

Zobrazovací metody a radiační ochrana

Radiologie a nukleární medicína

Ústav nelékařských zdravotnických studií



**SLEZSKÁ
UNIVERZITA**
FAKULTA VEŘEJNÝCH
POLITIK V OPAVĚ

Iveta Bryjová

Sylabus



Zobrazovací metody a radiační ochrana

(Pediatrické ošetřovatelství, Všeobecné ošetřovatelství)

1. Zdroje a vlastnosti RTG záření
2. RTG vyšetřovací metody
3. Výpočetní tomografie
4. Ultrazvukové zobrazovací metody
5. Magnetická rezonance
6. Příprava pacienta před radiologickým vyšetřením
7. Kontrastní látky
8. Specifika vyšetřování dětských pacientů
9. Biologické účinky ionizujícího záření
10. Principy radiační ochrany

Sylabus

Zobrazovací metody, radiační ochrana

(Porodní asistence)

1. Vznik rentgenového záření. RTG vyšetřovací metody.
2. Ortopantomogram. Počítačová tomografie.
3. Ultrazvukové zobrazovací metody.
4. Nukleární magnetická rezonance.
5. Termografie. Nukleární medicína.
6. Metody záznamu obrazu. Kontrastní látky, angiologie.
7. Bezpečnost na radiologickém pracovišti. Biofyzika tkání a orgánů.
8. Biofyzika vnímání, ekologická biofyzika. Účinky tepla, termometrie. Biorytmy.
9. Zdroje a druhy ionizujícího záření, detekce ionizujícího záření.
10. Biologické účinky ionizujícího záření. Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.

Sylabus

Radiologie a nukleární medicína (Všeobecná sestra)

1. RTG záření – zdroje, vlastnosti, primární a sekundární záření.
2. Biologické účinky ionizujícího záření, principy radiační ochrany.
3. Základní RTG vyšetřovací metody – indikace, příprava k vyšetření.
4. Speciální RTG vyšetřovací metody včetně kostní denzitometrie a mamografie, mamografický screening.
5. Kontrastní látky – nežádoucí účinky podání kontrastních látek zejména jodových. Prevence a léčba alergických reakcí.
6. Digitální subtrakční angiologie (DSA) – indikace, příprava před a i po vyšetření, instrumentarium.
7. Výpočetní tomografie (CT) – princip, indikace, příprava k vyšetření.
8. Ultrazvuk – princip, indikace, příprava k vyšetření.
9. Magnetická rezonance – princip, indikace a kontraindikace, příprava k vyšetření.
10. Nukleární medicína – základní metody, použití.
11. Digitální radiologie, archivace obrazové dokumentace, PACS.
12. Specifika RTG vyšetření dětských pacientů.

Sylabus

Radiologie, biofyzika a zobrazovací metody v zubním lékařství (Dentální hygiena)

Přednášky

1. Vznik rentgenového záření. RTG vyšetřovací metody. Bezpečnost na radiologickém pracovišti.
2. Ortopantomogram. Počítačová tomografie. Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.
3. Ultrazvukové zobrazovací metody. Termografie.
4. Nukleární magnetická rezonance. Nukleární medicína.
5. Metody záznamu obrazu. Projekce ve stomatologickém zobrazování.
6. Kontrastní látky, angiologie.
7. Biofyzika tkání a orgánů.
8. Biofyzika vnímání, ekologická biofyzika.

Semináře

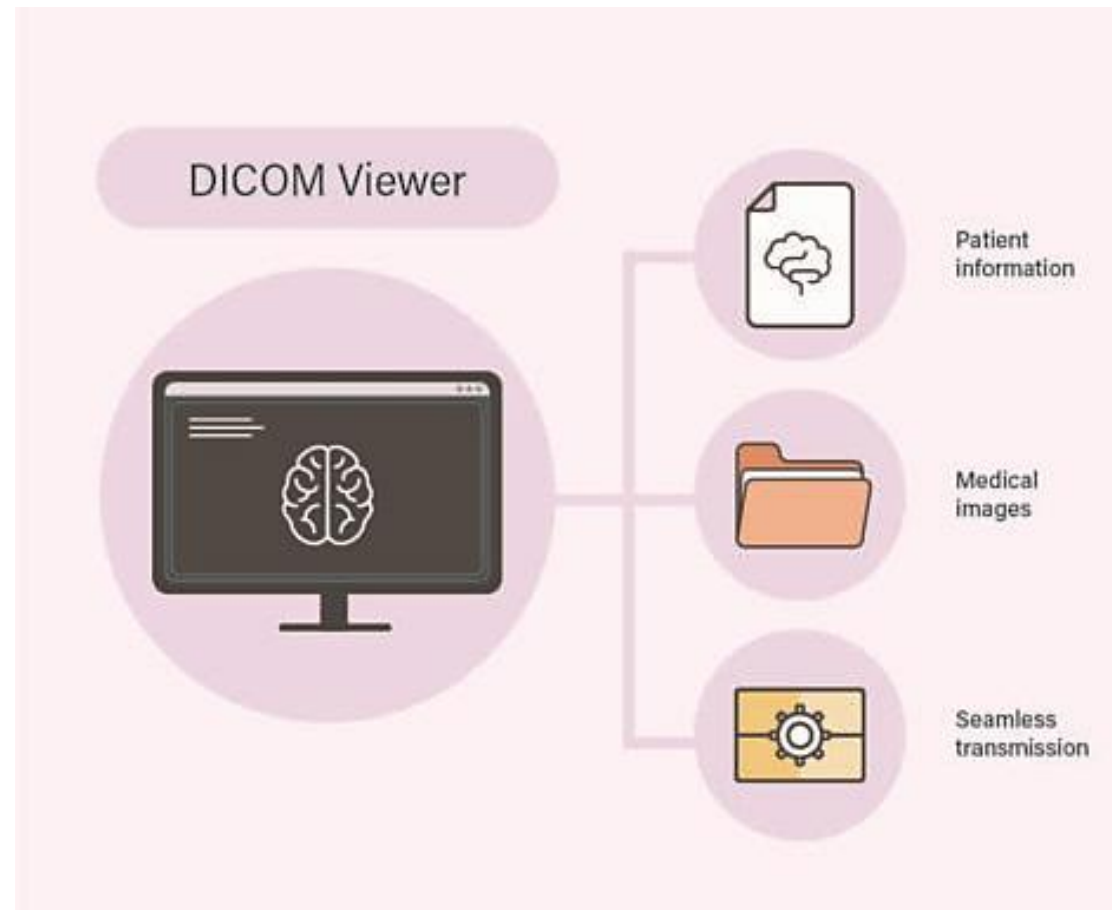
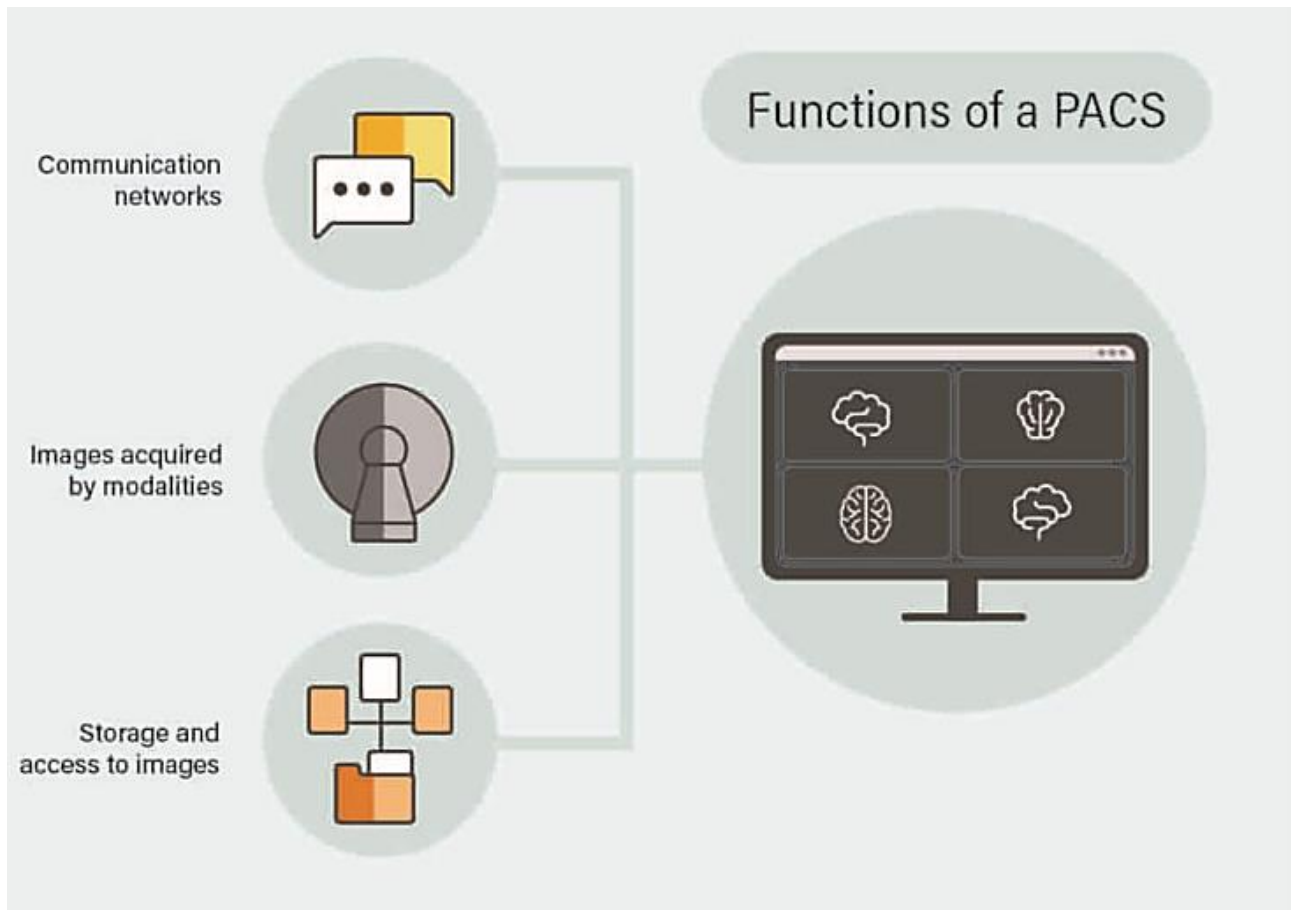
1. Účinky tepla, termometrie. Biorytmy.
2. Zdroje a druhy ionizujícího záření, detekce ionizujícího záření.
3. Biologické účinky ionizujícího záření.
4. Posouzení a hodnocení rentgenového snímku dutiny ústní.
5. Popis normálního rentgenogramu dutiny ústní.
6. Popis patologických změn na rentgenogramu dutiny ústní.
7. Posouzení snímku magnetické rezonance dutiny ústní.
8. Posouzení sonografického nálezu submandibuární krajiny.
9. Práce s fotoaparátem, fotografií a intraorální kamerou.

Formát medicínských obrazových dat

- Lékařská informatika
 - Velkoobjemová data
- Etické aspekty – patientská data
 - Bezpečnost, archivace, přenos, kódování, klasifikace, důvěrnost, ochrana
- Hlavní zdroje medicínských dat
 - Biologické signály
 - Obrazová data
- DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)
- PACS (Picture Archiving and Communication System)
- e-PACS – dálkový přenos dat

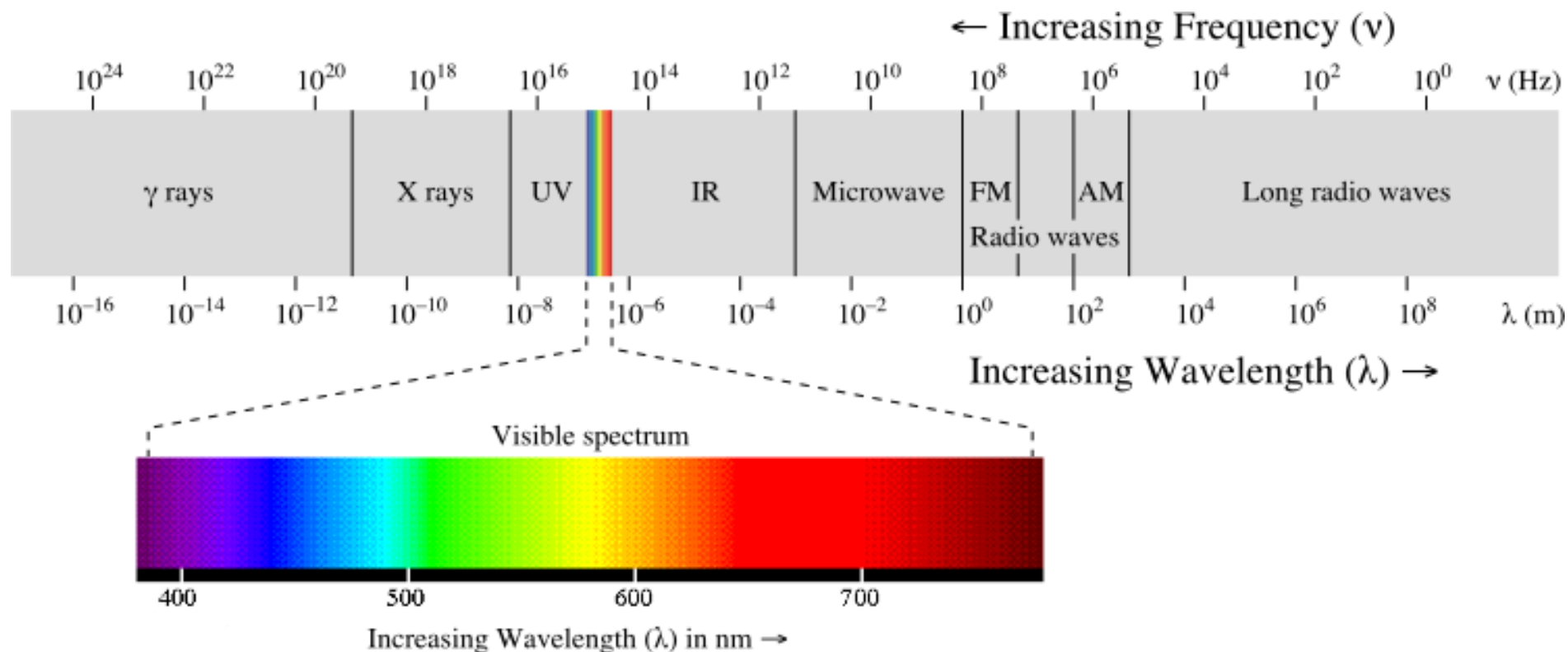
KIS
RIS

PACS vs. DICOM → rozdíly?



Lékařské zobrazovací metody

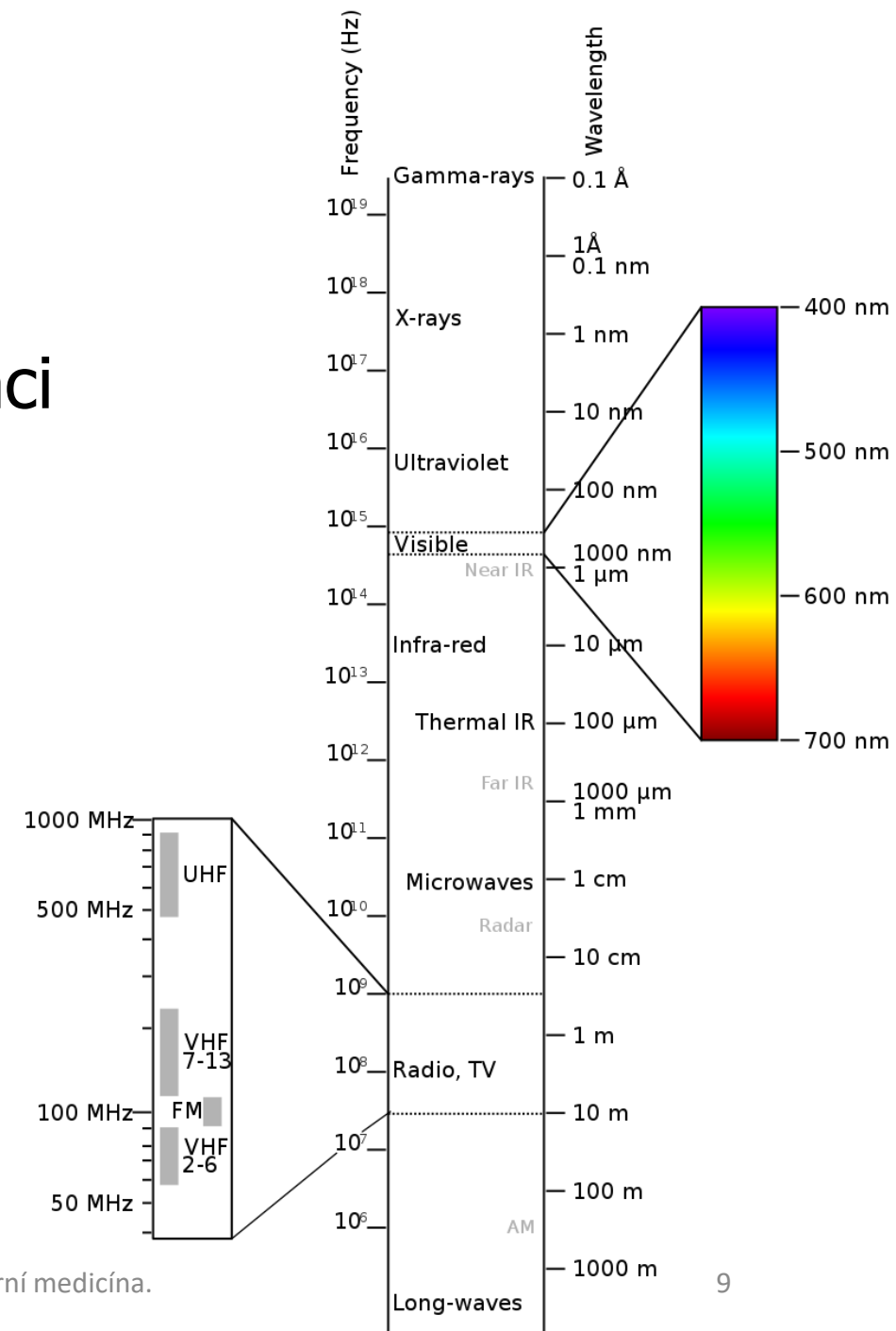
- Zobrazovací metody využívající ionizující záření
- Zobrazovací metody využívající neionizující záření



