní terapii, terapie hepatorenálního syndromu nebo překlenutí období před plánovanou transplantací jater. Přes jugulární žílu je zavedeno do dolní duté žíly pouzdro a pomocí viscerálního katétru je nasondována pravá jaterní žíla. Následuje punkce portální žíly z pravé jaterní žíly a provede se kontrolní nástřik kontrastní látkou. Poté se provede dilatace vzniklého intrahepatální kanálu balónkovým katétrem a zavede se stent.

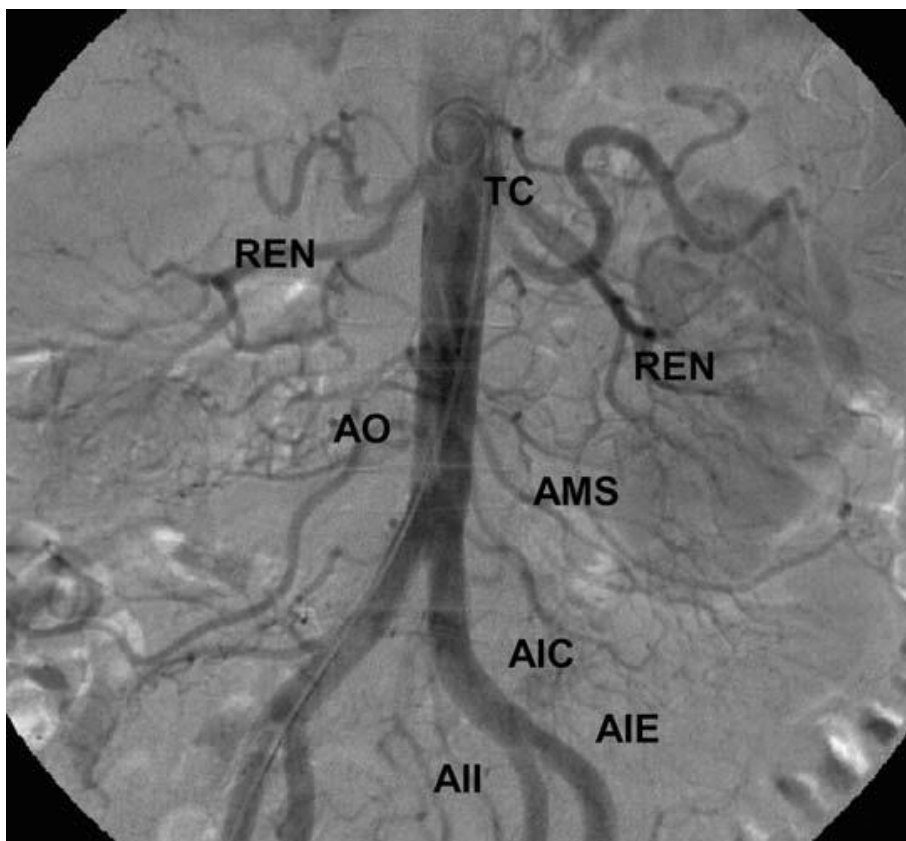
### 11.4. Invazivní metody v oblasti cévního řečiště

**Angiografie** znamená zobrazení cév. Pojmem **arteriografie** tedy označujeme pouze zobrazení tepen, **flebografie** oproti tomu označuje zobrazení žil. Při angiografii používáme jodové kontrastní látky. Maximální množství aplikované jodové kontrastní látky u pacientů s normální funkcí ledvin bývá udáváno 4 ml kontrastní látky na 1 kg tělesné hmotnosti. Větší obezřetnosti musíme dbát u nemocných s poškozením ledvin, kteří jsou aplikací jodové kontrastní látky ohroženi prohloubením nefropatie až vznikem renálního selhání. Proto u nich pečlivě dodržujeme povolené množství kontrastní látky, které stanovíme výpočtem. Množství k.l. je přímo úměrné váze pacienta a nepřímo úměrné hodnotě sérového kreatininu.

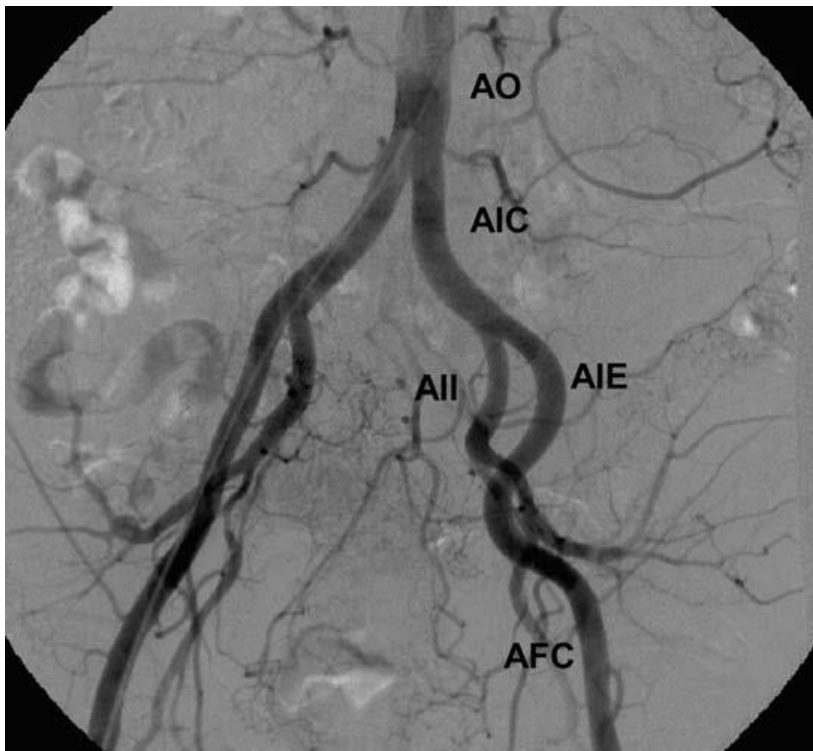
*Vzácně používanou alternativou může být u pacientů s renálním selháním nebo těžkou alergií na jodovou k.l.) užití oxidu uhličitého, který je dodáván ve speciálních bombách. Vstříkávání bezbarvého plynu do cévního systému ovšem vyžaduje přesné dodržování pravidel vedoucích k zabránění kontaminace obsahu stříkačky vzduchem (riziko vzniku vzduchové embolie). Angiografie oxidem uhličitým se tedy provádí jen zřídka a pouze na některých pracovištích.*

Před angiografií je nutné znát koagulační parametry pacienta. Hlavními laboratorními vyšetřeními jsou:

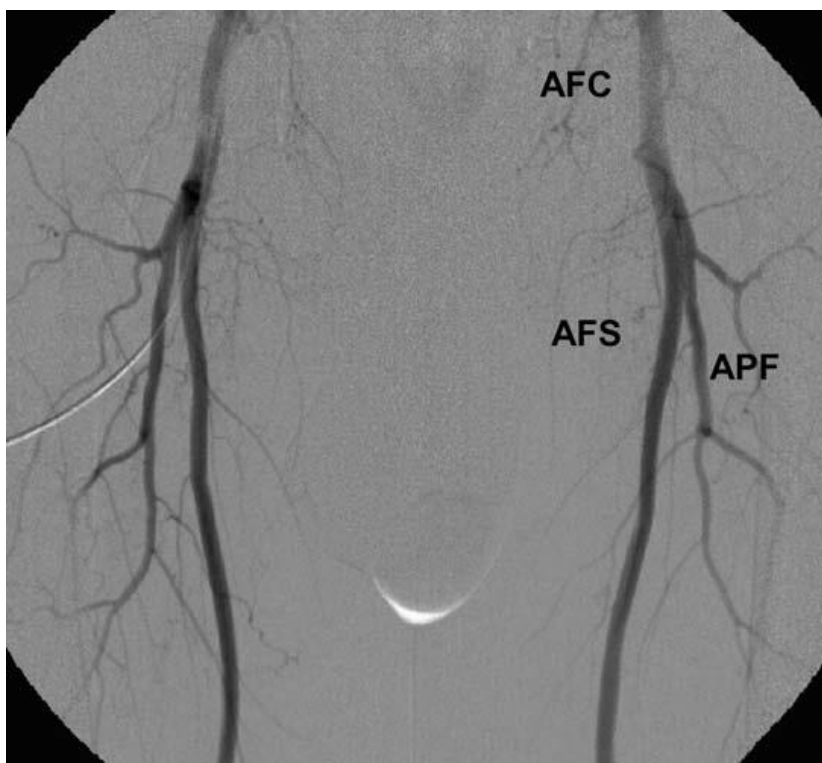
- Quickův čas, synonyma INR, protrombinový čas – angiografii lze provádět obvykle do jeho hodnoty 1,3 ,
- APTT (aktivovaný parciální tromboplastinový čas) – hodnotí funkci vnitřní společné cesty koagulační kaskády,
- počet krevních destiček.



**Obr. 11.4.1** DSA abdominální aorty AO – aorta, TC – truncus coeliacus, REN – a. renalis, AMS – a. mesenterica superior, AIC – a. iliaca communis, AIE – a. iliaca externa, AII – a. iliaca interna



**Obr. 11.4.2** DSA pánevního řečiště  
AO – aorta, AIC – a. iliaca communis, AIE – a. iliaca externa, AII – a. iliaca interna, AFC – a. femoralis communis



**Obr. 11.4.3** DSA tepen stehna AFC – a. femoralis communis, AFS – a. femoralis superficialis, APF – a. profunda femoris

Při **přímé angiografii** dochází k aplikaci kontrastní látky přímo do cévy, jejíž povodí chceme zobrazit (obr. 11.4.1, 11.4.2 a 11.4.3). Prováděla se *přímá karotická angiografie* či *přímá translumbální bederní aortografie*. Tato metoda přinášela řadu komplikací, hlavně díky nemožnosti dobře kontrolovat místo vpichu, po vytažení jehly z lumina břišní aorty musel vždy vzniknout větší či menší paravazát do retroperitonea. V současné době je přímá angiografie užívána hlavně pro flebografii končetinových žil. Metody přímé angiografie byly totiž jinak prakticky opuštěny se vznikem **Seldingerovy metody** (v roce 1953).

*Princip Seldingerovy metody je následující: Jako místo vpichu pro zobrazení tepen nejčastěji volíme a. femoralis communis pod tříselným vazem. Tepna je dobře hmatná (orientujeme se podle maximálních pulzací pod tříselným vazem). Po aplikaci lokálního anestetika do podkoží provedeme punkci tenkostěnnou jehlou (18 gauge), přičemž se snažíme punktovat pouze přední stěnu tepny. Při správném vpichu začne z jehly pulzativně vystříkovat krev. Poté do jehly zavedeme krátký vodič (velikosti např. 0,035 inch) a po vodiči vytáhneme jehlu. Dále pak po ponechaném krátkém vodiči zavedeme do tepny tzv. sheath, tedy zavaděč, který je zakončený chlopní, průchodnou pouze ve směru do cévy. Chlopeň na konci zavaděče tak brání úniku krve vně. Zavaděč má i postranní otvor, který umožňuje jeho proplachování. Přes chlopeň pak do sheathu zavedeme delší vodič (podle typu vyšetření dosahující například z třísla až do odstupů mozkových tepen) a po vodiči nasoukáme zvolený typ cévky (katétru).*

*Katétry neboli cévky používané při angiografii jsou různě tvarované trubičky, vyrobené z polyetylenu, polyvinylů, polyuretanu, teflonu či jiných materiálů. Katétra musí být šetrný vůči intimě cévní stěny, ale zároveň pevný, jeho zevní i vnitřní povrch musí být antitrombogenní.*



Katétr se musí dobře posunovat po vodiči na místo určení, měl by také být dobře viditelný na obrazovce. Důležitou vlastností katétru je jeho tvarová paměť, což znamená, že po vytažení vodiče (kterým se původně zahnutý konec katétru napřímil) se katétr, resp. jeho konec vrací do původního (zahnutého) tvaru. V současné době existuje nepřeberné množství nejrůznějších katétrů, které se liší délkou, průměrem, stavbou stěny či úpravou jejich tvaru. Pro vstřík do aorty je nejběžnějším typem katétru tzv. pigtail. Jak z názvu vyplývá, připomíná svým tvarem stočený prasečí ocásek – terminální konec katétru je totiž svinutý do kroužku. Po skončení výkonu vytáhneme z tepny zavaděč a komprimujeme společnou femorální tepnu nad vpichem po dobu 15–20 minut.

Alternativou vpichu v třísele (například při aterosklerotickém uzávěru tepenného řečiště v pánvi či třísele) je punkce a. axillaris v úrovni krčku pažní kosti.

### **Komplikace v místě punkce:**

- hematom,
- pseudoaneuryzma (při nedostatečné kompresi tepny, klinicky se projeví jako pulzující rezistence v místě punkce, diagnostikujeme jej dopplerovskou ultrasonografií),
- arteriovenózní píštěl v místě vpichu.

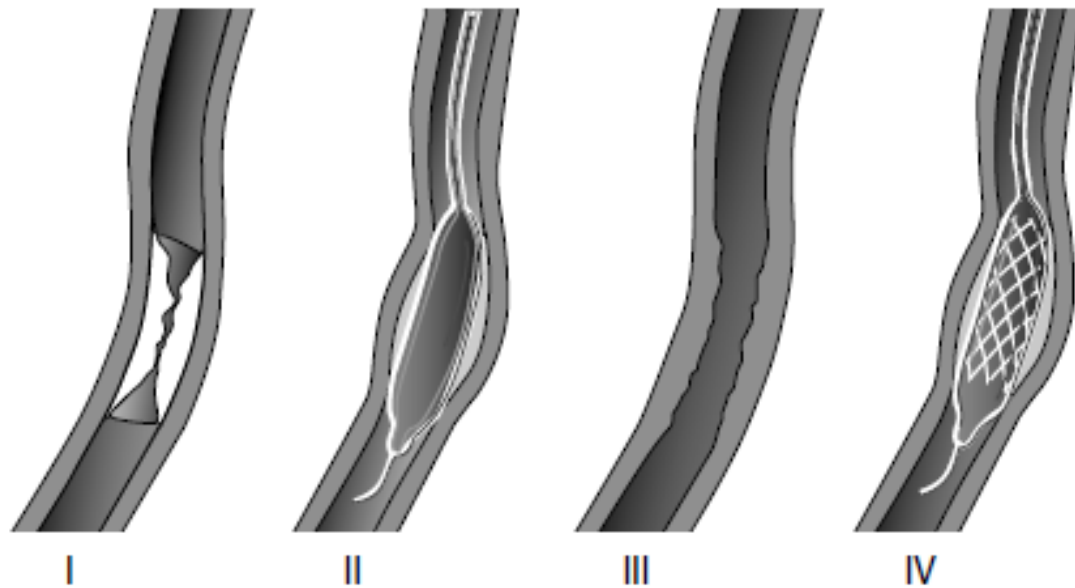
Přístrojové vybavení pro angiografii zahrnuje angiografický stůl, C rameno, tlakovou stříkačku, zesilovač RTG obrazu a televizní monitory. Rentgenový obraz je převeden do digitální podoby (pixely organizované do matice 1024 × 1024 jednotek na ose x a y). Nejprve vzniká tzv. maska, tedy rentgenový snímek bez kontrastní náplně cév. Tato maska je pak odečítána (subtrahována) od každého následujícího snímku, pořízeného od začátku vstříku kontrastní látky do cév.

Na diagnostické zobrazení cév může při angiografii navazovat výkon terapeutický.

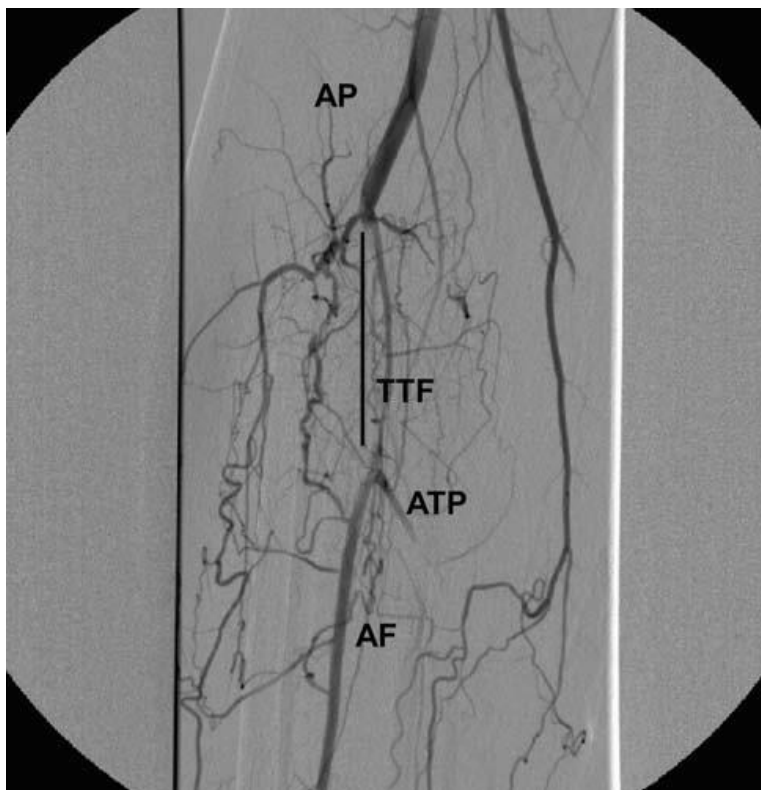
Při průkazu významného zúžení lumina lze provést perkutánní transluminální angioplastiku (PTA). Principem PTA je dilatace zúženého cévního lumina balónkovými katétry (obr. 11.4.4, 11.4.5, 11.4.6, 11.4.7, 11.4.8). Balónkový katétr se pod RTG kontrolou přes vodič zavádí do místa zúžení, kde je insulován kontrastní látkou na tlak několika atmosfér, tím dojde k mechanickému roztažení zúženého lumina tepny (stlačením ateromových plátů). Při PTA tedy nedochází k mechanickému odstranění ateromových hmot, jak se často domnívá laická veřejnost. Při nedostatečném efektu PTA můžeme přistoupit k implantaci stentu do místa zúžení. Stenty mají podobu drátěných dutých trubiček, jejich stěna je zesíťovaná. Stenty dělíme na samoexpandibilní a balonexpandibilní. Samoexpandibilní stenty se po uvolnění do místa stenózy – jak jejich název napovídá – samovolně rozvinou, většinou je však nutná jejich následná jednorázová dilatace balónkovým katétreem na požadovaný průsvit. Balonexpandibilní stenty jsou již výrobcem nasazeny na balónkovém katétru a při insulaci balónku se roztáhnou, po desulaci (sfouknutí) balónku katétru pak zůstanou roztaženy v místě stenózy.