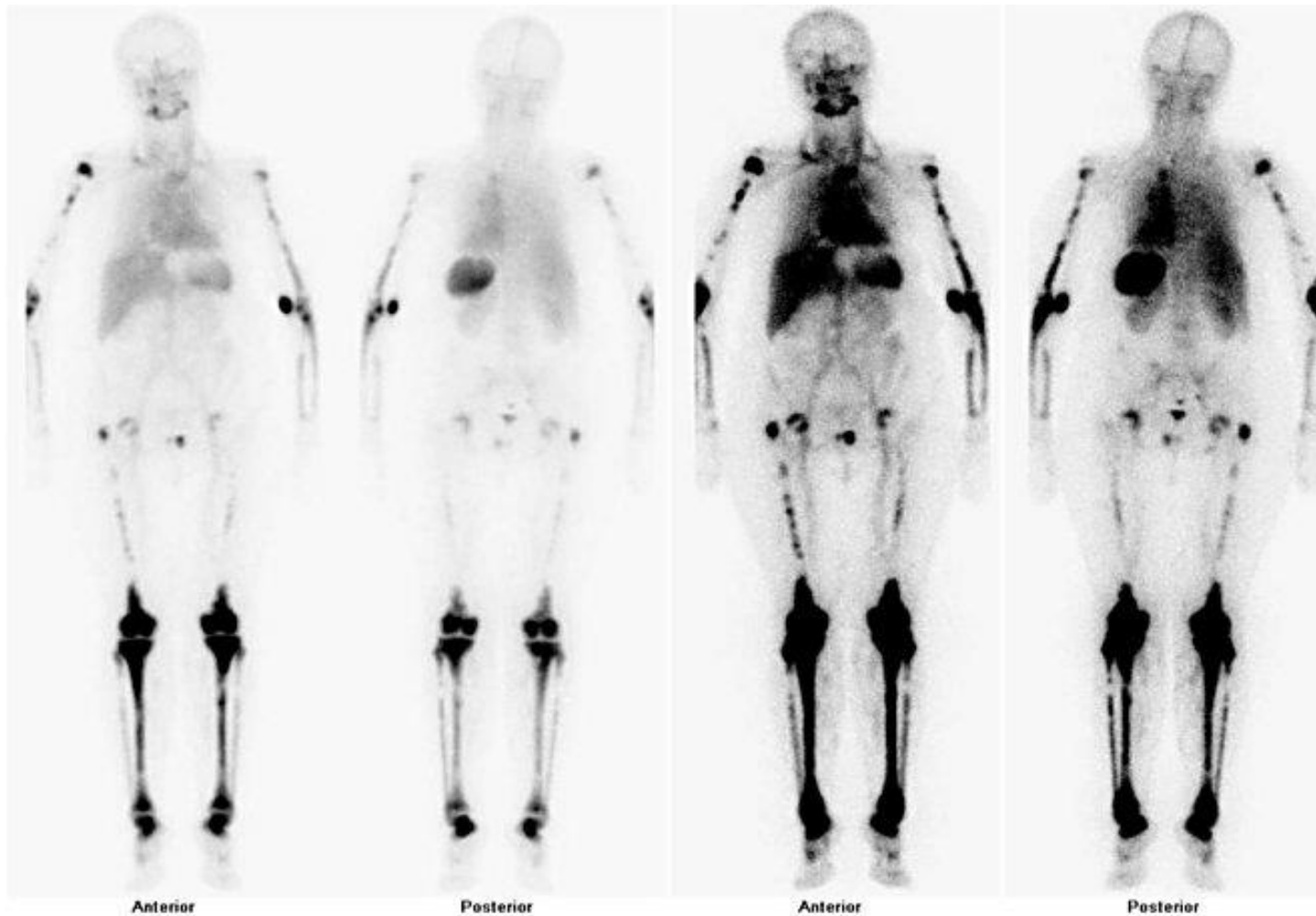
Elektromagnetické spektrum

Gama záření (γ)

- Krátkovlnné elmag. záření o vysoké frekvenci a energii
- $E \approx 100 \text{ keV}$; $f \approx 10^{18} \text{ Hz}$; $\lambda < 300 \text{ pm}$
- Vzniká v jádře atomu
- Nejpronikavější
- [Leksellův gama nůž](#)
- Dg., th., sterilizace
- Scintigrafie, PET, SPECT, gamakamera (Angerova kamera)



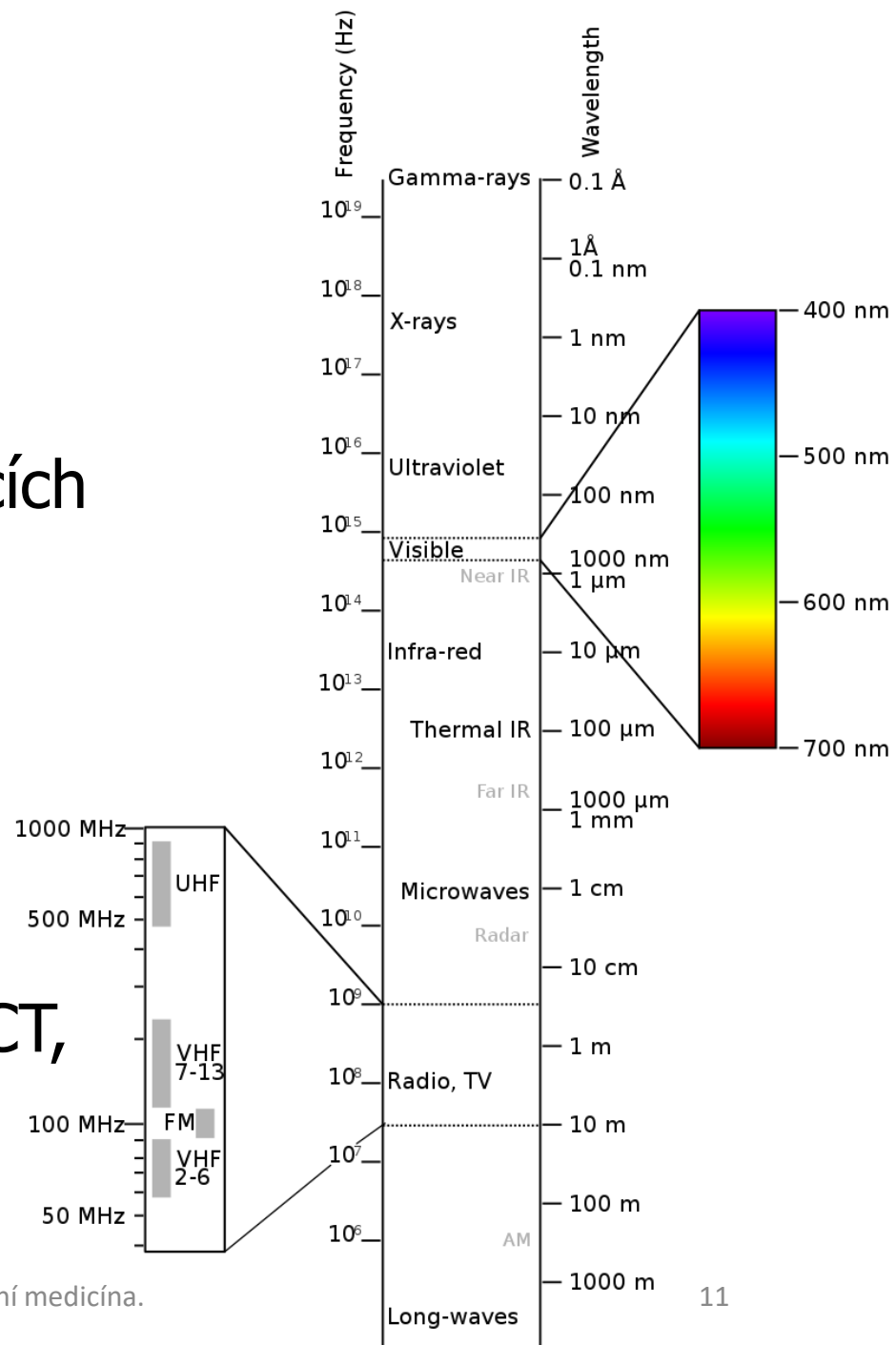
Nukleární medicína



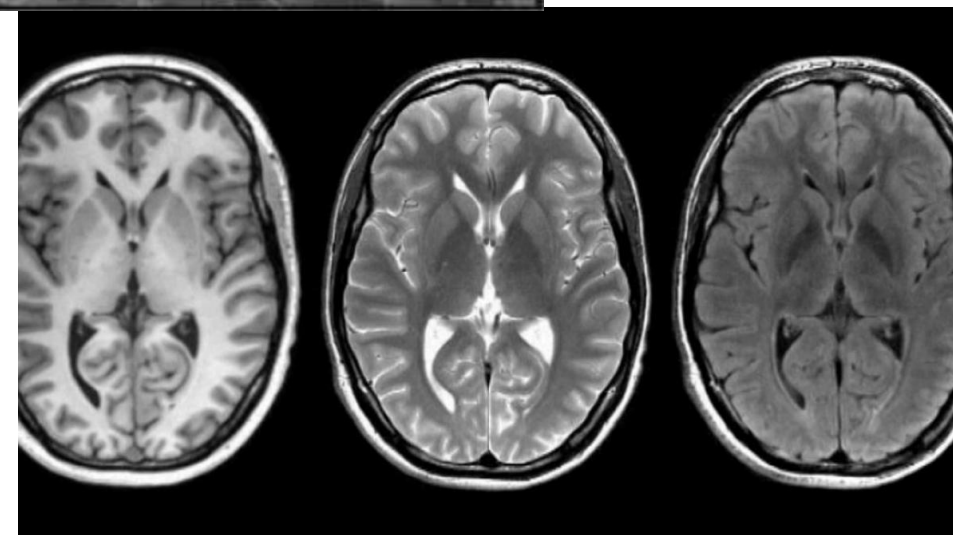
Elektromagnetické spektrum

Rentgenové záření (X-rays)

- $\lambda 10^{-12} - 10^{-8}$
- Vzniká při přeměně energie rychle se pohybujících elektronů
- Elektronový obal
- Kvantový dualismus – fotony s $E = 5-200$ keV
- Měkké a tvrdé RTG záření
- Skiografie, skiaskopie, mamografie, zubní rentgenové přístroje (i.o., OPG, dRTG, CBCT), CT, DSA, angiografie, denzitometrie
- Zdroje – hvězdy, rentgenka



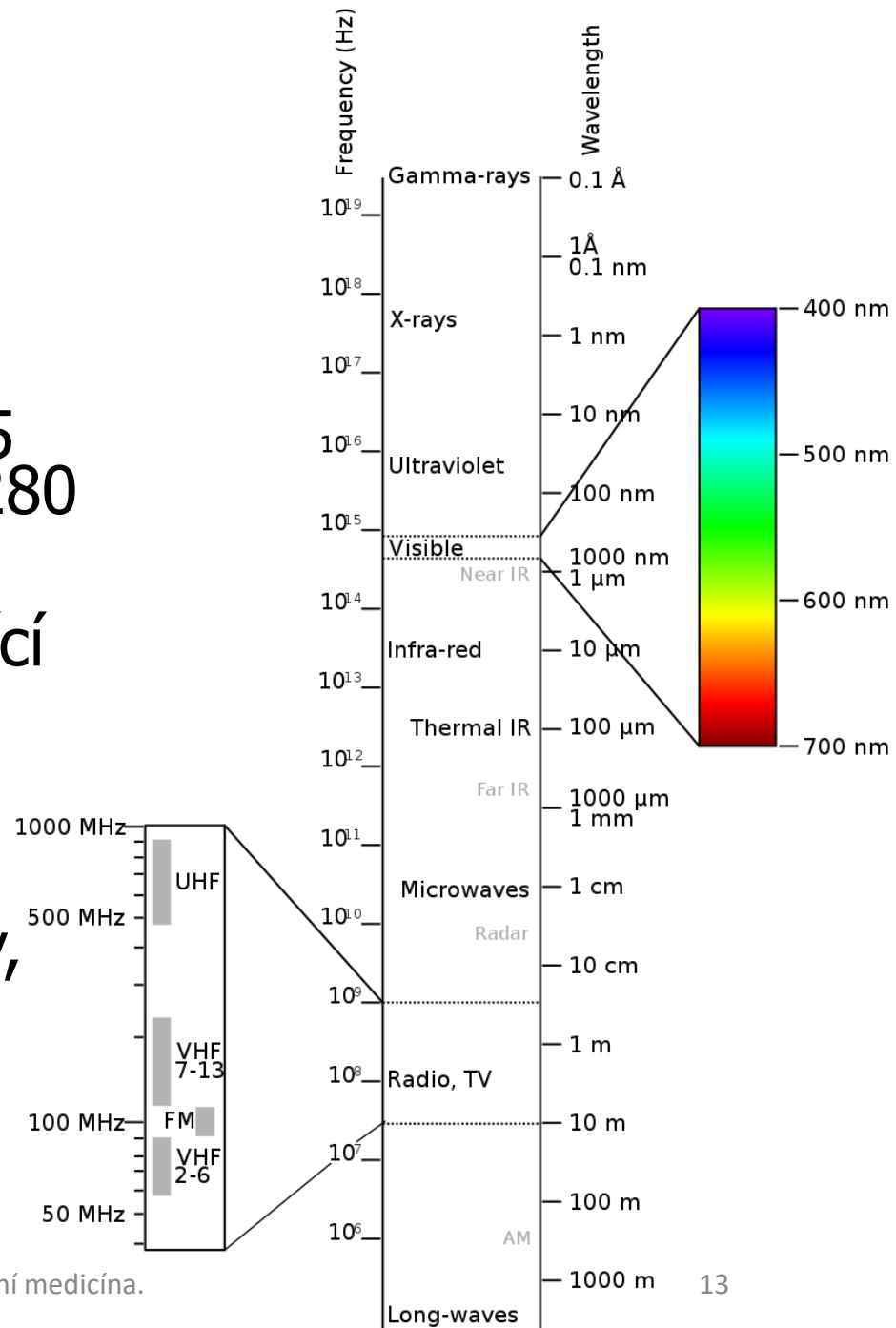
Rentgenová diagnostika



Elektromagnetické spektrum

UV záření

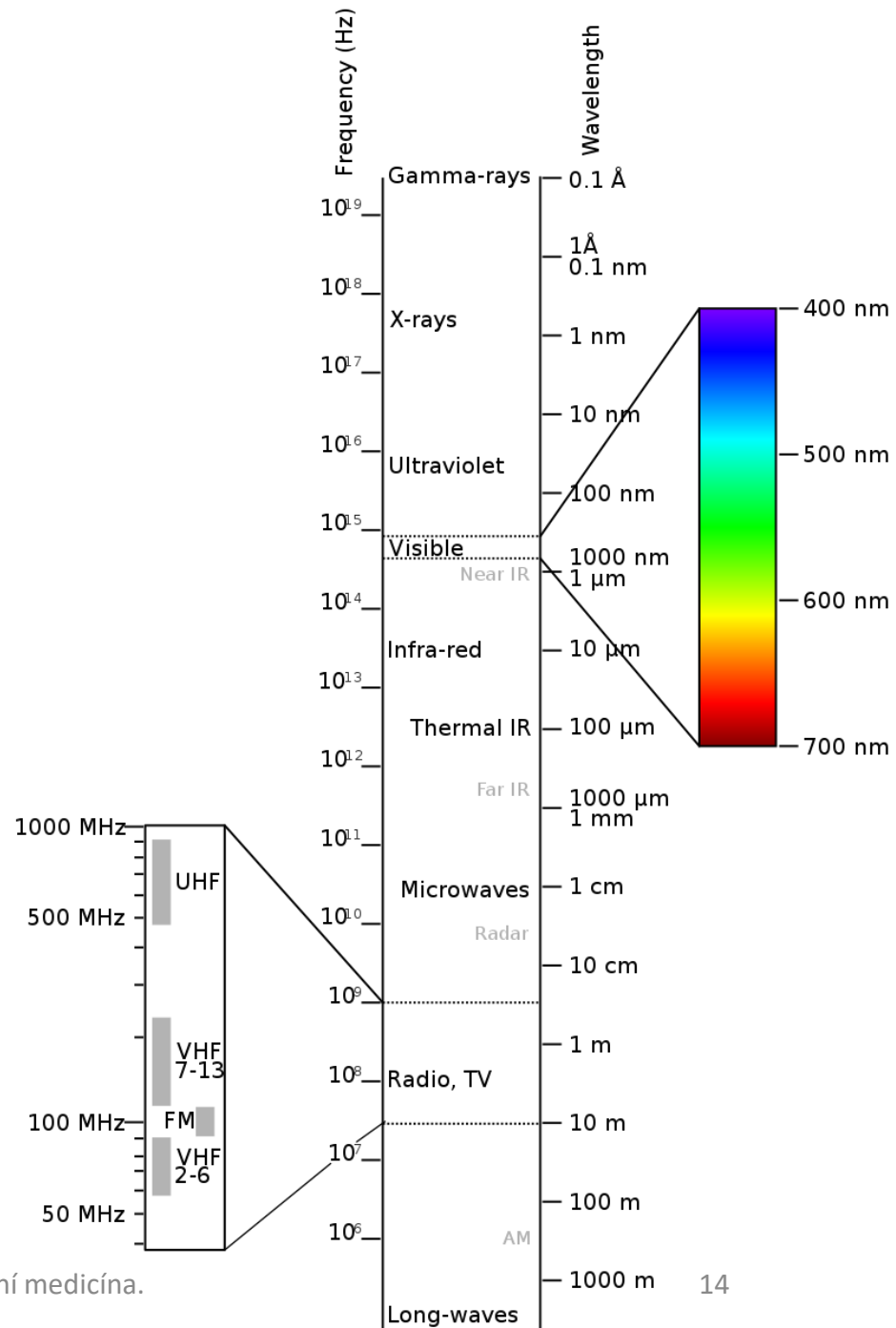
- Neionizující záření
- UV-A (315 do 400 nm) – dermis; UV-B (280–315 nm) – absorbuje v epidermis; UV-C (kratší než 280 nm)
- Hloubka průniku UV záření kůže roste se zkracující se vlnovou délkou
- Vysoké dávky → erytém, melanom
- Účinky na kůži, oko, systémové účinky (IS, stimulace metabolismu, ↑TK, stimulace hypofýzy, SZ, uvolnění histaminů, cytokinů)
- Dezinfekční účinky, germicidní lampy