Stenty výrazně prodlužují průchodnost některých zúžených tepen, např. pánevních či renálních. V bérčovém řečišti však dlouhodobá průchodnost stentů není příliš dobrá.

**Flebografie** patří do kategorie přímých angiografií. Zavádíme při ní kanylu nejčastěji do povrchové žíly na periferii vyšetřované končetiny. Kontrastní látku vstříkujeme přímo kanylou do žilního systému a sledujeme (zároveň i snímujeme) náplň povrchových a hlubokých žil. Posuzujeme průchodnost hlubokého i povrchového žilního systému, známky eventuální trombózy, přítomnost kolaterál. Flebografie byla již z velké části nahrazena dopplerovskou ultrasonografií.



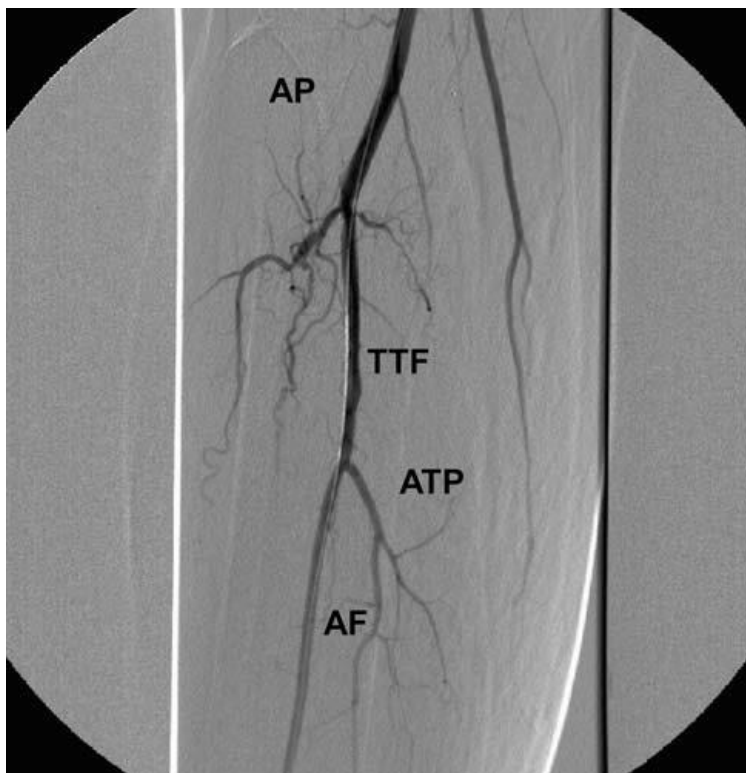
**Obr. 11.4.4** Tepenná stenóza a možnosti ošetření: stenóza (I), dilatace stenózy balónkovým katétrem (PTA) (II), výsledek dilatace (III), implantace balonexpandibilního stentu – obraz po insuflaci balónku, a tím rozvinutí stentu v místě stenózy (IV)



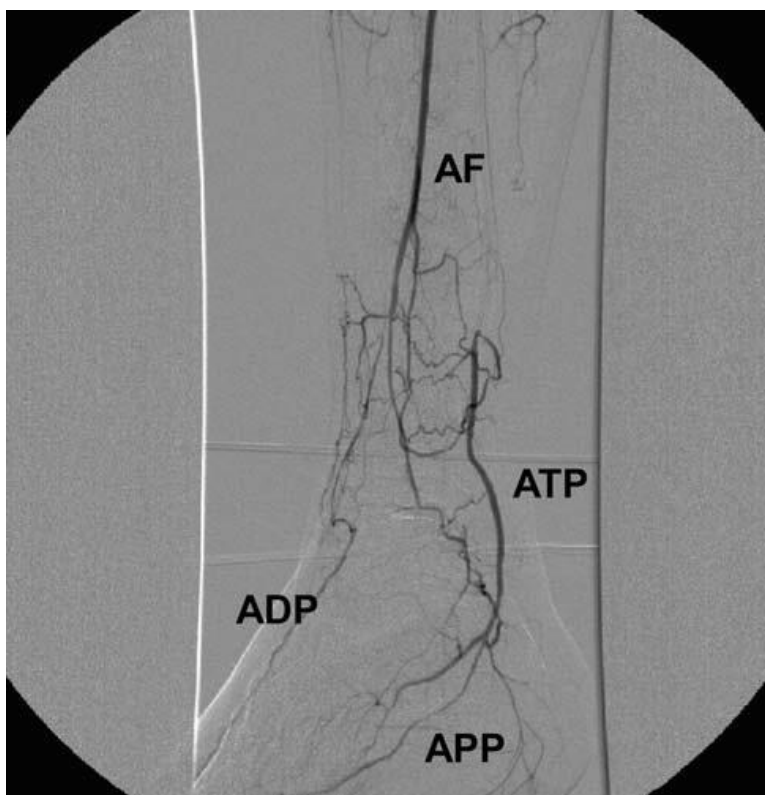
**Obr. 11.4.5** DSA tepen pravého podkolenní a bérce – uzávěr truncus tibiofi bularis (TTF) AP – a. poplitea, ATP – a. tibialis posterior, AF – a. fi bularis



**Obr. 11.4.6** DSA tepen pravého podkolenní a bérce – uzávěr truncus tibiofi bularis, balónkový katétr (BK) v místě uzávěru V – vodič zavedený dále do periferie a. fibularis



**Obr. 10.4.7** Výsledek DSA se zprůchodněním uzávěru truncus tibiofibularis (stejný pacient jako na obrázcích 9 a 10)



**Obr. 10.4.8** DSA distálního bérce a nohy vpravo. Plní se pouze segment a. tibialis posterior (ATP), z níž pokračuje na nohu tenká a. plantaris pedis (APP). A. dorsalis pedis (ADP) je rovněž tenká a plní se přes kolaterálu z a. fibularis (AF). A. tibialis anterior je uzavřena.