Elektromagnetické spektrum

Viditelné světlo

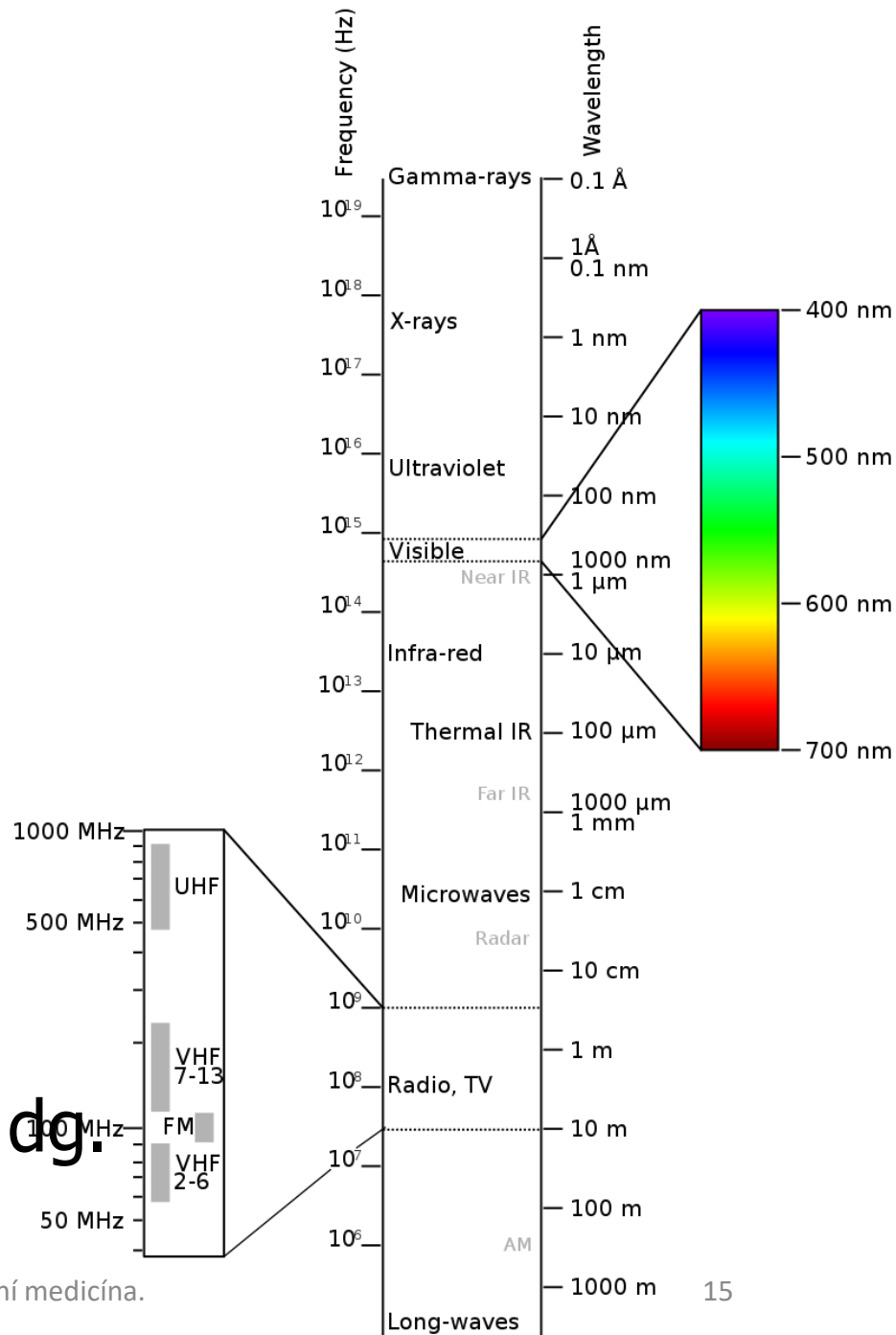
- Viditelná část spektra
- Bílá barva odráží všechny barvy světla
- Černá všechny pohlcuje
- λ od 400 nm do 750 nm
- Fotosyntéza
- Optika



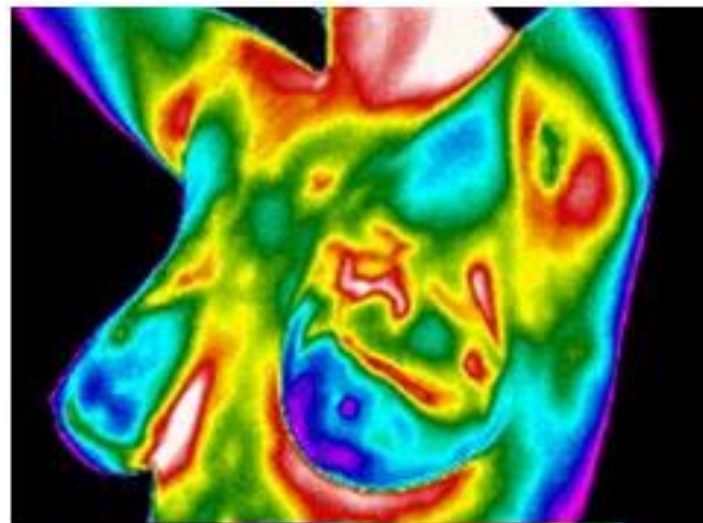
Elektromagnetické spektrum

IR záření

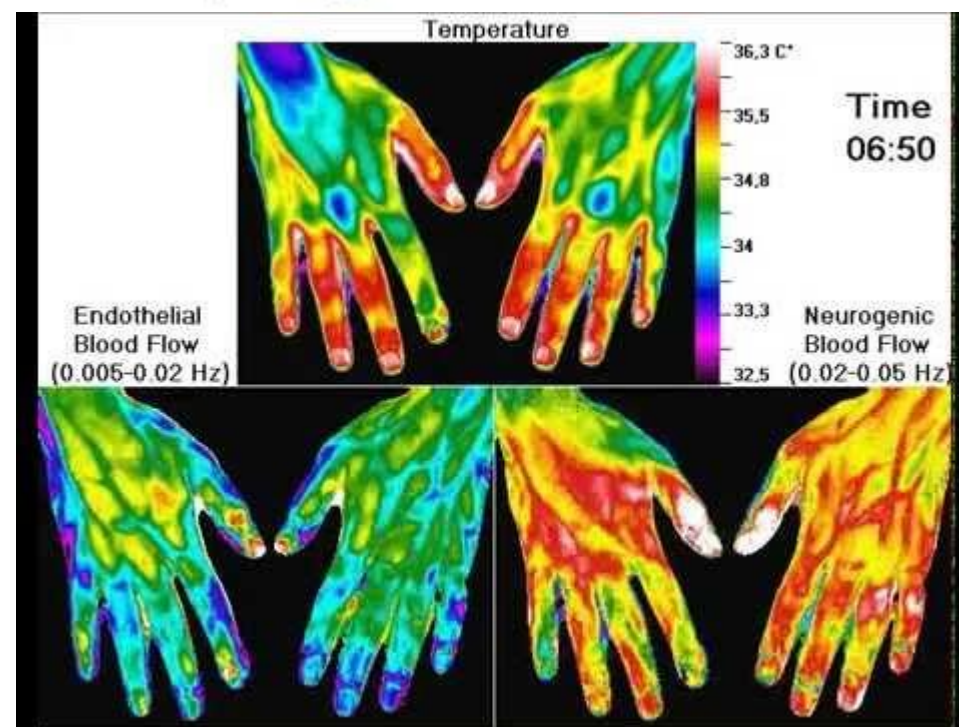
- Infračervené záření zaujímá oblast mezi nejkratšími radiovými vlnami ($\lambda=10^{-3}$ m) a světlem ($\lambda>790$ nm)
- Zdroj: tělesa zahřátá na vysokou teplotu
- Infrakamera
- Tepelné účinky – prohřívání, infrasauny
- Poškozuje oční čočku (katarakta)
- Termografie – termogram, termovize, laser, dg.
– teplotní reliéf, th.



Termogram



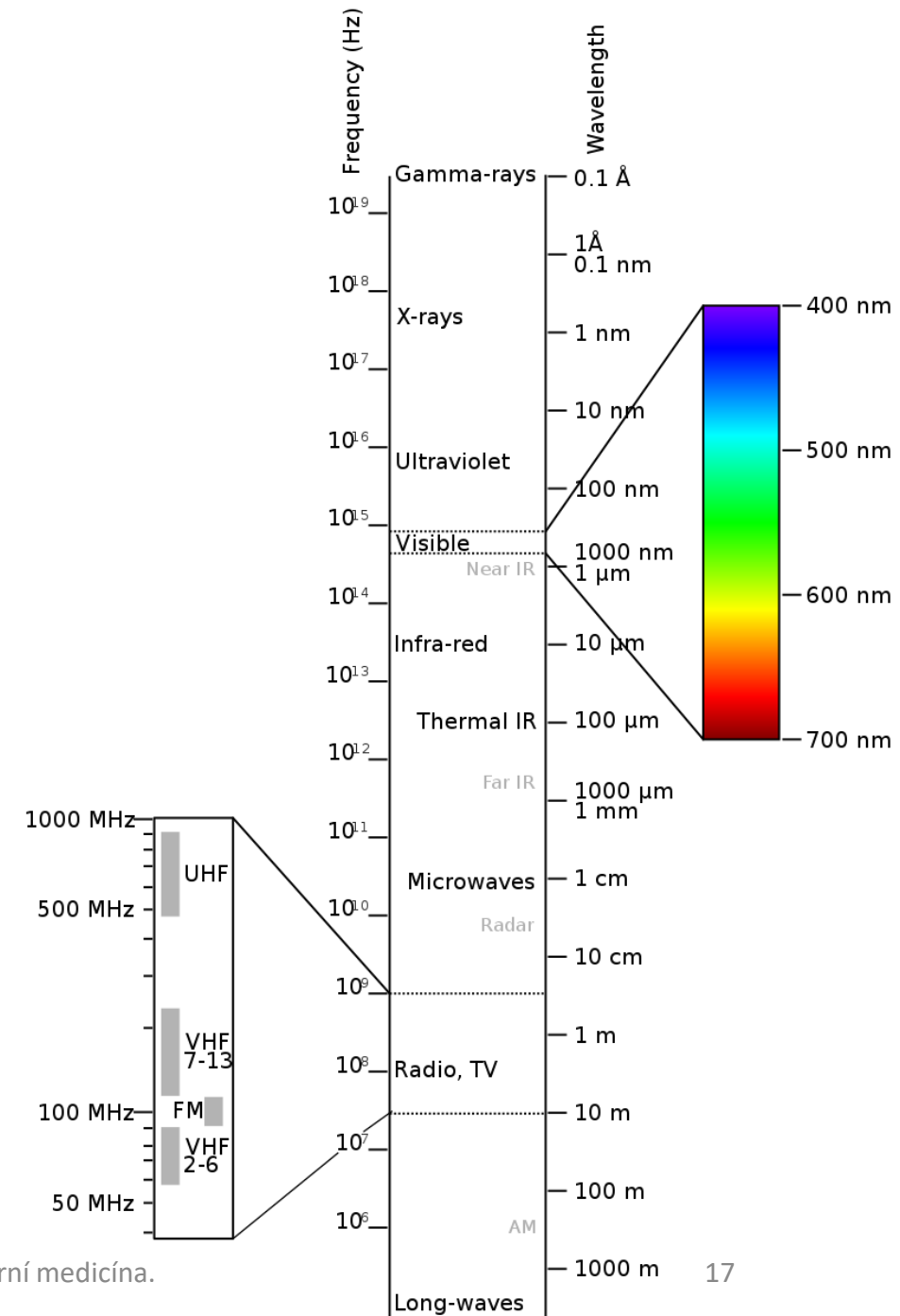
TH-2 Low Risk, Benign



Elektromagnetické spektrum

Mikrovlny

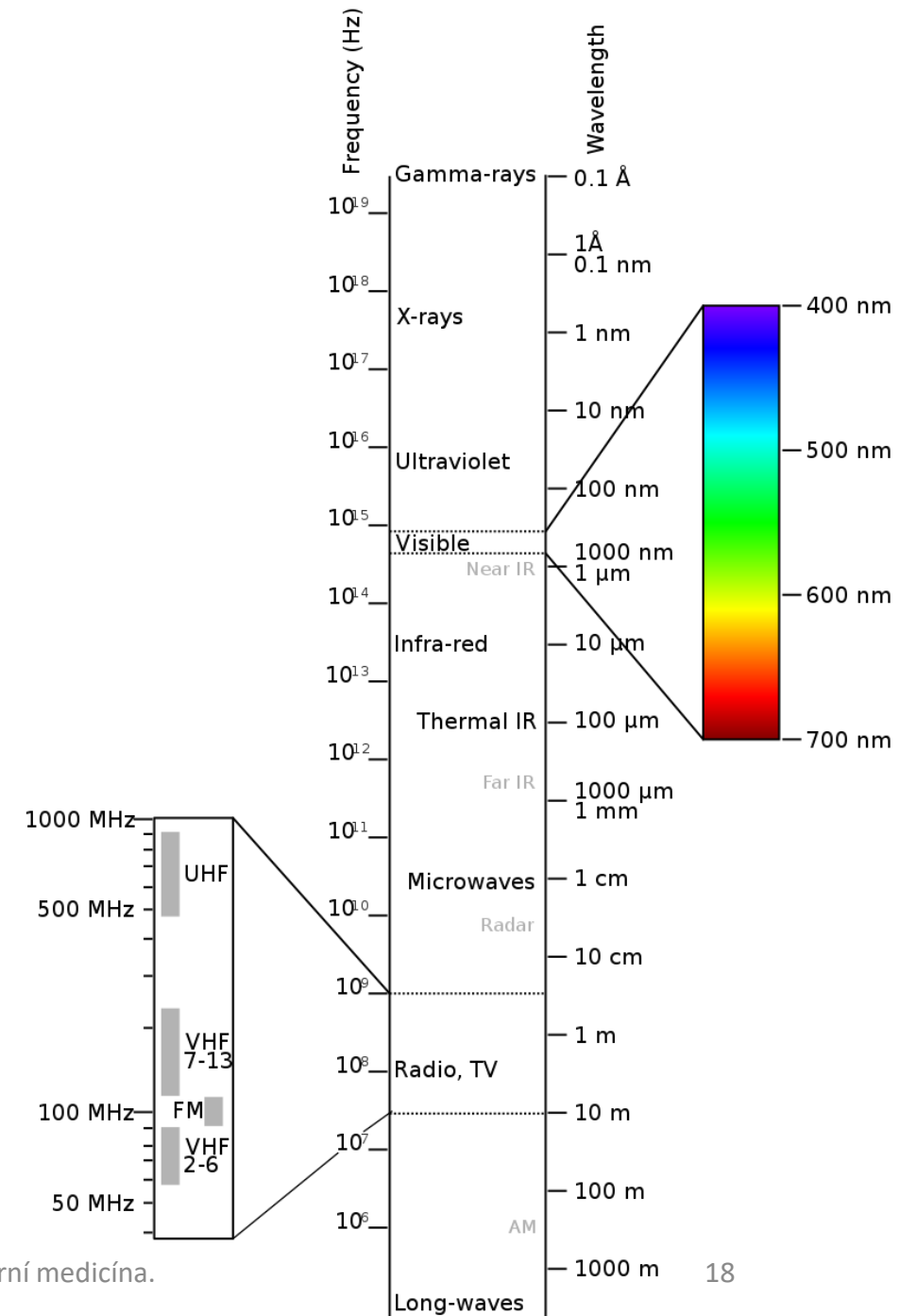
- λ 0.01–1 m
- f 30–0.3 GHz
- Magnetron
- Mikrovlnný reaktor – laboratoře
- Mikrovlnná trouba, radiolokace
- Léčba varixů



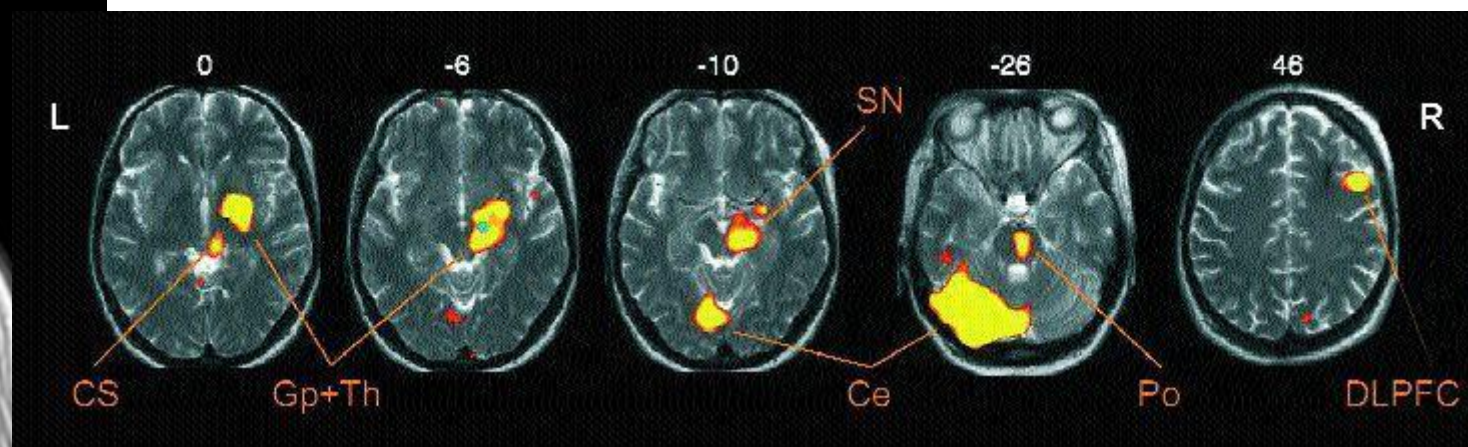
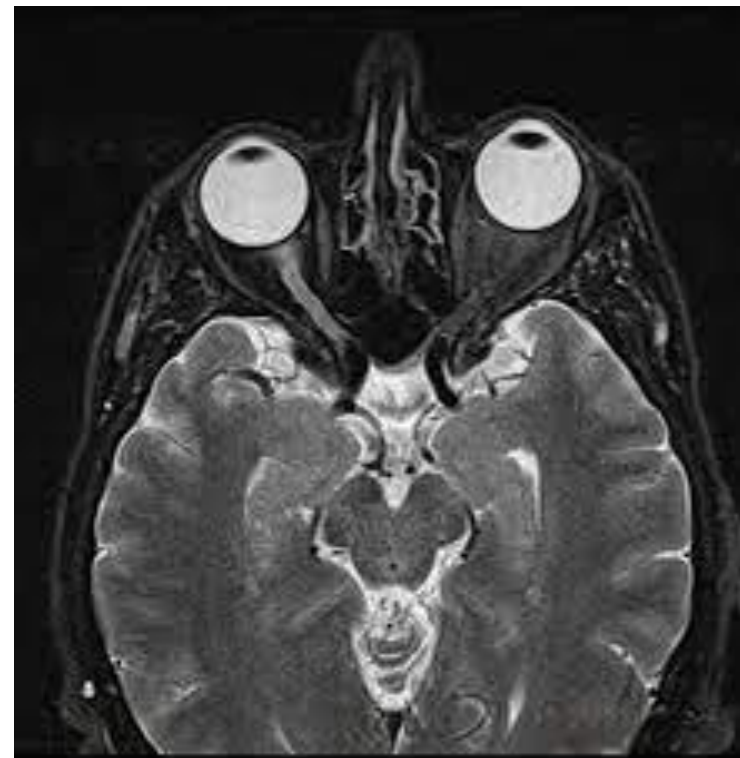
Elektromagnetické spektrum

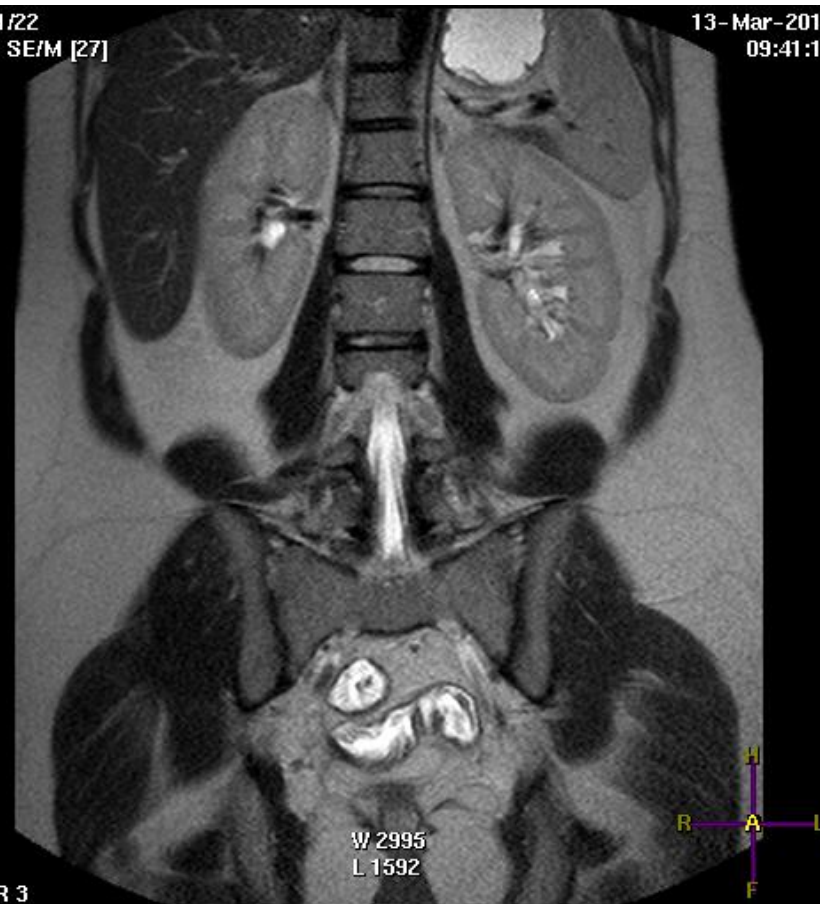
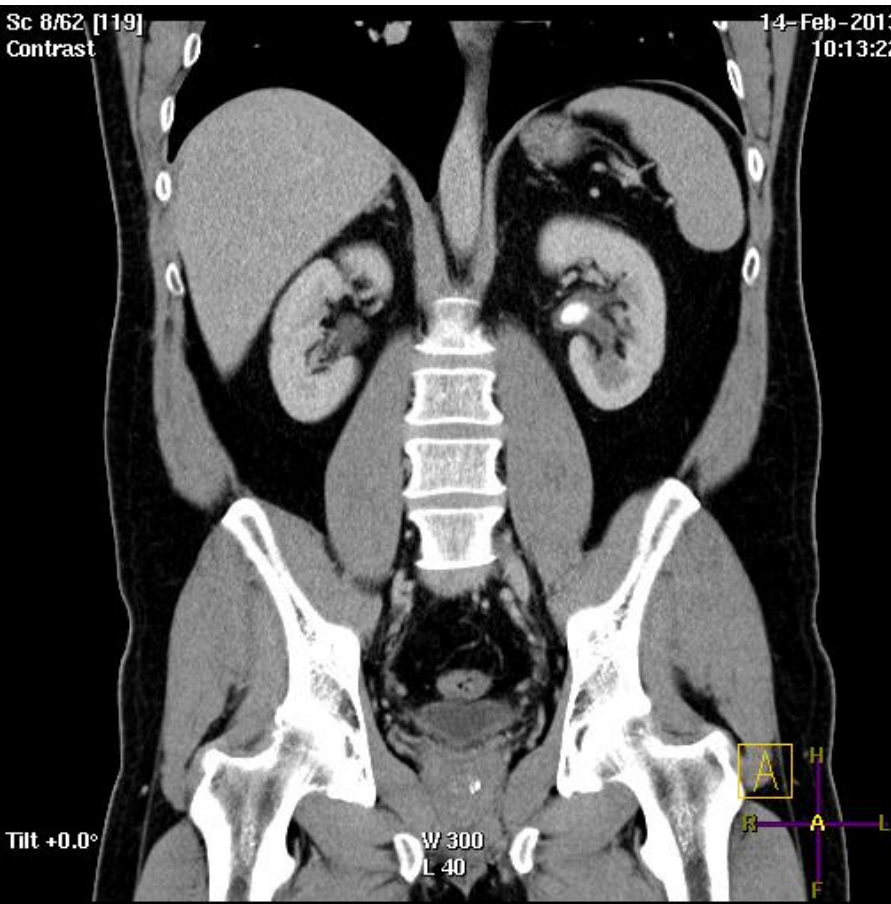
Rádiové vlny

- Nejdelší vlnová délka
- Dělí se do několika pásem
- MRI, fMRI
 - Elektromagnetický signál v oblasti spektra rádiových vln (MHz)



MRI/fMRI



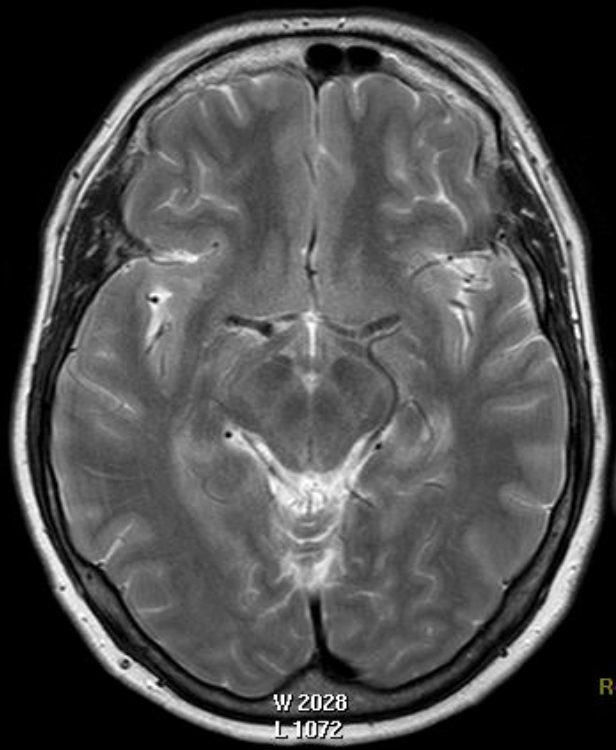


Sc 2/14 [29]

16-Apr-2013
07:29:26

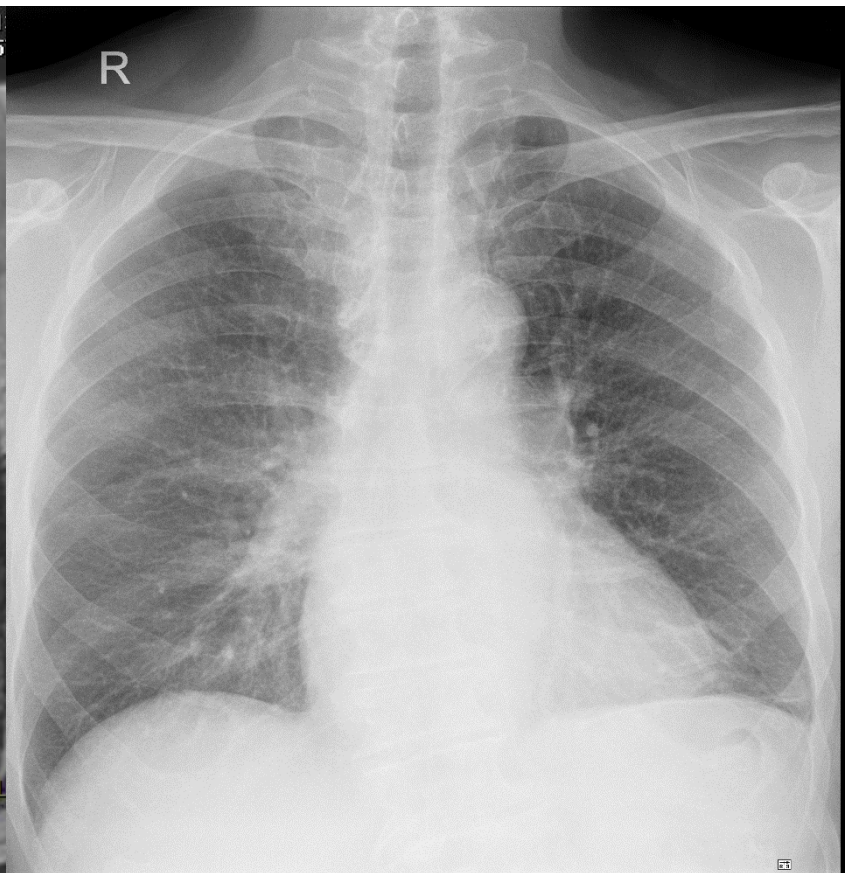
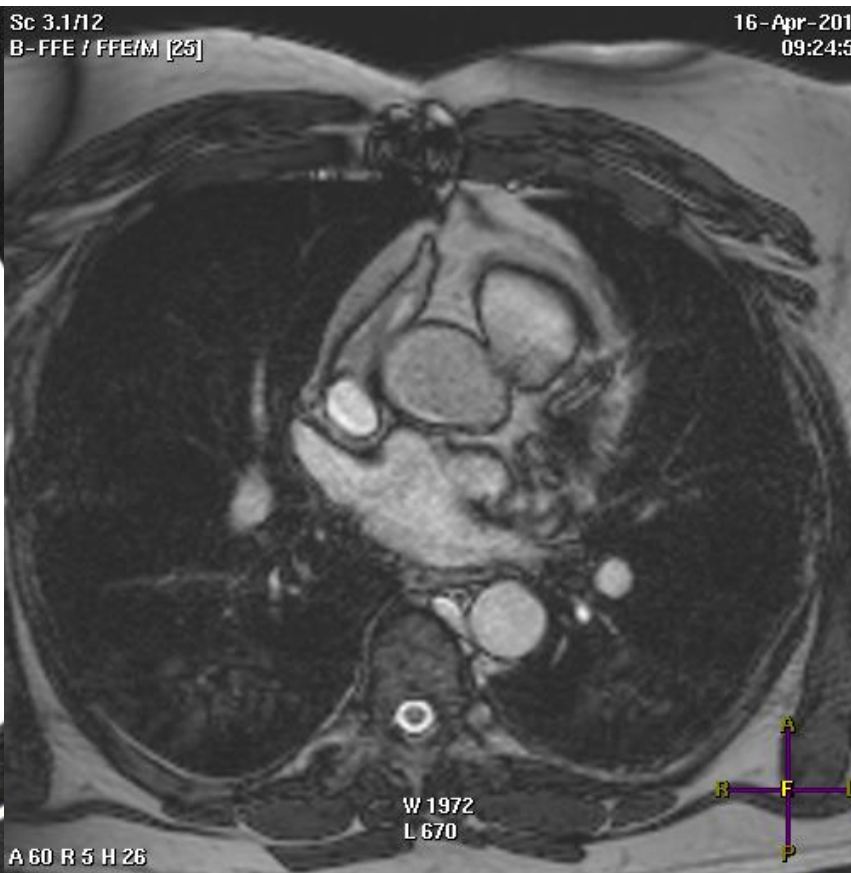
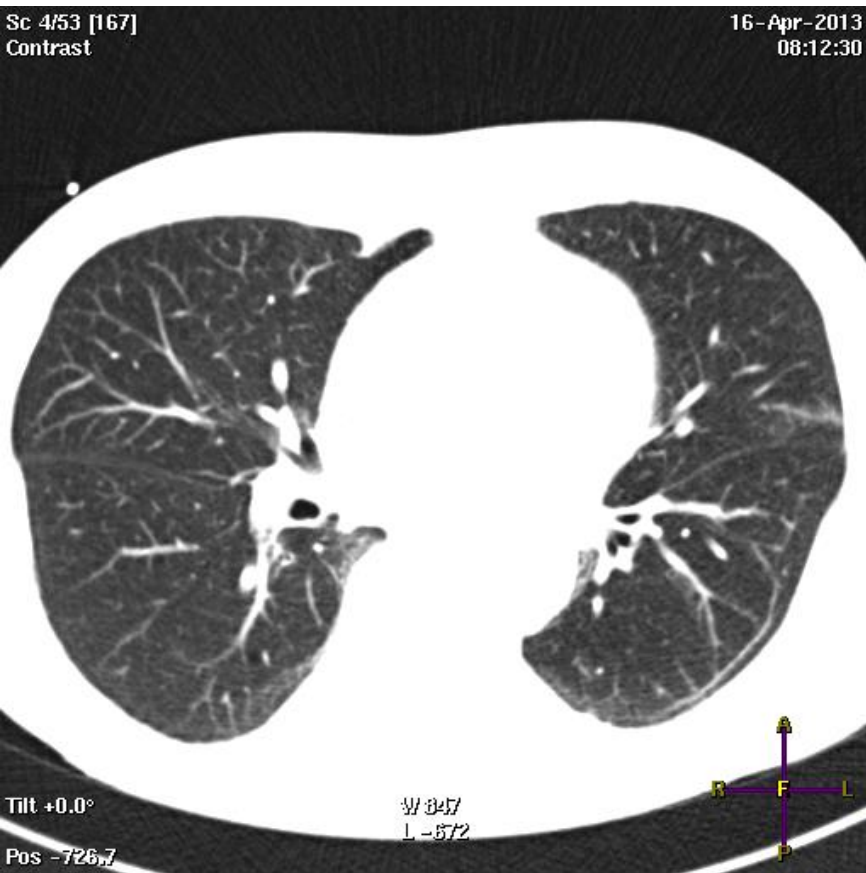
Sc 3.1/11
TSE / SE/M [22]