## 12 kapitola RADIOTERAPIE

### 12.1 Ionizující záření

Ionizující záření doznalo širokého uplatnění ve vědě, technice a medicíně již velmi záhy poté, co ho v roce 1896 W. C. Roentgen objevil. Za ionizující záření, jak z názvu plyne, je považováno záření schopné ionizace prostředí, kterým prochází, tj. záření (elektromagnetické i korpuskulární) o energii 30 keV a více. Produktem interakce ionizujícího záření s látkou jsou tedy na jedné straně ionty a volné elektrony na straně druhé. Tyto sekundární elektrony jsou, mají-li dostatečnou kinetickou energii, dále schopny ionizovat atomy prostředí. V humánní medicíně našly využití následující druhy ionizujícího záření, lišící se způsobem interakce s lidskou tkání a samozřejmě původem, resp. způsobem produkce:



Ionizující záření	Využití v medicíně	Produkce
Rentgenové záření (záření X)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ rentgenová diagnostika (~ 10<sup>1</sup>–10<sup>2</sup> keV)</li> <li>■ radioterapie externími svazky (~ 10<sup>0</sup>–10<sup>1</sup> MeV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ brzdné a charakteristické záření vzniká interakcemi svazku elektronů v materiálu terčíku</li> </ul>
Záření γ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ diagnostické metody nukleární medicíny</li> <li>■ brachy(radio)terapie</li> <li>■ radioterapie externími svazky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ vzniká v důsledku radionuklidové přeměny atomových jader radioaktivních prvků</li> </ul>
Elektrony, resp. částice β <sup>-</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ produkce rentgenového záření</li> <li>■ terapeutické metody nukleární medicíny</li> <li>■ brachy(radio)terapie</li> <li>■ radioterapie externími svazky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ svazky elektronů vznikají termoemisí žhavením katody</li> <li>■ částice β<sup>-</sup> (také elektrony) jsou produktem radionuklidové přeměny β<sup>-</sup> atomových jader radioaktivních prvků</li> </ul>
Pozitrony resp. částice β <sup>+</sup>	diagnostické metody nukleární medicíny (pozitronová emisní tomografie)	částice β <sup>+</sup> (pozitrony) jsou produktem radionuklidové přeměny β <sup>+</sup> atomových jader radioaktivních prvků
Těžké nabitě částice/lehké ionty (protony, jádra helia, ...)	speciální radioterapie externími svazky	lehké ionty jsou produkovány ionizací příslušných plynů
Neutrony	speciální radioterapie externími svazky	neutrony jsou produkovány v jaderném reaktoru nebo vhodnou jadernou reakcí urychlených těžkých nabitých částic

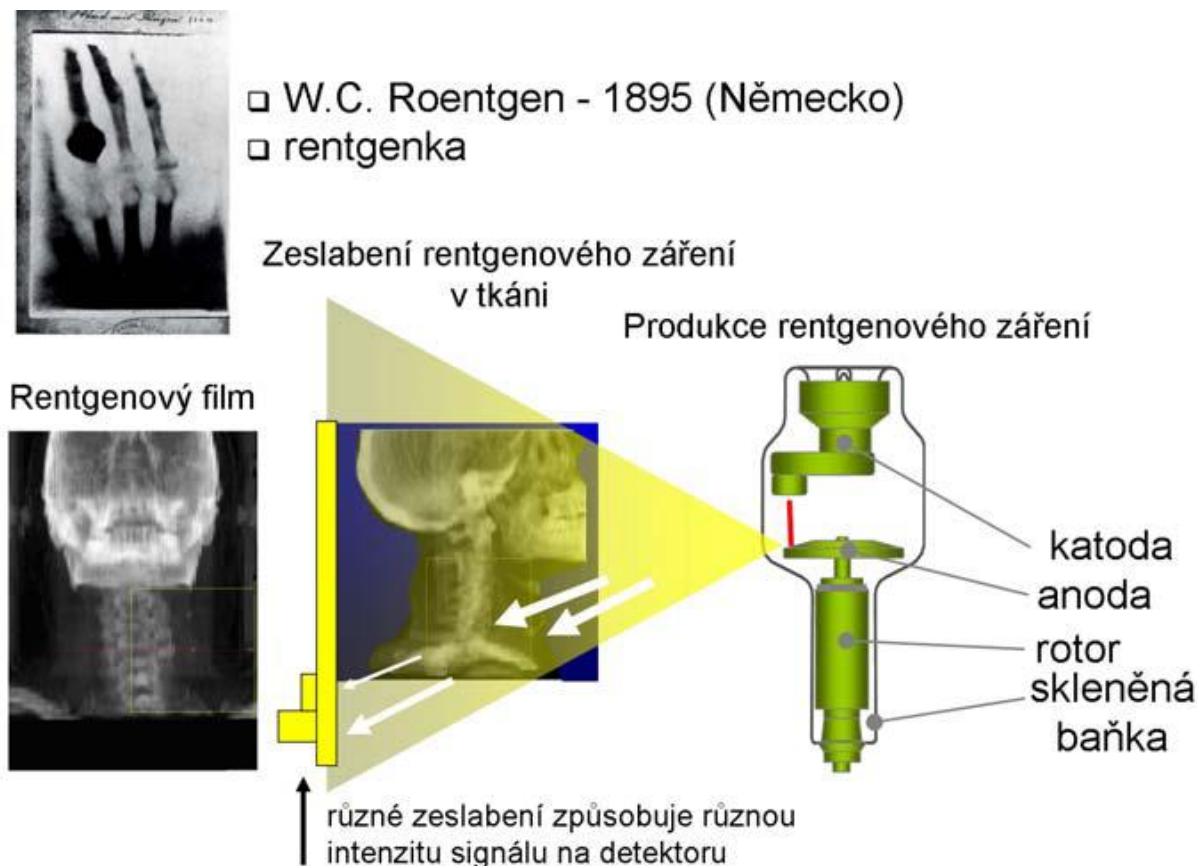
## 12.2 Rentgenová diagnostika

Zeslabení svazku rentgenového záření po průchodu tkání (tkáněmi) lidského těla se využívá od samého začátku oboru k zobrazení vnitřních struktur. Princip zeslabení lze zjednodušeně popsat exponenciálním zeslabovacím zákonem:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

kde  $I$  je fluence (intenzita) svazku rentgenového záření po průchodu tkání o tloušťce  $x$ ,  $I_0$  je fluence (intenzita) svazku rentgenového záření před vstupem do těla pacienta,  $\mu$  je *lineární součinitel zeslabení*, konstanta závisící na atomovém složení tkáně a energii rentgenového záření. Takovýto model platí exaktně pouze za idealizovaného předpokladu tzv. *geometrie úzkého svazku* (interakce každého fotonu znamená jeho odstranění ze svazku, tj. když foton interaguje, už se nemůže např. dalším rozptylem do svazku vrátit – s menší energií – a být detekován) a pro *monoenergetické* fotonové záření (rentgenové spektrum je spojitě od

nulové energie až po maximální energii elektronů, které jej generují). Základním fyzikálním principem rentgenového zobrazení je vysoká závislost  $\mu$  na atomovém čísle  $Z$  prostředí ( $\sim Z^5$ ) pro energie rentgenových fotonů řádově desítek keV, tj. malá změna v atomovém složení tkáně způsobí velkou změnu v zeslabení svazku rentgenového záření a tím dostatečný kontrast obrazu. Princip planárního (rovinného) rentgenového zobrazování je znázorněn na obr.12.2.1. Elektrony jsou produkovány žhavením katody, jsou urychlovány napětím řádově desítek keV (max. cca 150 keV) a dopadají na terčíkovou katodu, kde ztrácejí svou kinetickou energii formou brzdného záření a zároveň také dochází k produkci charakteristického záření materiálu terčíku.



Obr. 12.2.1 **Princip planárního zobrazení pomocí rentgenového záření**

Efektivita produkce brzdného záření těchto relativně *nízkých* energií je relativně malá (řádově jednotky procent), značná část energie je ztracena formou kolizí elektronů s materiálem terčíku, což vede k velké produkci tepla. Proto se katoda konstruuje rotační. Svazek rentgenového záření pak prochází tělem pacienta, kde je zeslabován v závislosti na tloušťce příslušné vrstvy/tkáně a také v závislosti na jejím složení (kost má vyšší hodnotu  $\mu$  než např. plicní tkáň, tedy zeslabuje záření více). Záznam svazku, který je v příčném řezu obecně různě zeslaben, se může provést na rentgenový film nebo – moderně – na digitální plošný detektor. Takto pořízený planární snímek (rentgenogram) je vážený, tzn. intenzita (stupeň šedi) konkrétního pixelu obrázku je určena součinem  $\mu x$ , resp. Jeho integrálem přes všechny prozářené tkáně v daném směru:

$$I = I_0 e^{-\int \mu dx}$$

Není možné rozlišit, zda příslušné zeslabení bylo způsobeno tloušťkou určité tkáně nebo složením jiné tkáně ve stejném směru. Na konvenčním rentgenogramu jsou také na sobě superponovány obrazy tkání ležící ve stejném směru, určeném bodem na rentgenogramu a zdrojem záření – ohniskem rentgenky.

rentgenové CT ~ rekonstrukce obrazu z projekcí objektu získaných z různých směrů

□ exponenciální zeslabovací zákon  
(monochromatický + úzký svazek)

$$I = I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow \mu = \frac{1}{x} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