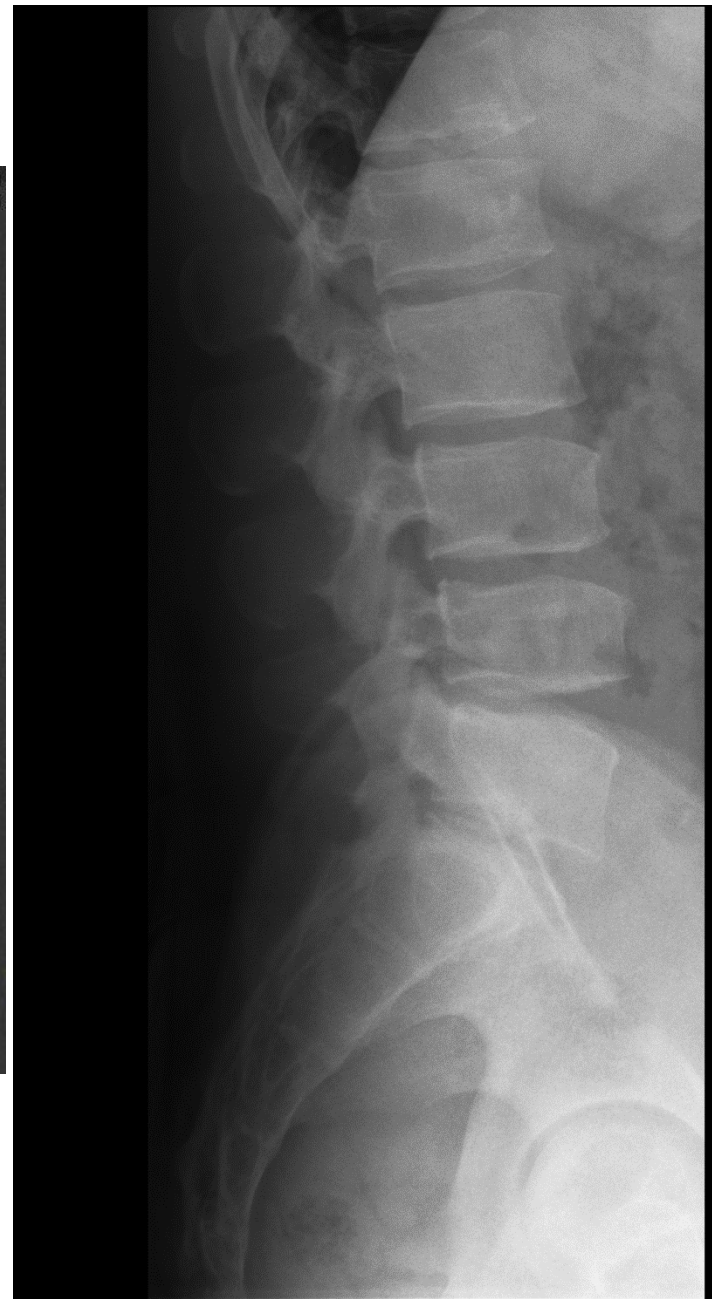
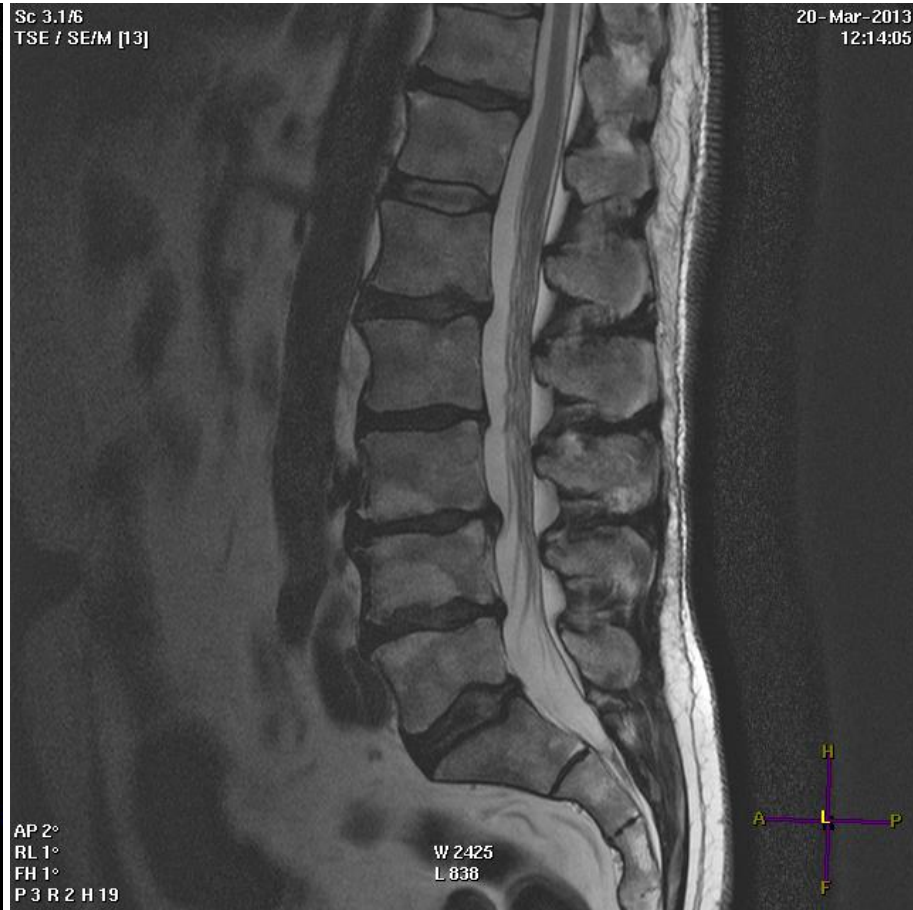
11-Apr-2013
10:31:25

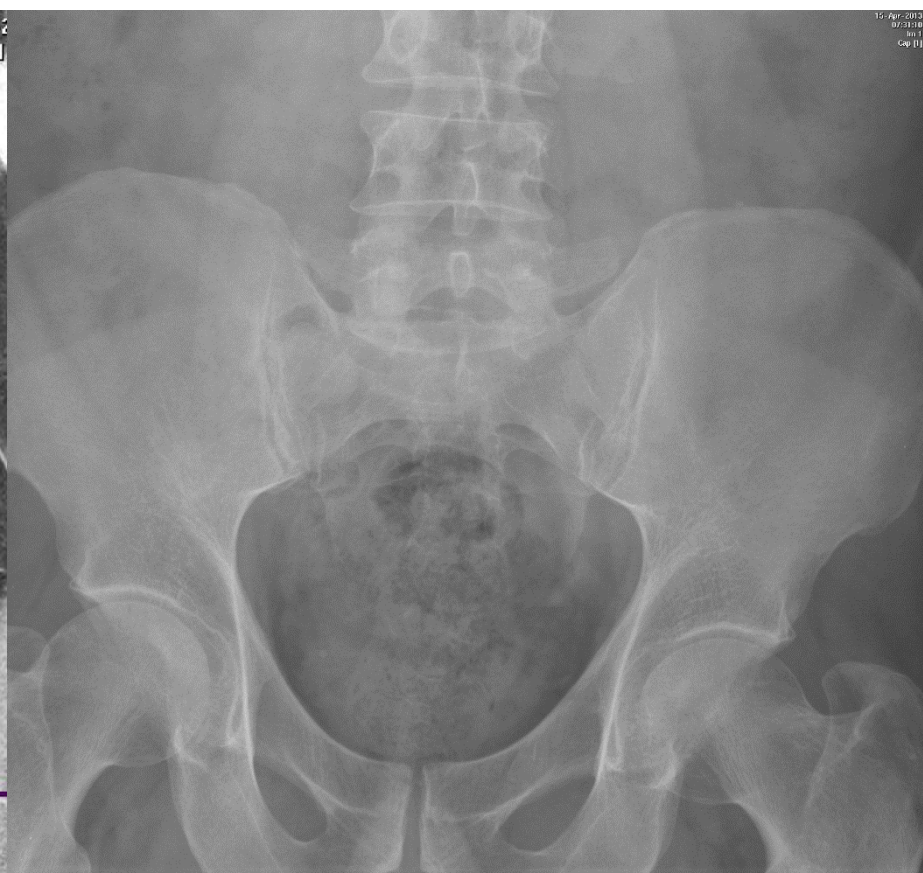
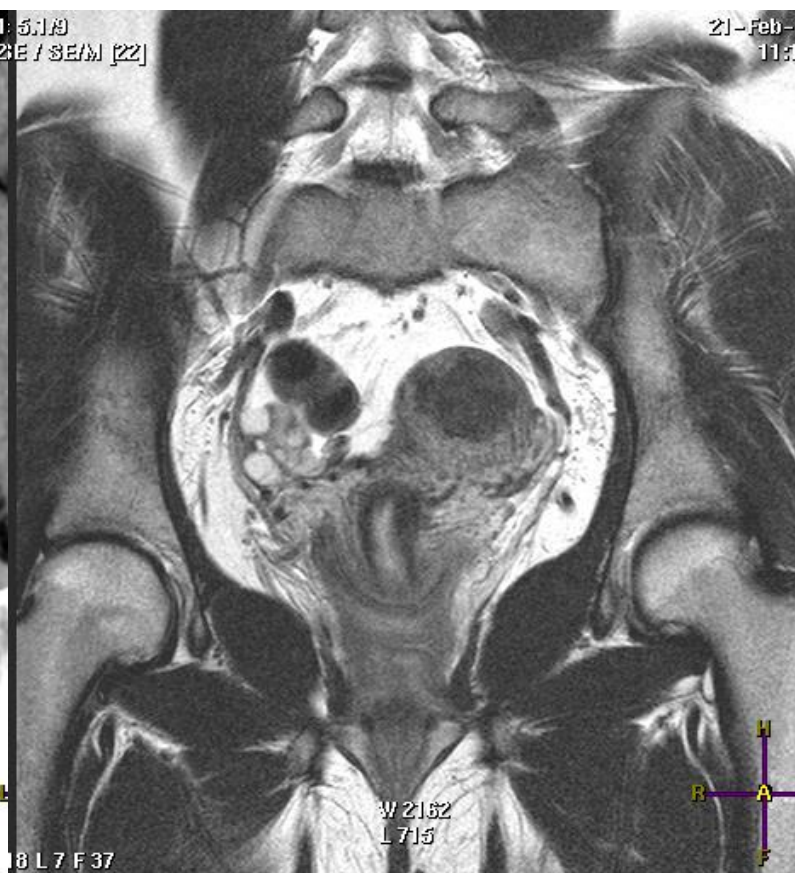
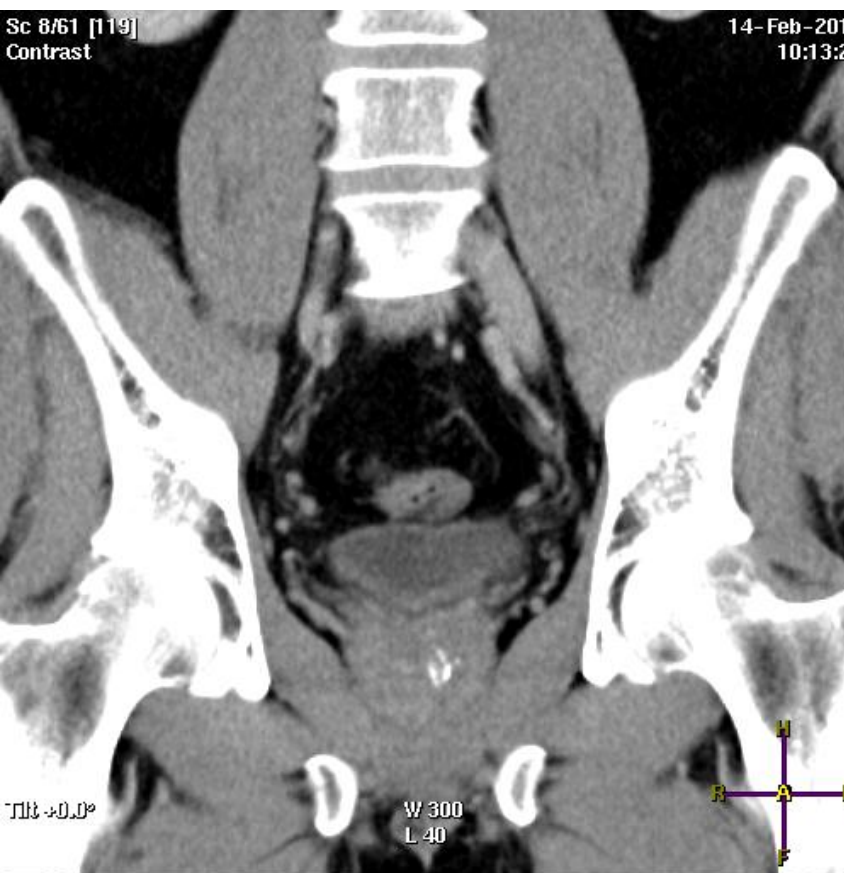


AP -3°
RL -15°
FH 2°
A 24 H 6









Biologické účinky ionizujícího záření

Účinky záření na živou hmotu

- Řídí se obecnými zákony platnými i pro neživé látky
- Ionizace, excitace → absorpce energie

Účinky záření na buňku a tkáň

- Buněčná deplece – interfáze, relativně ↑ dávka záření; mitóza, menší dávky
- Změna cytogenetické informace
 - Nenarušují průběh buněčného dělení
 - Mutace – bodové, genové, chromozómové; gametické, somatické
 - Vztah ke vzniku rakoviny

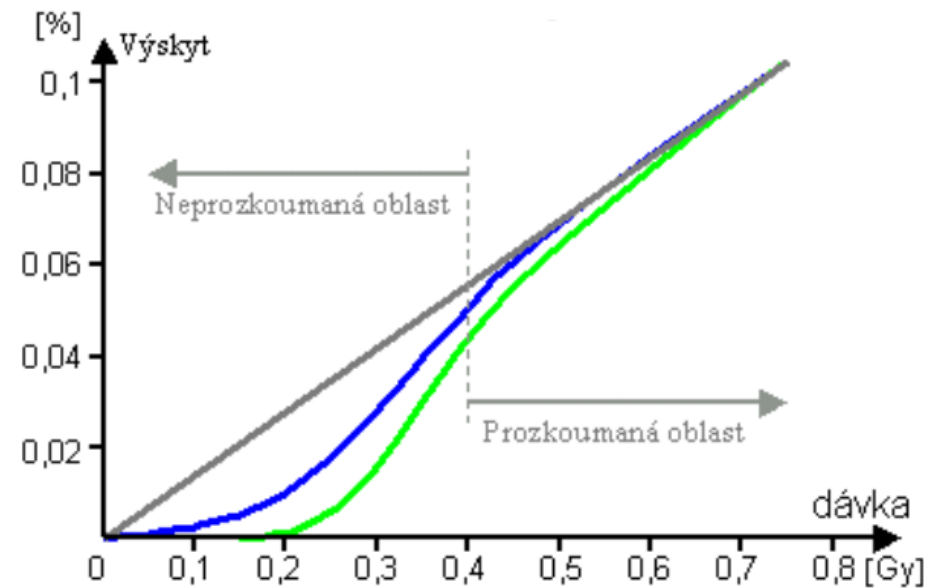
Vztah dávky a účinku

- Deterministické účinky
- Stochastické účinky

Stochastické a deterministické účinky

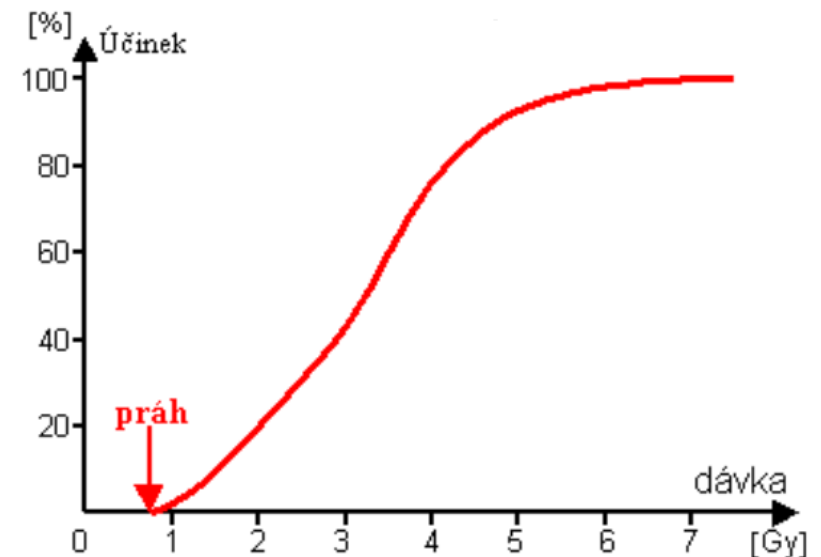
Stochastické účinky

- Následek mutace genomu po ozáření
- Prahová dávka není známá
- Závažnost účinků není závislá na dávce
- Četnost výskytu je závislá na dávce
- Lineárně se zvyšuje s dávkou



Deterministické účinky

- Důsledek letálního poškození buněk (od 100 mGy)
- Překročení **prahové** dávky
- Závažnost účinků závisí na dávce