...pro více vrstev

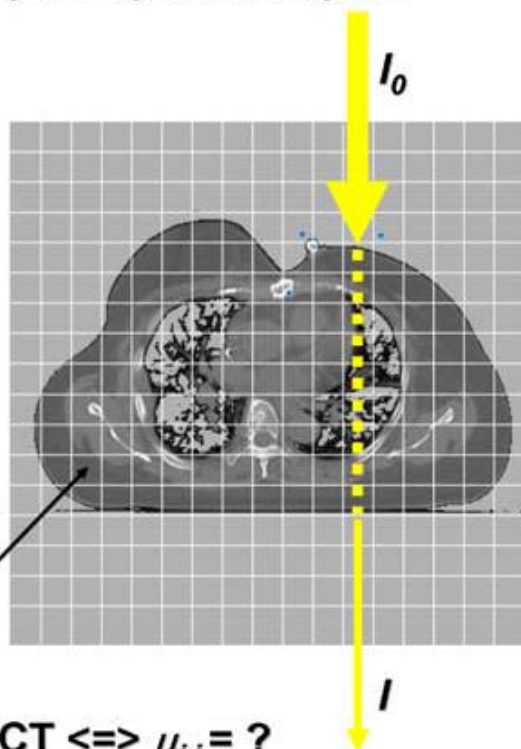
$$I = I_0 e^{-\sum_i \mu_i x_i}$$

$$\ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \sum_i \mu_i x_i$$

...konstantní tloušťka  $\mu_{ij}$   
vrstvy

$$\frac{1}{\Delta x} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \sum_i \mu_i$$

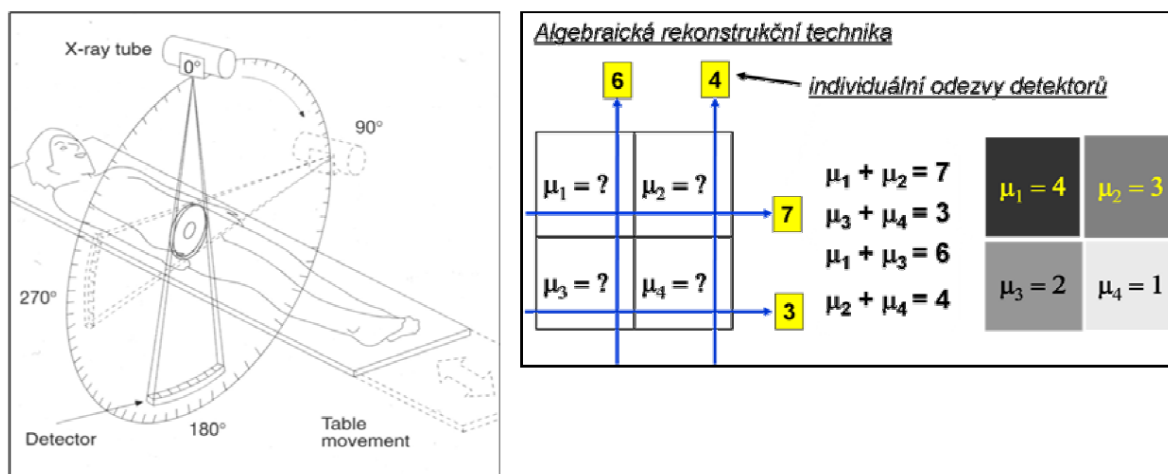
problém CT  $\Leftrightarrow \mu_{ij} = ?$



**Obr. 12.2.2 Problém CT: určení prostorové distribuce lineárních součinitelů zeslabení prostřednictvím (digitální) matice obrazu, série projekcí objektu z různých směrů a jejich tomografické rekonstrukce**

Podstatně kvalitnější obraz poskytuje metoda *rentgenové výpočetní tomografie* CT (Computed Tomography). Tomografické zobrazování umožňuje zobrazení těla pacienta po vrstvách (*tomos*), a tím i jeho trojrozměrné zobrazení. Zásadním rozdílem oproti planárnímu snímkování je, že obraz není přímo zaznamenáván/měřen detektorem, ale je vypočten/matematicky rekonstruován na základě série změřených projekcí zobrazovaného objektu získaných jeho prozářením z různých směrů. Základní myšlenka CT je znázorněna na obr. 2: cílem tomografické rekonstrukce je určit hodnoty  $\mu_{ij}$ , které přísluší jednotlivým pixelům obrazu. Těmto hodnotám pak lze přiřadit konkrétní stupeň šedé stupnice a obraz může být zobrazen. Intuitivní algebraická rekonstrukční technika pro paralelní svazek, pole o dvou detektorech, pro dvě ortogonální projekce a digitální obraz o 4 pixelech je znázorněna na obr. 12.2.3. Kvalitativní výhodou CT obrazu je, že je vážený pouze hodnotou  $\mu_{ij}$  (tloušťka dílčí vrstvy tkáně je konstantní a je rovna rozměru pixelu), tedy pouze atomovým složením tkáně. Další kvalitativní výhodou je, že zobrazení po vrstvách v principu značně omezuje negativní příspěvek záření rozptýleného v dalších vrstvách. Planární rentgenové zobrazovací metody se dělí do několika kategorií v závislosti na způsobu jejich aplikace a použitém receptoru obrazu. Prakticky u všech druhů receptorů obrazu se využívá konverze

rentgenového záření na světlo, kvůli vyšší detekční účinnosti a tím vyšší kvalitě zaznamenaného obrazu.



**Obr. 12.2.3** Schéma rotačního uspořádání rentgenky a pole detektorů k získání rentgenových projekcí pacienta z různých směrů (vlevo). Princip algebraické rekonstrukční techniky pro jednoduchý případ 2 projekcí, 2 paralelních svazků (detektorů) a matice (digitálního) obrazu o rozměru 2 x 2 pixely.

### 12.3 Postavení radioterapie v léčbě zhoubných nádorů

Radioterapii rozeznáváme kurativní a paliativní.

#### 12.3.1 Kurativní terapie

Kurativní radioterapie je vedena snahou o vyléčení nemocného i za cenu dočasného snížení kvality života. Dávky záření se pohybují na hranici tolerance tkání většinou 60 Gy a počítá se se vznikem pozdních komplikací.

#### 12.3.2 Paliativní terapie

Paliativní radioterapie pouze zmírňuje nebo zpomaluje nevléčitelný proces. Cílem je zlepšení kvality života, který nemocnému zbývá. Nežádoucí účinky paliativní léčby nesmí zhoršit celkový stav nemocného. Prostředky paliativní terapie jsou stejné, jako se používají při kurativní léčbě.

K paliativní radioterapii se dostávají:

- nemocní s vyléčitelným onemocněním, u kterých je radikální ozáření neúnosné (pro vysoký věk, přidružené choroby, celkový stav...);
- asymptomatictí nemocní s pokročilým onemocněním, u kterých je možné kvalitně prodloužit život;
- nemocní, kteří mají výrazné symptomy. Dávky záření se pohybují ve výši 2/3 – 3/4 dávek kurativních, tzn. kolem 40 Gy, při běžné frakcionaci.

Ozařují se *kostní metastázy*, jsou udávána různá schémata záření, ale klinický efekt je

většinou stejný – je možné 5x 4 Gy, 10x 3 Gy, 5x 6 Gy, 2x 8 Gy. Platí: čím horší stav nemocného, tím může být jednotlivá dávka vyšší.

*Mozkové metastázy* jsou většinou mnohočetné a léčbu volíme dle celkového stavu nemocného např. 10x 3 Gy, 6x 3 Gy, 5x 4 Gy. Pokud je nemocný asymptomatický – záření není indikováno. Při ozáření je nutné podávat kortikoidy, které zabraňují otoku mozku.

Rozvoj *míšní komprese* vyžaduje vždy urgentní léčbu. Pacienti s radiosenzitivním tumorem mají být léčeni ozářením bez operace dávkou 20-40 Gy ve 4-10 frakcích. Chirurgické řešení je vhodné u nemocných bez známé histologie, nebo pokud jde o tumor radiorezistentní.

Při *syndromu horní duté žíly* ozařujeme dávkou 10x 3 Gy. Při obstrukci trachey se aplikují nejdříve cytostatika nebo kortikoidy, a pak se teprve ozařuje, protože po ozáření vzniká časný edém.

Při *nádorech rektosigmatu* se dle potřeby nejdříve provede kolostomie s následným ozářením 10x 3 Gy nebo 8-10 Gy jednorázově.

Pro bolestivé metastázy do jater ozařujeme dávkou do 30 Gy.

Při solitární plicní metastáze lze ozářit větší dávkou 30-40 Gy, pokud je ozařováno celé plicní křídlo je dána dávka 15-20 Gy. Krvácení z dělohy či čípku děložního je možné zastavit zevním ozářením dávkou 30-40 Gy nebo brachyterapií.

### 12.3.3 Symptomatická terapie

Symptomatická léčba je finální etapou paliativní péče. Jde o nemocné s inkurabilní diseminací nádoru a očekávanou dobou života méně než 2-3 měsíce. Tady aplikace paliativní péče není etická ani ekonomická. U symptomatické péče jde hlavně o léčbu analgetickou.

### 12.4 Rentgenová radioterapie

Rentgenová radioterapie se dělí na:

- Povrchovou 5–100 kV
- Polohlubkovou 100–160 kV
- Hlubkovou 160–400 kV
- Supervoltážní nad 700 kV

K charakteristice rentgenové terapie slouží filtrace, napětí na rentgence v kV, vzdálenost ohnisko – kůže /OK/ a velikost pole. Kombinací napětí, filtrace a OK dostáváme různou hloubkovou dávku záření.

#### 12.4.1 Povrchová rentgenová terapie

Povrchová rtg terapie slouží k ozáření nádoru na povrchu nebo těsně pod povrchem asi do 2 cm. Je charakterizována prudkým poklesem dávky do hloubky.

Povrchová terapie se dělí na:

1. Buckyho terapii;
2. kontaktní terapii;
3. povrchová terapii.

#### 12.4.2 Polohloubková rentgenová terapie

Tato terapie je používána pro tumory do hloubky do 5 cm. Ozařují se hlavně kožní tumory a uzlinové metastasy. Pro polohloubkovou terapii se využívají běžné rentgenové přístroje pro hloubkové ozařování a jen se mění ozařovací podmínky.

#### 12.4.3 Hloubková rentgenová terapie

Je ozáření pro tumory do hloubky 7–8 cm. Limitací ozáření rentgenem je tolerance kůže. Vyšší tolerance kůže je při frakcionovaném ozáření a při delší celkové ozařovací době. Hloubková rentgenová terapie slouží k ozáření zejména kostních metastas a v nenádorové terapii.

Výhody rentgenové terapie oproti megavoltové terapii:

1. změnou parametrů PV, OK a filtru se snadno mění kvalita záření a hloubková dávka;
2. snadné vykrývání orgánů a kůže (guma, olovo);
3. nižší cena přístroje i vybavení ozařovací místnosti;
4. lepší absorpce v kostech při meta do kostí;
5. maximální kožní dávka pro kožní nádory;
6. vyšší biologický účinek na nádorovou buňku o 10–15 % oproti megavoltové terapii;
7. nevznikají pozdní fibrosy.

Nevýhody rentgenové terapie:

1. nelze bezpečně ozářit nádory v hloubce (limitace kůže);
2. nejsou verifikační systémy – při ozařování v hloubce snadno vznikne chyba při použití složitých technik více polí, při zaměření, reprodukci, výpočtu;
3. mnoho korekčních faktorů ovlivňuje dávku (kosti, plíce, měkké tkáně);
4. udržovací a provozní náklady jsou vyšší než u kobaltových nebo cesiových ozařovačů;
5. poškození drobných cévek v kostech a perichondriu fotoelektrony, které se výrazně podílejí na absorpci záření.

#### 12.5 Potenciace záření

Je snaha zvýšit efekt radioterapie tak, aby byly šetřeny zdravé tkáně. Způsoby potenciace účinku záření viz výše.

##### 12.5.1 Frakcionace

Frakcionace je ozařování jednotlivými dílčími dávkami, které mohou být různě veliké a tvoří dohromady celkovou dávku. Empiricky bylo zjištěno, že pokud se užije frakcionace, je třeba aplikovat vyšší celkovou dávku záření než při jednorázovém ozáření. Pro možnost domluvy o různých frakcionačních schématech a ekvivalentních dávkách byla vytvořena formule **TDF** (čas, dávka, frakce), která umožňuje kombinovat a dopočítávat různé frakcionační režimy. Hodnoty TDF mají obecnou platnost a nejsou specifické pro určitou tkáň. Platí, že TDF 100 je 30 frakcí ozařování po jednotlivé dávce 2 Gy. V případě delší přestávky mezi ozářeními, je

nutné použít **decay faktor** (DF) = faktor vyhasínání biologického účinku, kterým se násobí dávka záření. Odhalením nových radiobiologických poznatků z oblasti senzitivity, reparační kapacity, repopulace, reoxygenace tkání jak nádorových, tak i zdravých byl sestaven koncept **BED** (biologicky ekvivalentní dávka), která pomocí **LQ modelu** poskytuje možnost porovnat biologické účinky při použití různých frakcionačních schémat jak pro nádory, tak i pro zdravou tkáň, a to pro časnou i pozdní odpověď na záření.

### 12.5.2 Kyslíkový efekt

Při ozáření tkáně vznikají volné radikály, které jsou vysoce reaktivní a poškozují vazby DNA. Přítomnost kyslíku zvyšuje vznik radikálů a brání reparativním procesům v buňce. V nepřítomnosti kyslíku nebo pokud jsou přítomny redukující látky – volné radikály se s nimi spojí a poškození nevzniká. Hypoxické buňky jsou příčinou radioresistence.

Obecné pravidlo udává, že lépe prokrvená tkáň znamená větší biologický efekt záření. Toto pravidlo je nazýváno **kyslíkovým efektem**. K hodnocení **OER** (oxygen enhancement ratio = zvyšujícího faktoru kyslíku) použijeme poměr citlivosti anoxických buněk k citlivosti prokrvených buněk, který by měl být nejčastěji mezi 2–3 Gy.

### 12.5.3 Záření o vysokém LET

Čím více ionizací a excitací je v jednotce objemu tkáně, tím větší je biologické poškození. Jednotku objemu můžeme transformovat na jednotku dráhy ionizujícího záření, kde se spotřebuje energie záření. Tento fakt je nazván **LET** – lineární přenos energie a vyjádřen v keV na dráze 1  $\mu\text{m}$ .

Mezi hustě ionizující druhy záření patří – neutrony, protony, deuterony, piony, částice  $\alpha$ , pro které je charakteristické:

- efekt na oxické a anoxické bb. je stejný;
- není reparace, protože většina zásahů je letálních, to znamená, že na křivce přežití mizí reparační raménko, jak u nádorových, tak i u zdravých tkání;
- vyšší RBÚ, která vyjadřuje poměr biologické účinnosti záření k referenčnímu záření X 250 keV.

### 12.5.4 Radiosenzibilizátory

Radiosenzibilizátory jsou látky, které zvyšují biologický efekt záření.

#### Radiomimetika

Působí poškození buněk ve fázi  $G_2$  a M. Působí aditivně k záření.

#### Cytostatika působící na radiorezistentní fázi cyklu

Buněčný cyklus je radioresistentní ve fázi S a  $G_2$ . Dále ve fázi  $G_0$ , kdy jsou často ireversibilně poškozeny kmenové hemopoetické buňky.

#### Synchronizátory

Jsou to látky, které zadrží buňky v určité fázi cyklu. Po odeznění blokady (tj. po odeznění účinku cytostatika) všechny zadržené buňky jsou ve stejné fázi a následné ozáření může

ovlivnit větší kohortu.

### Senzibilátory hypoxických buněk

Jde o skupinu látek, která na sebe snadno váží elektrony. Vychytáním volných elektronů dojde k fixaci volných radikálů, a tím zabránění reparačních pochodů v tumorozní tkáni. Tyto látky se nazývají se elektronafinní a působí radiosenzibilizačně jako kyslík.

### Blokátory reparačních pochodů po ozáření

Příčina zesílení účinku záření není zcela jasná, ale zřejmě jde o interferenci s procesem „opravy“ DNA.

### 12.5.5. Hypertermie

Jde o léčbu supranormálními teplotami, tj. teplotami 41–45 °C. Hypertermie se proto používá, aby se zvýšila citlivost nádorových buněk k působení jiných léčebných metod (radioterapie, chemoterapie). Při spojení s radioterapií se projevuje radiosenzitivizující efekt redukcí reparačních mechanismů ze subletálního radiačního poškození. Nejvíce termosenzitivní jsou buňky ve fázi S a G<sub>0</sub>, buňky s nedostatečným krevním zásobením a hypoxií. Místa na periférii tumoru jsou dobře zásobena krví – jsou radiosenzitivní, ale termorezistentní. Na tom je založen komplementární efekt ionizujícího záření a hypertermie. Nejvíce využívána je varianta ozáření a následné hypertermie asi na 4 hodiny, kdy je senzibilizační účinek hypertermie sice menší, ale využije se většího rozdílu mezi nádorovou a zdravou tkání. Termoterapie aplikuje 1–2 krát týdně, protože se po ohřevu vyvíjí termotolerance, která se projevuje odolností buněk za teploty nad 41 °C a trvá 48–72 hodin.

Mezi **metody lokální** patří:

- regionální perfuse ohřívanou krví;
- regionální lázně;
- instalace horké tekutiny do dutinových orgánů;
- lokální aplikace ultrazvuku, radiofrekvence a mikrovln.

Mezi **indikace hypertermie** patří:

- rozpadlé kožní nádory, infikované, zánětlivé, anoxické;
- sarkomy do 4 cm hloubky;
- melanoblastomy;
- lentikulární metastasy po ozáření;
- recidivy v ozářeném terénu.