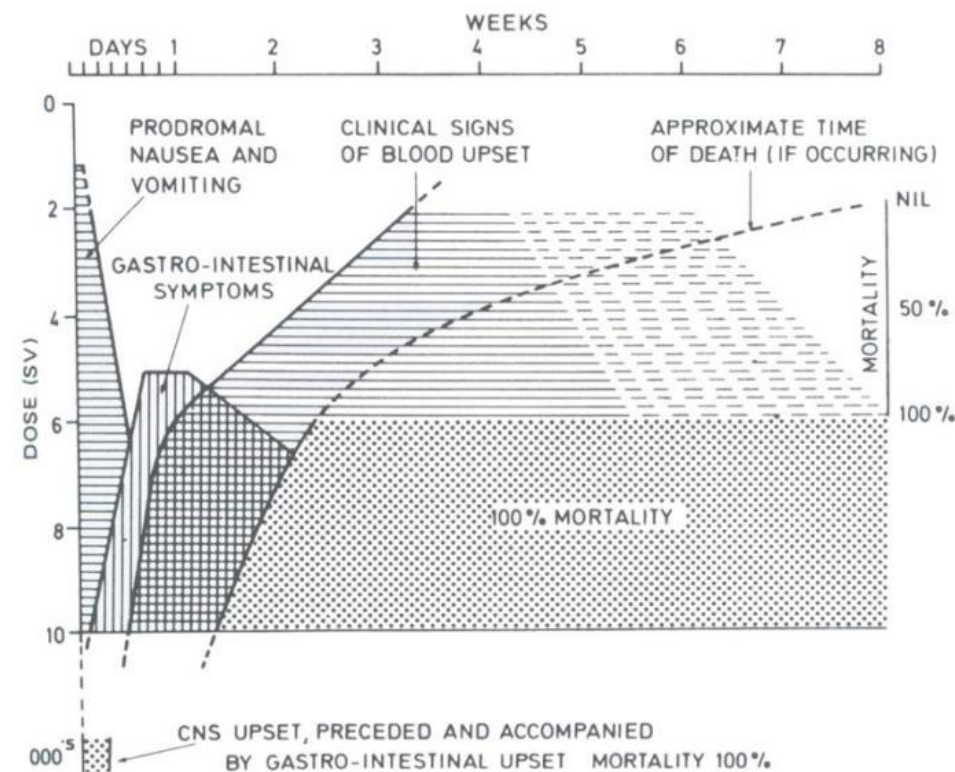
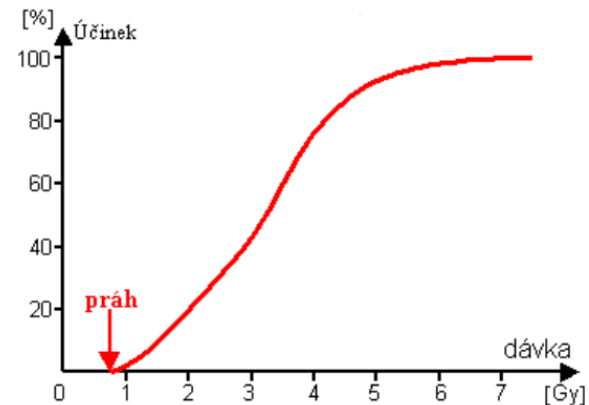
Účinky deterministické dávky

Akutní nemoc z ozáření (celotělové ozáření)

- Krevní forma 2 Gy latence 2–3 týdny
- Střevní forma 6–10 Gy latence 4–6 dní
- Nervová forma nad 30–50 Gy bezprostředně

Lokalizované ozáření kůže

- Trvalá epilace 7 Gy, cca 3 týdny
- Nekróza dermis (nekróza škáry pro cévní nedostatečnost) > 10 t.



Účinky stochastické dávky

Stochastické účinky tj. zhoubné nádory a změny dědičné se klinickým obrazem neliší od obdobných spontánně se vyskytujících projevů.

- Klinicky (a ani biochemickými markery) nelze rozlišit případ radiačně indukovaného nádoru od nádoru spontánně vzniklého.
- Ionizující záření zvyšuje pravděpodobnost jejich výskytu.

Závislost dávky a účinku

- Kvantitativní data o závislosti rizik stochastických účinků na dávce podporují lineární závislost v oblasti nízkých dávek bez existence prahové dávky.
- Zhoubné nádory
- Genetické změny
- Pravděpodobnost výskytu stoupá s dávkou
- Klinicky neodlišitelné od případů „spontánních“
- Patogeneze: mutace

Účinky záření na lidský organizmus

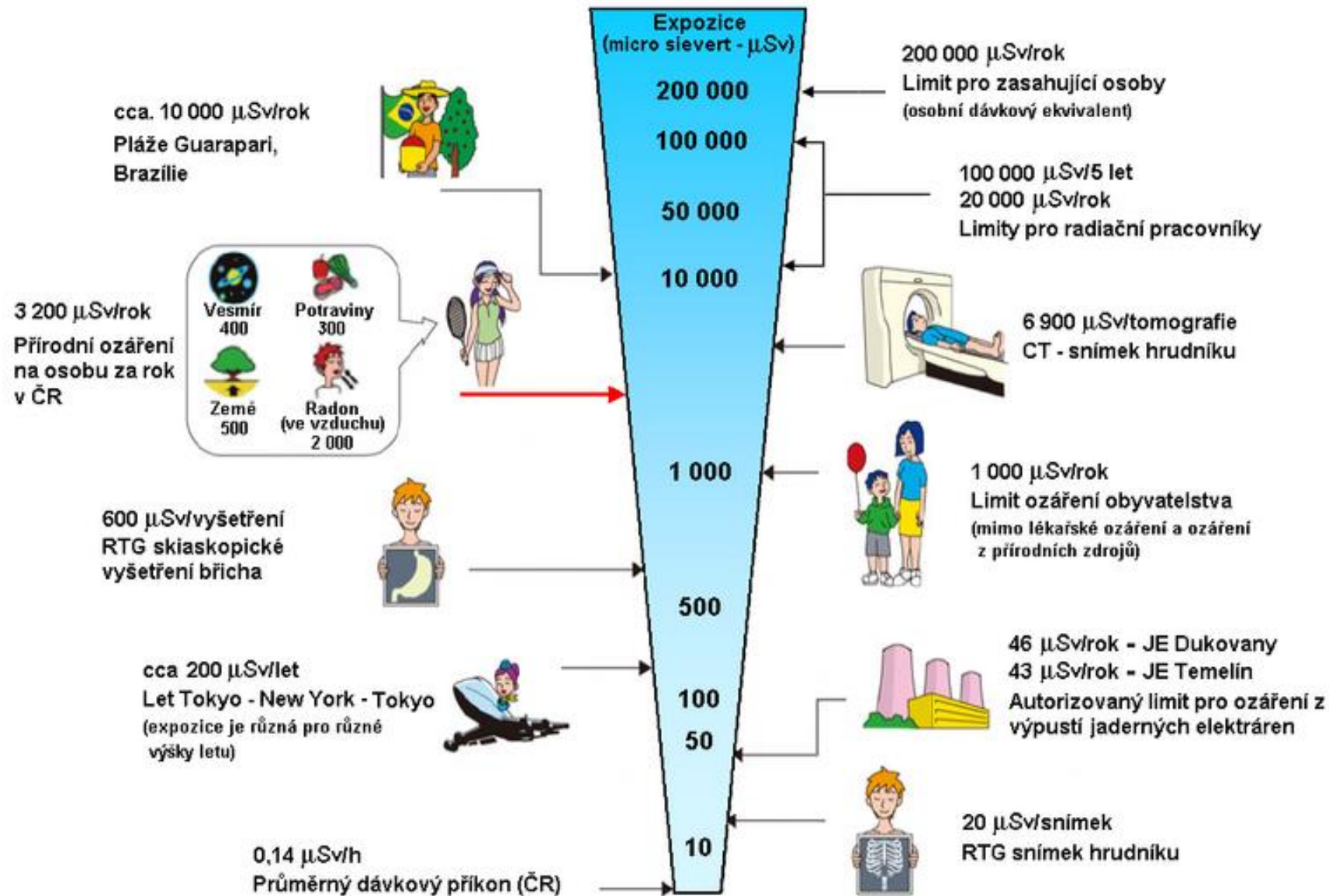
Časné	Pozdní		
Somatické			Genetické
<ul style="list-style-type: none">• akutní nemoc z ozáření• akutní lokální změny• akutní radiodermatitida• poškození fertility	<ul style="list-style-type: none">• nenádorová pozdní poškození• chronická radiodermatitida• zákal oční čočky	<ul style="list-style-type: none">• zhoubné nádory	<ul style="list-style-type: none">• genetické účinky u potomstva
poškození vývoje plodu			
nestochastické		stochastické	

Poškození plodu

- **Záleží na době ozáření vzhledem k době, uplynulé od doby početí**
- První tři týdny implantace → zánik, ne stochastické/deterministické účinky
- Největší radiosenzitivita 3.–8. týden po oplození (embryogeneze)
 - Vysoké riziko vzniku malformací
 - Deterministické účinky (0,1 Gy)
- 8.–25. týden citlivost na vyvolání mentální retardace (0,2 Gy)
- Od 4. týdne po početí
 - Citlivost na vyvolání zhoubných onemocnění, manifestují se v dětství, dospělosti
 - Míra rizika 2–3× vyšší než u dospělých

Příklady některých expozic ionizujícím záření včetně limitů platných v ČR

Jednotky: μSv
 1000 μSv = 1 mSv



Principy radiační ochrany

V radiační ochraně se uplatňují čtyři základní principy

- **Princip zdůvodnění**
- **Princip optimalizace**
- **Limitace ozáření**
- **Bezpečnost zdrojů**

Bezpečnostní rizika – princip zdůvodnění

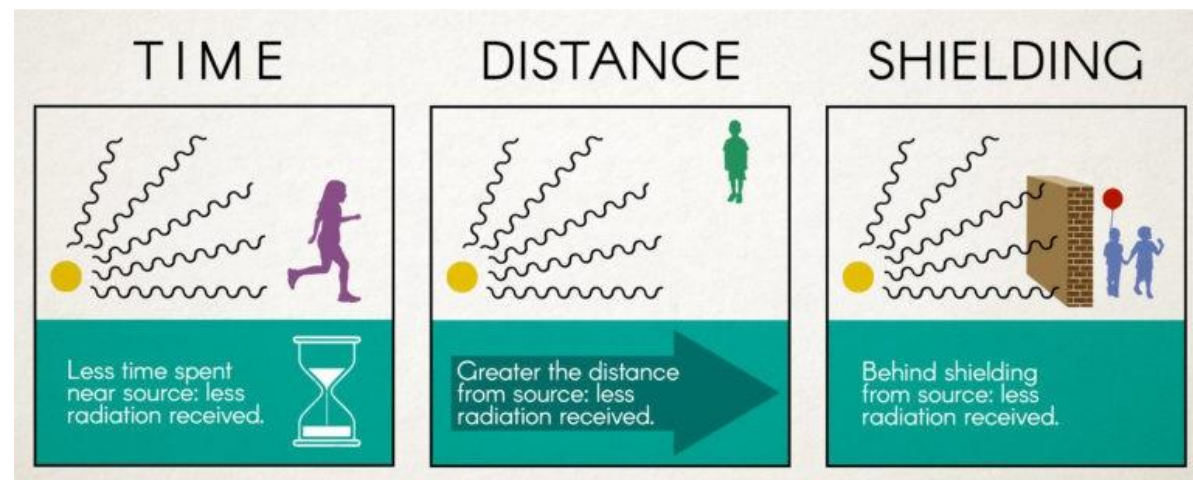
- Přínos pro vyšetřovanou osobu
- Přínos musí vyvážit poškození
- Dodržování guidelines – indikační kritéria pro různé onemocnění
- Indikace, zvážení výsledku vyšetření pro další léčbu
- **CAVE!** Rutinní provádění RTG vyšetření
 - Až 42 % OPG snímků je provedeno bez klinického zdůvodnění
 - i.o. RTG a OPG se řadí mezi obecně zdůvodněná vyšetření, při indikaci tedy není potřeba hledat žádné konkrétní zdůvodnění – národní radiologické standardy pro ČR
 - Dávka z dentálních radiodiagnostických výkonů představuje přibližně 1 % z kolektivní efektivní dávky, kterou je každoročně ozářen člověk v populaci

Bezpečnostní rizika – princip optimalizace

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

„tak nízké, jak je rozumně dosažitelné“

- Optimalizace radiační ochrany a usměrňování expozice populace
- Základ systému radiační ochrany
- Diagnostika
- Terapie
 - Optimalizace terapeutické dávky
 - Uplatnění principů ALARA na kritické orgány
- Kvalita zobrazovacího procesu



Bezpečnostní rizika – **limitace ozáření**

- Principem limitování dávek je regulováno ozáření všech pracovníků s IZ (RA, lékaři)
- Pro pacienty není stanoven dávkový limit
- V lékařském ozáření je limitování dávek nahrazeno diagnostickými referenčními úrovněmi
- DRÚ je speciální případ vyšetřovací **úrovně**, není to **limit**
- *„DRÚ jsou úrovněmi dávek, jejichž překročení se při vyšetření dospělého pacienta o hmotnosti 70 kg při použití standardních postupů a správné praxe neočekává“*

U pacientů tak dochází k prolínání principu optimalizace a limitování dávek, z čehož plyne, že **lékařské ozáření by mělo být optimalizováno, ale není limitováno**

Bezpečnostní rizika

- Průměrná efektivní dávka ≈ 3 mSv / rok
- Z toho 79 % z přírodního pozadí
- 20 % z RDG
- 1,1 % z nukleární medicíny
- Méně než 0,2 % z jaderného spadu
- Méně než 0,1 % efektivní dávka z dentálních vyšetření

Efektivní dávka E je součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech vážených tkáňovým váhovým faktorem w_T , jež vyjadřuje rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků (zhoubných nádorů a genetických změn)

Jednotkou efektivní dávky je $J \cdot kg^{-1}$ **1 sievert (Sv)**

Indikační kritéria

- Proč jsou potřebná? → Užitečná vyšetření

Neúčelné aplikace:

- BYLO TO UŽ VYŠETŘENO?
- POTŘEBUJI TO SKUTEČNĚ?
- POTŘEBUJI TO NYNÍ?
- JE TO NEJLEPŠÍ VYŠETŘENÍ?
- VYSVĚTLIL JSEM PROBLÉM?
- NEPROVÁDÍ SE PŘÍLIŠ MNOHO VYŠETŘENÍ?

Informovaný souhlas s vyšetřením

- Souhlas k provedení diagnostických a léčebných úkonů
- Dobrovolné a svobodné rozhodnutí pacienta
- Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník v úplném aktuálním znění včetně automaticky zapracovávaných změn.
- Parlamentem České republiky byla v roce 2001 ratifikována Úmluva o lidských právech a biomedicíně.
- [§ 93-103: Zásah do integrity](#)
- Potvrzení, důkaz o řádném poučení lékařem o postupu či výkonu
 - Právní ochrana lékaře

Informovaný souhlas se tím stal důležitým prvkem a základní oporou současné moderní medicíny

Informovaný souhlas s vyšetřením

- Zákon číslo [372/2011 Sb.](#), o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování
- Možnost provedení zákroku bez udělení souhlasu

Formy IS

- Písemná – u invazivních zákroků, podpis pacienta
- Ústní
- Konkludentní

Náležitosti písemného informovaného souhlasu upravuje vyhláška [98/2012 Sb.](#), o zdravotnické dokumentaci

Informovaný souhlas s vyšetřením

Náležitosti písemného informovaného souhlasu

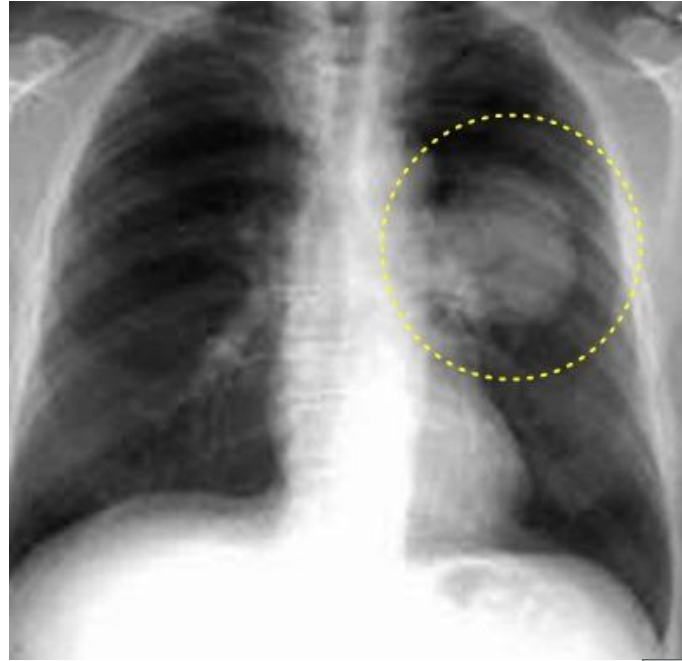
1. Informace o původu, příčině, stadiu nemoci a jejím předpokládaném vývoji
2. Poučení o tom, zda navrhované zdravotní služby mají nějakou alternativu a pacient má možnost zvolit si z několika možností,
3. Údaje o možném omezení v obvyklém způsobu života a v pracovní schopnosti po poskytnutí příslušných zdravotních služeb, lze-li takové omezení předpokládat, a v případě změny zdravotního stavu též údaje o změnách zdravotní způsobilosti
4. Údaje o léčebném režimu a preventivních opatřeních, která jsou vhodná, a o poskytnutí dalších zdravotních služeb
5. Poučení o právu pacienta svobodně se rozhodnout o postupu při poskytování zdravotních služeb, pokud jiné právní předpisy toto právo nevylučují (§ 34)
6. Záznam o poučení pacienta, jemuž byl implantován zdravotnický prostředek formou poskytnutí podrobné informace o tomto prostředku podle zvláštního právního předpisu
7. Datum a podpis pacienta a zdravotnického pracovníka, který pacientovi údaje a poučení poskytl

Radiologická zdravotnická technika

- Stacionární skiagrafická a skiaskopická zařízení včetně příslušenství
- Mobilní skiagrafická a skiaskopická zařízení včetně příslušenství
- Angiografická zařízení včetně příslušenství
- Mamografická zařízení s příslušenstvím
- Zařízení výpočetní tomografie (CT)
- RTG kostní denzitometry
- Ultrazvuková zobrazovací zařízení
- Zařízení k vyšetřování užitím magnetické rezonance
- Hybridní zobrazovací systémy – zařízení pro diagnostiku pomocí PET/CT,
- PET/MR a SPECT/CT,
- Přístroje a příslušenství užívané k intervenčním výkonům pod kontrolou
- zobrazovacích metod

Skiagrafie

- Prosté snímkování
- IZ (RTG, X-Rays)
- Analogový / Digitální systém zpracování RTG obrazu (RVG)



Nativní vyšetření

- Žádanka, indikace lékařem
- Příprava žádná, odstranění kovových předmětů v ROI

KL (př. I) – nutný informovaný souhlas! (př. IVU)

- 4 hodiny před vyšetřením nejíst a nepít
- Bezezbytková strava, před vyšetřením řádně vyprázdnit
- Večer a ráno antihistaminika (prevence kontrastní nefropatie)



Skioskopie

- Sledování KL v reálném čase
- Série snímků – zachytí celou pasáž, tvar, funkci
- Větší zátěž IZ
- Peristaltika jícnu, žaludku, střev, pozorování dýchacích pohybů, pulzace srdce...
- Monokontrastní (pozitivní KL – u dětí)
- Dvojkontrastní (pozitivní i negativní KL)
- Pozitivní KL – baryová suspenze, jodové kontrastní látky
- Negativní KL – vzduch (irrigografie), metylcelulóza (enterografie)
- Pravidlo 10 dnů u žen ve fertilním věku!