**Kontraindikacemi** jsou:

- přítomnost pacemakeru;
- velké tumory hlava a krk;
- tumory v blízkosti velkých cév.

### 12.6 Vedlejší účinky radioterapie

Zejména kurativní léčba je provázena jevy, kterým říkáme vedlejší nebo nežádoucí účinky. Mohou být celkové a místní, akutní a pozdní a somatické a psychické. Prevence nežádoucích účinků a jejich řešení je neoddelitelnou součástí radioterapie.



### 12.6.1 Celkové vedlejší účinky

V průběhu ozáření dochází k subjektivním obtížím i objektivním změnám, které souhrnně nazýváme *poiradiační syndrom* (ne akutní nemoc z ozáření). Příznaky poiradiačního syndromu jsou celková únava, ospalost s nemožností osvěžujícího spánku, ztráta zájmů, bolesti hlavy, nechutenství, nausea až zvracení.

Objektivně pozorujeme změny v krevním obraze, někdy patologické jaterní testy i další laboratorní hodnoty. Krvetvorné orgány patří k nejcitlivějším tkáním na ionizující záření. U dospělého je aktivní kostní dřeň zejména v pánevním pletenci, obratlích a lebce.

- *Erytrocyty* jsou poměrně radioresistentní, ale jejich předchůdci erytoblasty a retikulocyty jsou na záření citlivé. Při poklesu erytrocytů se snižuje saturace tkání kyslíkem a snižuje se citlivost na ozáření.

- *Trombocyty* jsou na ozáření celkem resistentní.

- *Granulocyty* jsou k ozáření citlivé. Při jejich poklesu se snižuje bakteriální obrana organismu. Celkem rychle regenerují.

- *Lymfocyty* jsou na ozáření nejcitlivější, hlavně v lymfatických uzlinách. Jejich nedostatek způsobuje snížení imunity.

Závažnost poiradiačního syndromu závisí na velikosti dávky, ozařovaném objemu, frakcionaci a celkové kondici nemocného (věk, přidružené choroby). Nejhůře je snášeno ozařování břicha.

### 12.6.2 Vedlejší účinky záření – akutní

#### Kůže

Kožní změnou 1. stupně je erytém, 2. stupně je radiodermatitis bullosa, po které mohou vznikat jizvy a 3. stupně radiodermatitis necrotica, ke které by již nemělo dojít. Na vzniku kožních změn se podílí kromě ozařovacích podmínek také typ kůže, lokalizace a používání některých léků.

#### Štítnice

Po záření vzniká akutní thyreoiditis s následnou hypofunkcí.

#### Oči

Na spojivkách vzniká zánět konjunktivit. Poškození rohovky může být přechodné po 30 Gy/3 týdny nebo trvalé po 50 Gy/5týdnů. Na rohovce se tvoří vředy, které prorůstají cévami, a rohovka ztrácí průhlednost.

#### Uši

Na zevním uchu může vzniknout bolestivý zánět chrupavky - perichonditida. Ve středním uchu se může objevit otok s bolestmi a poruchami sluchu. Ve vnitřním uchu reakce nebývá.

#### Dutina ústní a nosní

V 1. stupni dochází pouze k zčervenání a edému, ve 2. stupni se objevuje exudativní mukositis s fibrinovými povlaky. Při 3. stupni vznikají vředy, což je nepřipustná reakce. Před ozářením je nutné odstranit všechny zbytky kořenů, zuby vykažené s periapikálním nálezem. Menší kazy u zubů jinak zdravých se ošetří a zaplní.

Po léčbě záření jsou možné jen konzervativní práce, extrakce je možné provádět jen v

případě nezbytí, a to za krytí antibiotiky. Větší chirurgické výkony by měly být prováděny aspoň 2 roky od ukončení léčby zářením.

### **Hrtan**

Při ozařování hrtanu rovněž dochází k polykacím obtížím, navíc dochází k zastření hlasu v důsledku otoku hlasivek. Perichondritida je dnes už vzácná a u operovaných nemocných jí lze předejít tím, že s léčbou zářením se vyčká až do úplného zhojení pooperačních změn. Terapie: Reparil, antibiotika, léky podporující prokrvení tkání, inhalace solí, Panthenol, analgetika a další. V případě potřeby ozařování přerušit do zklidnění reakce. Jen vzácně je nutná tracheostomie.

### **Jícen**

Reakce jsou různě intenzivní od mírné dysfagie až k závažným polykacím potížím obtížím případně s teplotami.

### **Plíce, pleura**

Největší citlivost k záření je na periférii plic, kde vzniká zánět plic - poiradiační pneumonitis. Objevuje se při dávce od 30 Gy výše. K zhoršení reakce dochází při současné léčbě cytostatiky, např. Bleomycin, při plicních chorobách, vysokém věku a po operacích hrudníku.

### **Srdce**

Udávají se změny tepu, změny na EKG a někdy až exsudativní perikarditida. Toleranční dávka je 45 Gy při frakcionovaném ozáření.

### **Žaludek a duodenum**

Jde o nejcitlivější část zažívacího traktu. Pacient ztrácí velmi rychle chuť k jídlu, má nauseu nebo i zvrací a má bolesti. Dochází k překrvení sliznice s tvorbou pablán a vředů.

### **Tenké a tlusté střevo, konečník**

Citlivost k ozáření klesá od tenkého střeva směrem ke konečníku. Působením na hladké svalstvo střev se zrychluje peristaltika. Mění se střevní flora a dochází k poruše vstřebávání živin. Poiradiační enterocolitis se projevuje nauseou, nadýmáním, křečemi, hlenovitými až krvavými průjmy.

### **Játra**

Po ozáření jsou zejména poškozeny centrální žíly v jaterních lobulech, což se projevuje ztrátou chuti k jídlu, nauseou až zvracením. V laboratorních hodnotách dochází ke zvýšení jaterních testů.

### **Ledviny**

Dochází k prosáknutí parenchymu ledviny s oligurií až anurií. Není doporučováno více než 20 Gy/5 týdnů. Močovody jsou rezistentní.

### **Močový měchýř**

K ozáření je celkem rezistentní. Poiradiační cystitida se projevuje častým močením s pálením a křečemi. Někdy dochází i k retenci moče s nutností cévky.

### **Mužské pohlavní orgány**

Po celkové dávce 2,5 Gy aplikované frakcionovaně nastává přechodná sterilita na 1-3 roky.

Po celkové dávce 5–6 Gy se objevuje trvalá sterilita. Vyřazení hormonální činnosti nastává až při vysokých dávkách.

### Ženské pohlavní orgány

Po celkové dávce 1,7 Gy aplikované frakcionovaně nastává dočasná sterilita. Po dávce 6–13 Gy je trvalá sterilita a již je ovlivněna i hormonální činnost. Čím je žena mladší, tím vyšší kastroční dávka musí být dodána.

### Mozek

Tolerance mozku je 50 Gy aplikovaných frakcionovaně. Hned od začátku ozařování nasazujeme kortikoidy, aby se předešlo otoku mozku s bolestmi hlavy, zvracením a křečemi. Kortikoidy podáváme ještě po ukončení radiace v sestupných dávkách. Pro zamezení vzniku žaludečního vředu přidáváme antacida.

### Mícha

Tolerance míchy se zvyšuje od krční oblasti přes hrudní až k bederní. Záleží také na délce ozářeného úseku míchy. Orientačně lze uvést dávku 45 Gy při frakcionovaném ozáření 10 cm míchy. Přechodná poiradiační myelitida je charakterizovaná příznaky velmi nepříjemných, krátce trvajících pocitů elektrického výboje jdoucí buď do trupu anebo do končetin při ohnutí šíje.

### 12.6.3 Vedlejší účinky záření – pozdní

Při ozařování zhoubného nádoru se ozařuje současně i nevyhnutelná část zdravé tkáně. K tomu, abychom snížili riziko zejména trvalých komplikací, je nutné znát *toleranční dávky pro jednotlivé orgány a tkáně* = nejvyšší dávky záření, které ještě nezpůsobí nevratné změny na orgánech nebo tkáních.

Tabulky dle RUBINA stanovují **minimální toleranční dávku (TD 5/5)**, což je dávka záření, která při ozařování za standardních podmínek nezpůsobí více než 5 % těžkých komplikací v průběhu 5 let po ozařování.

**Maximální toleranční dávka (TD 50/5)** je dávka záření, která při ozařování za standardních podmínek vede u 50 % nemocných k těžkým poškozením v průběhu 5 let po ozařování. Orgány a tkáně jsou děleny do 3 tříd v závislosti na toleranci k záření. U orgánů I. třídy může radiační poškození vést k úmrtí jedince, u orgánů II. třídy nastává úmrtí výjimečně, poškození orgánů III. třídy k smrti nevede.