Skiaskopie – přehled kontrastních metod

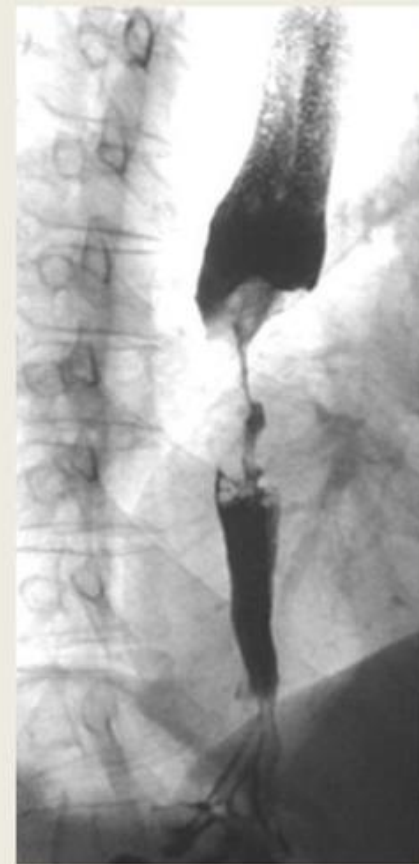
- Polykací akt
- RTG jícnu
- RTG žaludku
- Pasáž tenkým střevem
- Enetroklýza
- Irrigografie
- Defekografie
- Fistulografie



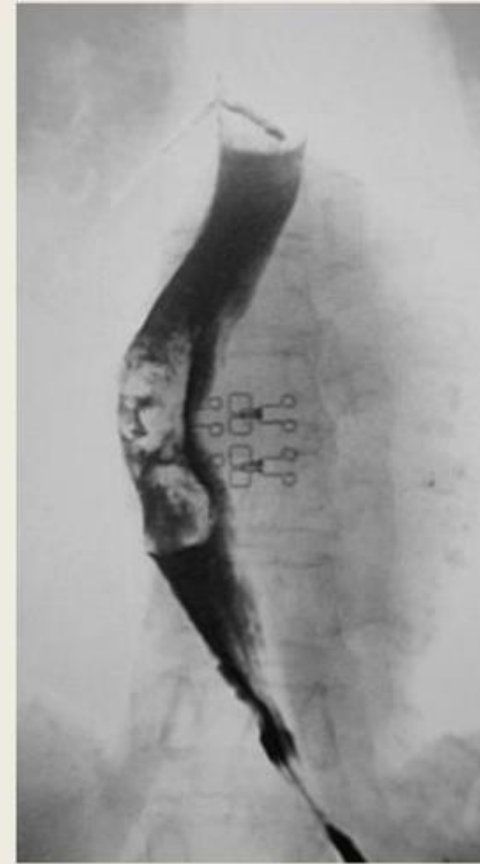
Divertikly



Esophagitida

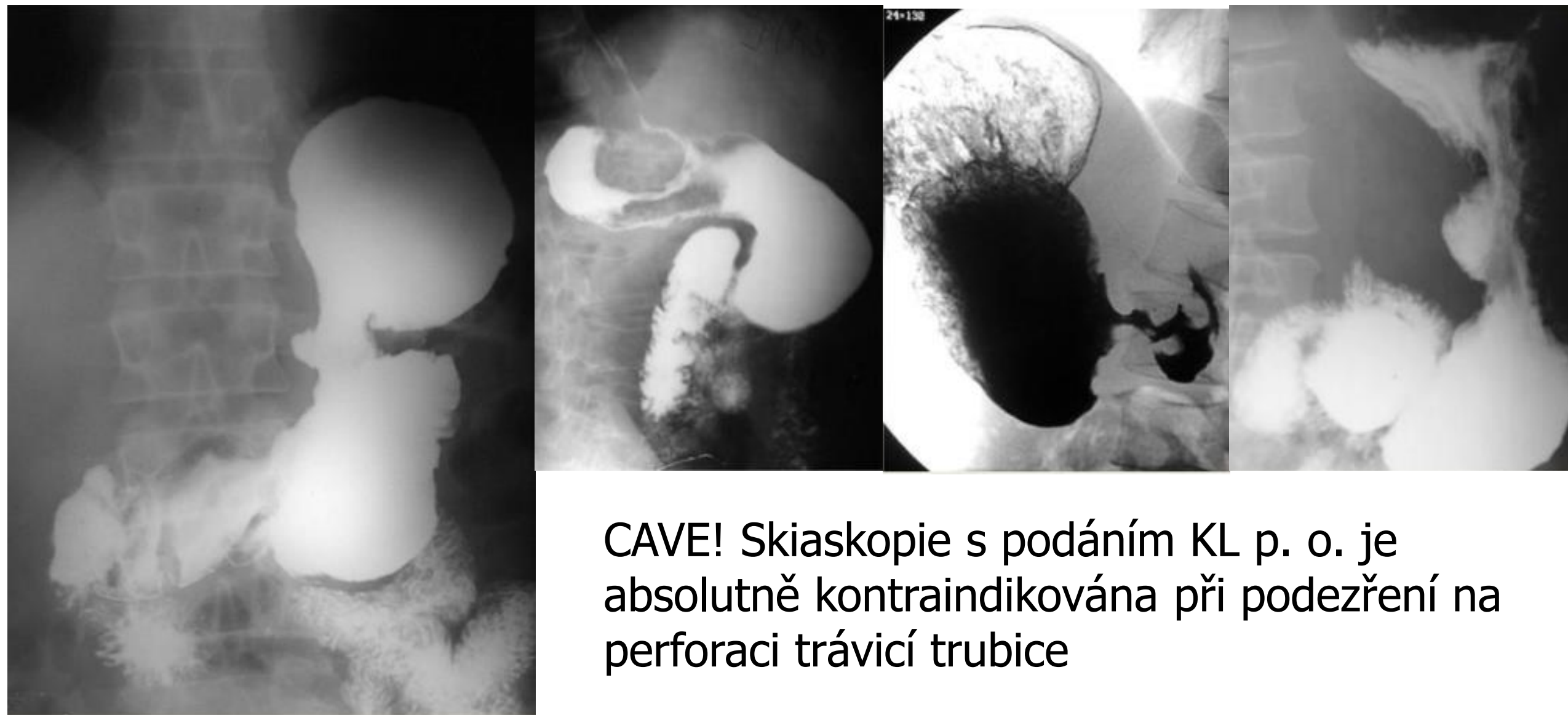


Karcinom



Cizí těleso

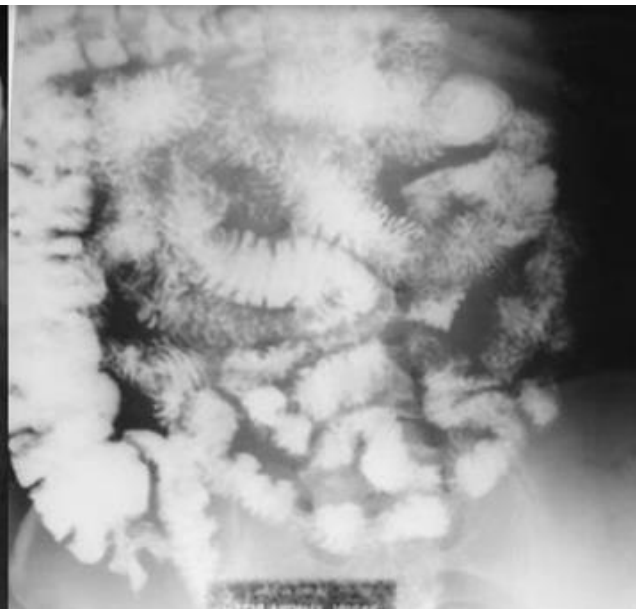
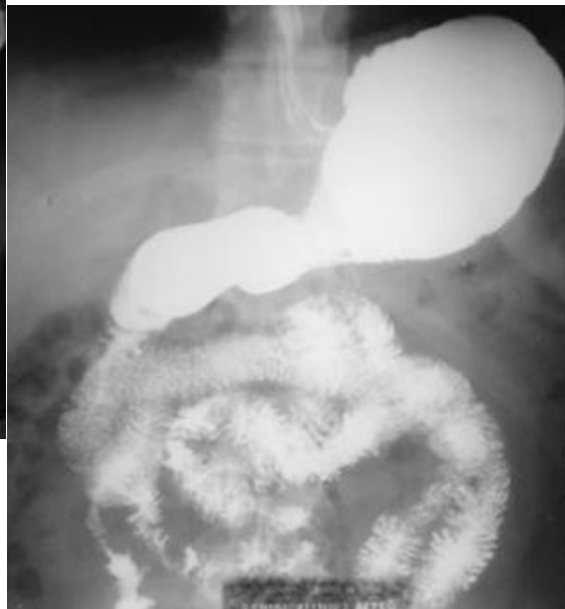
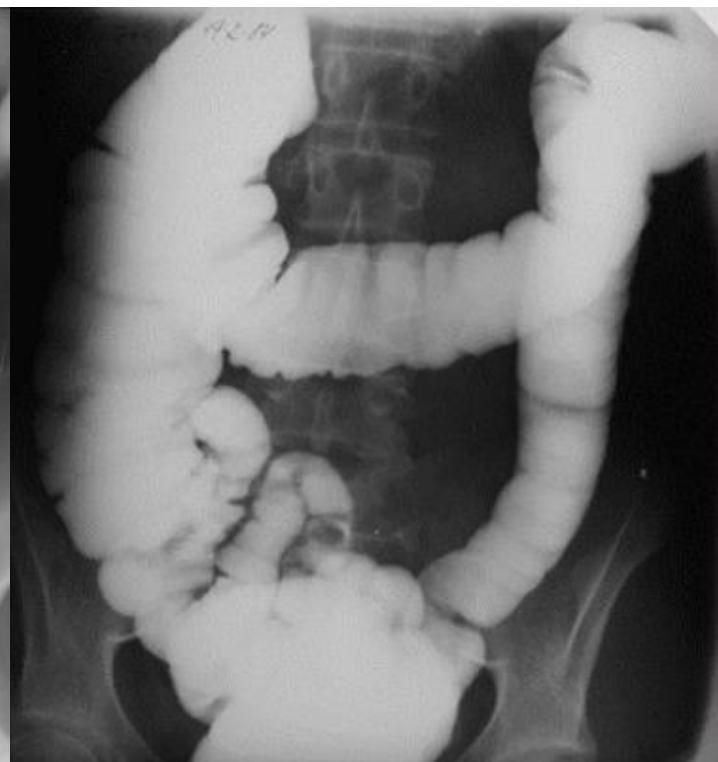
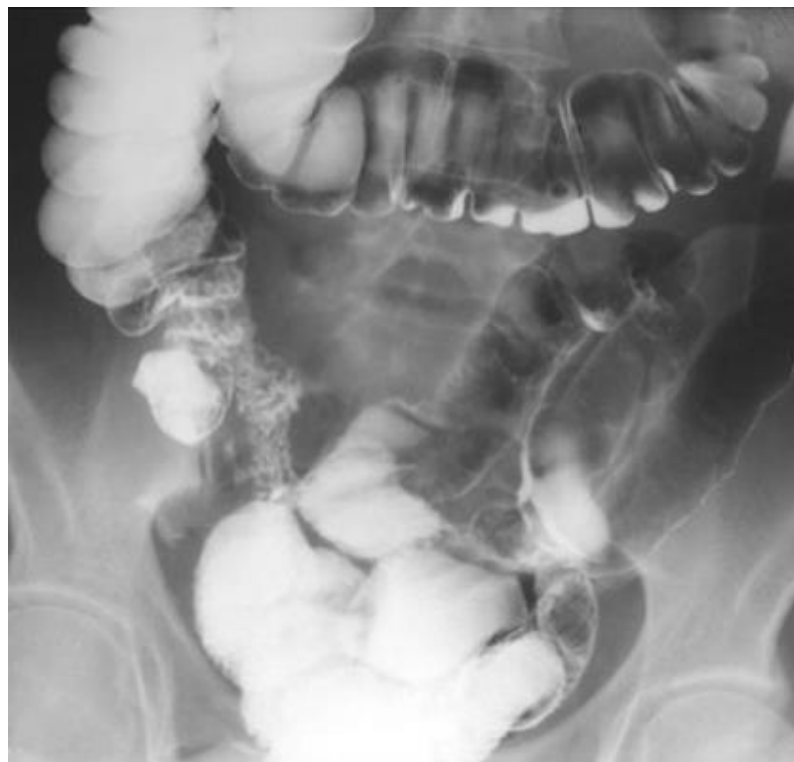
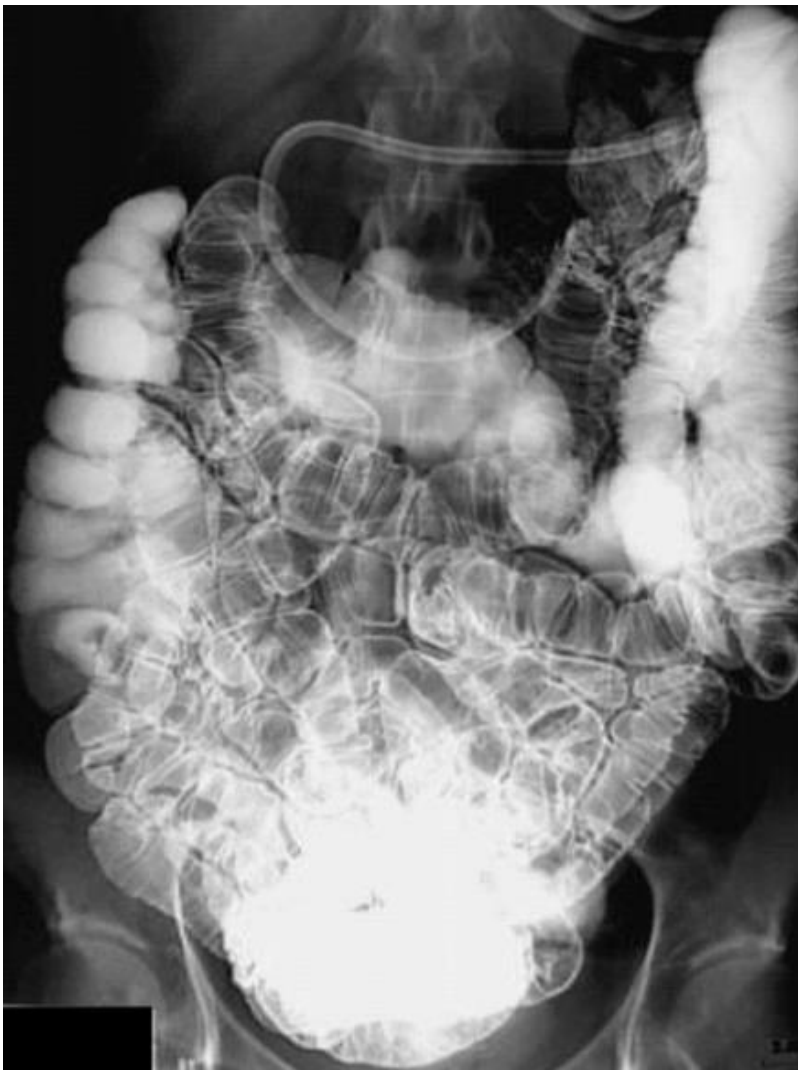
Skiaskopie – žaludek