### Orgány I. třídy

orgán	poškození zářením	TD 5/5 (gy)	TD 50/5 (gy)	ozářený objem
kostní dřev	aplazie	2,5	4,5	celá
	pancytopenie	30	40	část
játra	hepatitis	15	20	celá
		25	40	pruh
žaludek	vřed, perforace	45	55	100 cm <sup>2</sup>
střevo	vřed, perforace	45	55	400 cm <sup>2</sup>
	krvácení	50	65	100 cm <sup>2</sup>
mozek	infarkt, nekróza	60	70	celý

		70	80	25 %
mícha	infarkt, nekróza	45	55	10 cm
srdce	perikarditida	45	55	60 %
plíce	pneumonitida	30	35	100 cm <sup>2</sup>
		15	25	celé
ledvina	nefroskleróza	15	20	celá
		20	25	pruh
plod	odúmrť	2	4	celý

### Orgány II. Třídy

orgán	poškození zářením	TD 5/5 (gy)	TD 50/5 (gy)	ozářený objem
dutina ústní	vřed, mukositida	60	75	50 cm <sup>2</sup>
kůže	dermatitis	55	70	100 cm <sup>2</sup>
jícen	ezofagitida, vřed	60	75	75 cm <sup>2</sup>
rektum	vřed, striktura	60	80	100 cm <sup>2</sup>
slinné žlázy	suchost úst	50	70	50 cm <sup>2</sup>
močový měchýř	svráštění	60	80	celý
močovody	striktura	75	100	5 – 10 cm
varlata	sterilizace	–	2	celá
vaječníky	sterilizace	2 - 3	6 - 12	celé
chrupavka dítě	zástava růstu	10	30	celá
chrupavka dosp.	nekroza	60	100	celá
kost - dítě	zástava růstu	10	30	10 cm <sup>2</sup>
kost vyvrálá	fraktura, skleróza	60	100	10 cm <sup>2</sup>
oko - retina		55	70	celá
oko - rohovka		50	70	celá
oko - čočka		50	70	celá
štítná žláza	hypofunkce	45	150	celá
nadledviny	hypofunkce	nad 60	-	celé
hypofýza	hypofunkce	45	200	celá
periferní nervy	neuritidy	60	100	10 cm <sup>2</sup>
střední ucho	otitis media	50	70	celé
vnitřní ucho	Menierova chor.	60	70	

### Orgány III. třídy

orgán	poškození zářením	TD 5/5 (gy)	TD 50/5 (gy)	ozářený objem
sval dítě	atrofie	20 – 30	40 – 50	celý
sval dosp.	fibróza	60	80	celý
lymfat. uzlina	skleróza	50	nad 70	celá
velké cévy	skleróza	nad 80	nad 100	10 cm <sup>2</sup>
děloha	nekroza	nad 100	nad 200	celá
pochva	vřed, píštěl	90	nad 100	celá
prs dítě	žádný vývoj	10	15	celý
prs dosp.	nekroza, atrofie	nad 50	nad 100	celý

Pozdní změny vznikají po latenci 6 měsíců až několik let. Vznikají pomalu a mohou být zaměněny s recidivou zhoubného nádoru. Pozdním změnám je nutné předcházet, protože se obtížně léčí. Příčinou většiny pozdních poškození je porušení drobných cévek a pojivové tkáně.

### **Kůže**

Po akutních reakcích 2. a 3. stupně vzniká indurace, dále atrofie s omezením tvorby mazu a potu, nepravidelné rozložení pigmentu (nejčastěji depigmentace) a teleangiektasie, což je rozšíření drobných kožních kapilár, které nemají endotel.

### **Štítnice**

Vzniká hypothyreosa s dobou latence až do 5 let. Změny jsou nevratné, léčba je substituční.

### **Oči**

Při jednorázovém ozáření dávkou 2 Gy nebo frakcionovaném ozáření 4 Gy vzniká s latencí radiační katarakta.

### **Uši**

Na zevním uchu se objevuje recidivující otok a perichondritida s ulcerací. Zhoršení sluchu v důsledku poškození vnitřního ucha je vzácné.

### **Dutina ústní a nosní**

Dochází k atrofii s totální suchostí, případně vznikem vředů. V důsledku suchých sliznic je obtížné polykání i mluvení a ztrácí se schopnost rozlišovat chutě. Pokud byla v ozařovaném objemu kost, může se objevit i osteoradionekróza. Ta vzniká zejména na podkladě nedostatečně sanovaných zubů a po extrakci zubů.

### **Hrtan**

Může dojít k otoku a bolestivé perichondritidě. Při vývoji vážného zúžení a stridoru je nutná tracheotomie.

### **Jícen**

Může se objevit poiradiační stenóza, ulerozní změny nebo vzácně píštěl bronchoezofageální či mediastinoezofageální. Při vývinu píštěle je bezpodmínečně nutná gastrostomie.

### **Plíce, mediastinum, pleura**

V návaznosti na časnou poiradiační pneumonitidu se rozvíjí plicní fibrosa. Změny na plicích jsou omezeny na ozářenou plochu a jsou poměrně ostře ohraničené na rentgenových snímcích. Jizvení a fibrosní změny v mediastinu mohou vést až k projevům městnání v horní polovině těla a k selhání pravého srdce. Na pleuře vzniká také jizvení a výrazné srůsty.

### **Srdce**

Na myokardu vznikají jizvy, které mohou vést k poruchám rytmu, k plicní hypertenzi s přetížením pravého srdce a nakonec k jeho selhání. Ohrožení jsou zejména pacienti se současným podáváním chemoterapie s antracykliny a ozářením.

### **Žaludek a duodenum**

Mezi nejzávažnější komplikace patří vřed s možností krvácení, perforace a následné

peritonitidy. V případě perforace je nutná laparotomie a zašití vředu. Resekční léčba se nedoporučuje pro křehkost tkání a nebezpečí uvolnění stehů.

### **Tenké a tlusté střevo, konečník**

Změny vznikají hlavně v podslizničním vazivu a stěně střeva, dochází k poruše vstřebávání živin. Může se objevit zánět s krvácením a tvorbou píštělí nebo perforací střeva. Nejčastěji vznikají píštěle rectovaginální po ozáření malé pánve. Mohou se vytvářet konvoluty ze střevních kliček, zvláště tam, kde bylo před ozařováním operováno. V případě zástavy střevní (ileus) pokud možno jen provést spojku s obejitím překážky bez resekce střeva, protože i po mnoha letech po ozařování je tkáň křehká a hrozí uvolnění stehů. V případě rektovaginální píštěle nebo stenóze na sigmatu založit střevního vývodu (anus praeter) pokud možno v neozářené části střeva.

### **Játra**

Po ozáření dochází k zániku parenchymu s jizvením, dochází k portální hypertenzi, cirhóze a tvorbě ascitu.

### **Slinivka**

Dochází k úbytku parenchymu s enzymovou nedostatečností.

### **Ledviny**

Vyvíjí se svraštělá ledvina a anurie. Změny jsou nevratné, je nutná dialýza, případně transplantace ledviny.

### **Retroperitoneální prostor**

Může dojít k zjizvení tohoto prostoru s následnou stenózou ureterů a vývojem hydronefrózy.

### **Močový měchýř**

Dochází k fibrózní přeměně stěny močového měchýře až k svraštělému měchýři s maximální kapacitou do 50 ml. Nemocní si stěžují na krvácení, dysurii, křeče a stálé nucení k močení.

### **Mozek a mícha**

Je možná tvorba nekróz, které se nacházejí hlavně v bílé hmotě. Nejzávažnějším důsledkem pozdního poškození míchy je transverzální léze míšní.

### **Cévy**

Dochází ztlustění cévní stěny až k jejímu kompletnímu uzávěru. Doba latence dlouhá až 25 i více roků po ozařování.

### **Skelet**

Může dojít k osteoradionekróze a spontánním frakturám ozářených kostí.

### **Periferní nervy**

Konečným důsledkem může být zjizvení a zničení nervové dráhy s klinickým obrazem parestézií a paréz.

## **12.6.4. Velmi pozdní účinky záření**

### **Genetické změny**



Dle možností je vhodné chránit reprodukční orgány. Dále je doporučováno před uvažovaným založením rodiny provádět genetické vyšetření.

### **Indukce sekundární malignity**

Riziko sekundárních malignit stoupá při kombinované léčbě s cytostatiky. Pro zařazení do skupiny radiačně indukovaných malignit musí být splněna následující kritéria:

- doba latence několik let;
- lokalizace v dříve ozářených objemech tkání;
- rozdílná histologie nádorů.

Většina duplicitních nádorů je obtížně léčitelná. Nejčastěji se objevují tumory kůže, štítnice, ledvin, prsu, sarkomy a leukemie.