CAVE! Skiaskopie s podáním KL p. o. je absolutně kontraindikována při podezření na perforaci trávicí trubice

Skiaskopie

- Příprava pacienta – liší se podle typu vyšetření
- Informovaný souhlas vždy, žádanka
- Polykací akt jícnu – bez přípravy, ambulantně, vypití malého množství KL
- Vyšetření žaludku, dvanácterníku, tenkého střeva – od půlnoci nejíst, nepít, nekouřit
 - Monokontrast – větší množství baryové KL
 - Dvojkontrast – hypotonie Buscopanem, polknutí šumivé tablety (CO₂) + menší množství baryové KL p.o., polohování – vytvoření filmu KL na střevní stěně
- Irrigografie – 2–3 dny kašovitá strava, dostatek tekutin, před vyšetřením den předem vyprázdnění tlustého střeva, baryová KL p.r. a následně vzduch, vleže
- Enteroklýza – zavedení [NJ sondy](#), 300 ml baryové KL, 1000 – 15000 ml karboxymethylcelulózy, dvojkontrastní obraz



01.10.2023



Mamografie

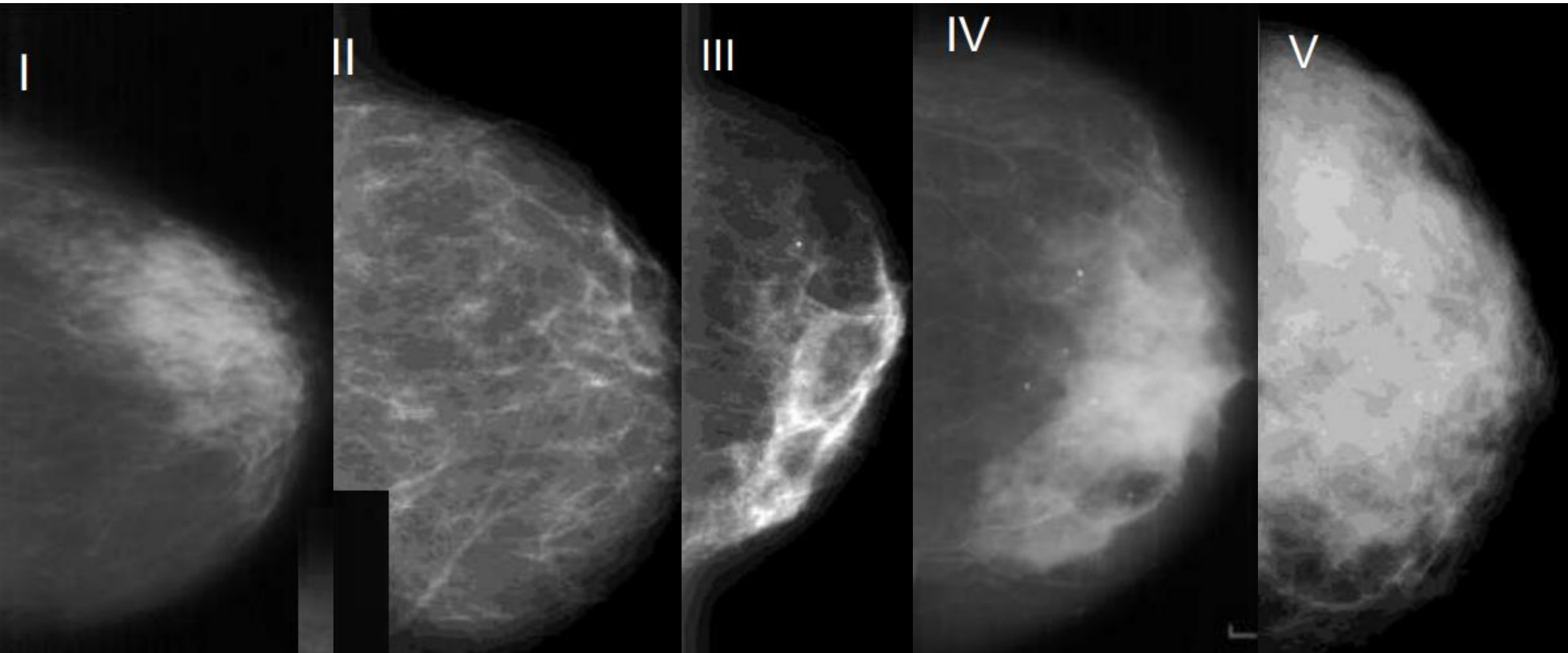
- Bez speciální přípravy
- Doba vyšetření 5–10 minut
- Nepoužívat tuhé deodoranty – artefakty
- Kontraindikace – gravidita, kojení
- Snímkování ve dvou projekcích – kraniokaudální a šikmé mediolaterální (45°)
- + dg., screening, mikrokalcifikace, zobrazení celého prsu
- – IZ, cystická vs. solidní tkáň nelze rozlišit
- Jaké další metody na vyšetření prsou lze použít?



Mamografická typologie – typy žlázy podle Tabára

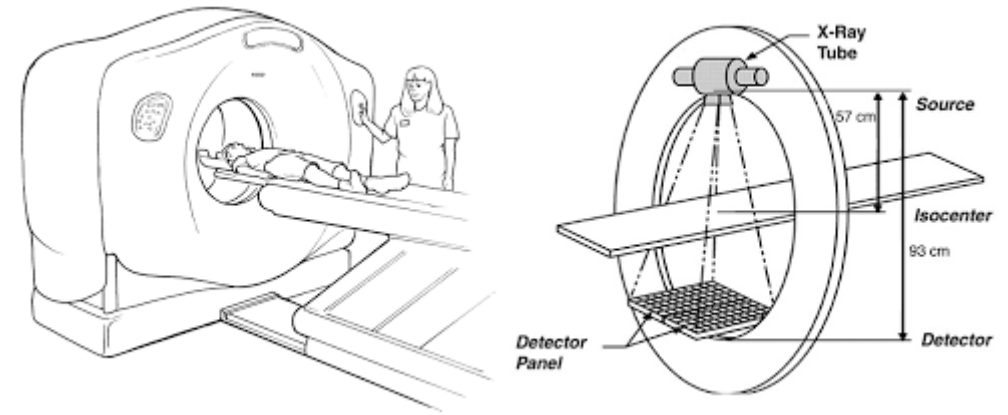
- Typ I-III – rychle redukující fibrózní podíl – náhrada tukovou tkání
- Typ IV-V – pomalu redukující fibrózní podíl – malý podíl tuku
- Tabár I – redukující typ žlázy, (MMG obraz – různý st. redukce žlázy a její náhrada tukem, žláza redukuje ve vnitřních kvadrantech), u žen nad 30 let
- Tabár II – obraz tukové redukce, kresba žlázového parenchymu malá nebo úplně chybí, hl. u žen starších 50. let
- Tabár III – neúplně dokončená redukce žlázy, zbytkový okrsek žlázy nejčastěji pod mamilou
- Tabár IV – neredukující typ, skvrnitý, adenozní typ, (MMG obraz – okrsky vysoké sytosti - podkladem je hyperplazie a hypertrofie lobulů), indikace k USG dovyšetření
- Tabár V – neredukující typ, vysoký podíl fibrózního pojiva – obraz „bílé“ žlázy, nemožnost nalézt malá ložiska, indikace k USG dovyšetření

Mamografická typologie – typy žlázy podle Tabára



Tomos = řez; graphein = psát

Zobrazení objektů pomocí řezů



CT

CTAT (Computerised Transverse Axial Tomography)

CAT (Computer Aided Tomography)

RT (Reconstructive Tomography)

CT (Computed Tomography)

Výpočetní tomografie

Měření absorpce svazku RTG záření v tenké vrstvě vyšetřované oblasti

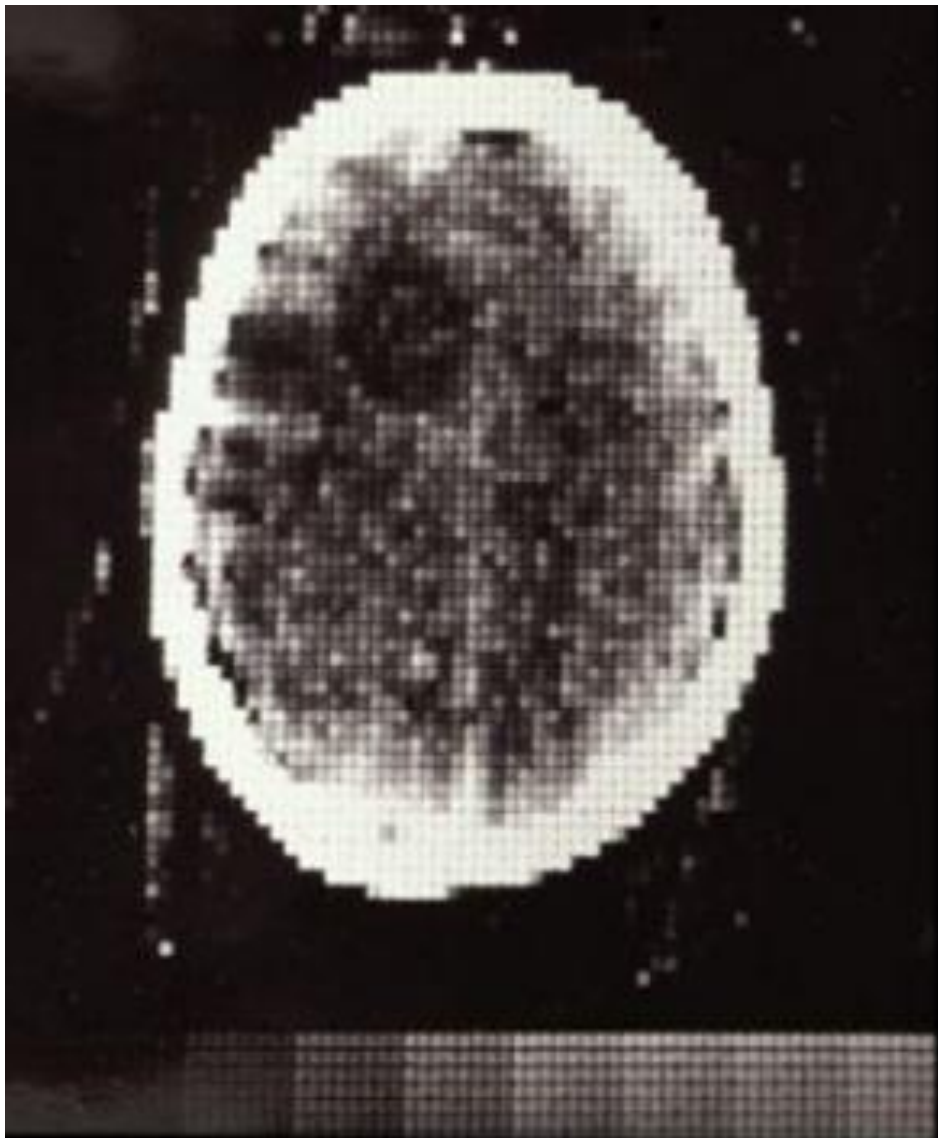
CT systém – rotující rentgenky a soustava detektorů po obvodu gantry

Matematickým výpočtem je určena výše absorpce RTG záření

Hounsfieldovy jednotky – k určení rozsahu denzity

Denzita – míra absorpce a rozptylu záření

Lidským okem nelze rozlišit celou škálu denzit – pointervalvy – **okna**



První klinický CT sken: Atkinson Morley Hospital, Londýn, říjen 1971

01.10.2023



CT skener vyroben EMI Medical pro G. Hounsfielda, 1972

54

CT

Vyšetření v celkové anestezii – kompletní interní vyšetření včetně odběrů a EKG, dospání na lůžku

- Jodové KL
- Informovaný souhlas
- KL – 4–6 hodin lačnění, příjem čirých tekutin do 100 ml/h, AA, NO, CAVE! renální funkce – (kreatinin nad 300 $\mu\text{mol/l}$)
- Pozitivní anamnéza – premedikace (40 mg Prednisonu večer a 20 mg ráno před vyšetřením, nebo 100–200 mg Hydrocortisonu i.v. 30 minut před vyšetřením)
- KL – i.v., kanyla, p.o., p.r.
- Indikace – traumatické změny, krvácení, ischemie, onkologie, intervence
- Kontraindikace – gravidita, 1. trimestr, polyvalentní alergie, feochromocytom, plasmocytom, PAD
- **Kontraindikace KL** – závažná alergoidní reakce na předchozí podání jodové KL, těžké poruchy ledvin a jater, thyreotoxikóza (před podáním kontrastu nutno podávat thyreostatika a pokračovat i 2 týdny po vyšetření), mnohočetný myelom (nutno zajistit řádnou hydrataci k prevenci precipitace bílkoviny v ledvinách), léčba a vyšetření radioaktivními izotopy jódu (jodová KL **nesmí** být podána 2 měsíce před léčbou/izotopovým vyšetřením štítné žlázy)

CT

„Z hlediska možnosti vysokých dávek se má CT vyšetření provádět jen po příslušném klinickém zdůvodnění zkušeným radiologem“.

„Vyšetření dětí vyžaduje pečlivější zdůvodnění, protože tito pacienti jsou nositeli vyššího rizika z ozáření“.

„Když to je z klinického hlediska přijatelné, má se uvažovat o použití alternativních vyšetření bez ionizujícího záření (USG a MRI) nebo rentgenových technik spojených s nižšími dávkami záření“.

„CT břicha nebo pánve by se neměla provádět u těhotných žen bez přesvědčivých klinických důvodů a zvláštní pozornosti k technikám omezujícím dávku“.

„Vždy je třeba usilovat o minimalizaci dávek na oči, zejména u pacientů, u nichž lze předpokládat více vyšetření“.

CT

- CT zůstává bez ohledu na radiační riziko optimálním vyšetřením pro mnoho klinických problémů v oblasti **hrudníku a břicha**.
- CT je stále široce používána pro intrakraniální diagnostické problémy, zejména náhlé mozkové příhody a trauma.
- CT zůstává jednoduchou metodou pro hodnocení stadia rozvoje (stagingu) mnoha maligních onemocnění (např. lymfomů) a pro monitorování odezvy na léčbu.
- CT poskytuje cennou předoperační informaci o prostorovém rozsahu (expanzi) nádoru a je široce používána u pooperačních komplikací.
- CT umožňuje přesné vodítko pro zavedení drénů, provedení biopsie nebo anesteziologickou blokádu nervů.
- CT má významnou úlohu při traumatu.
- CT snímky mohou být znehodnoceny protézami, fixačními pomůckami aj.
- CT poskytuje u obézních pacientů lepší anatomické detaily než ultrazvuk. U štíhlých pacientů a dětí se má použít, pokud je to možné, USG.
- CT břicha způsobuje dávku odpovídající asi 500 snímkům hrudníku.

Obecné požadavky pro provoz CT pracovišť

Požadavky na CT přístroj

- Vyhláška č. **317/2002 Sb.** – instalace typově schválených přístrojů.
- Před uvedením přístroje do provozu musí být provedena přijímací zkouška (**§ 70 vyhlášky č. 307/2002 Sb.**).

Používání CT přístrojů

- Dle Atomového zákona pouze s povolením SÚJB.
- Podmínkou vydání povolení je doklad o ustavení dohlížející osoby (**§ 10 a § 13 AZ**).

Optimalizace radiační ochrany

- **Program zabezpečení jakosti a optimalizace zobrazovacího procesu.**
- Cílem optimalizace při CT vyšetření je správná volba metody a zatěžovacích parametrů požadovaného vyšetření tak, aby dávky absorbované pacienty i personálem byly co nejnižší, při dosažení požadované úrovně diagnostické výtěžnosti.
- **Příloha č. 9 vyhlášky č. 307/2002 Sb.** – uvedeny diagnostické referenční úrovně pro vyšetření CT.

Zabránění nekontrolovaného vstupu

- Dveře vstupu do kontrolovaného pásma musí být v souladu s **§ 30 vyhlášky č. 307/2002 Sb.** označeny znakem "**radiačního nebezpečí**", a upozorněním "**Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán**".

Přítomnost osob ve vyšetřovně

- Při CT vyšetření smí být ve vyšetřovně přítomen pouze pacient a osoby, jejichž přítomnost je při vyšetření nezbytná.
- Tyto osoby musí být odpovídajícím způsobem chráněny před účinky ionizujícího záření vhodnými ochrannými prostředky (ochranná zástěra, límec, ochranné rukavice) a pokud je touto osobou osoba přidržující pacienta (doprovod), musí být též odpovídajícím způsobem informována o možném riziku.

CT komponenty



CT - princip

Indikace

DETEKČNÍ SOUSTAVA

Rentgenka – zdroj záření

Detektory

Kolimátory

VN generátor

Filtrace

KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÁ ŘEŠENÍ CT

Sekvenční – konvenční/standardní CT

- 1. generace – translace/rotace
- 2. generace – translace/rotace
- **3. generace – rotace/rotace**
- 4. generace – rotace/rotace (stacionární); rotace/nutace
- 5. generace – CVCT (Cardio-Vascular CT)
- **6. generace = 3. generace s technologií slip-ring (rotace/rotace)**

Helikální/spirální CT – stálá rotace rentgenky za současného posuvu stolu, Helical Pitch faktor

Subsekundové CT (3S CT) – rotující jednotka tvoří přímo rotor elektromotoru

Real-Time CT – rekonstrukce obrazu po 0,083 sekundovém zpoždění; „sure-start“ – KL

Vícevrstvé „Multi-Slice“ CT – vrstvení detektorů pevné fáze v řadě

3D CT (4D CT) – snížení expoziční doby a sejmutí kvanta dat; **rychlé/ultra rychlé** systémy CT

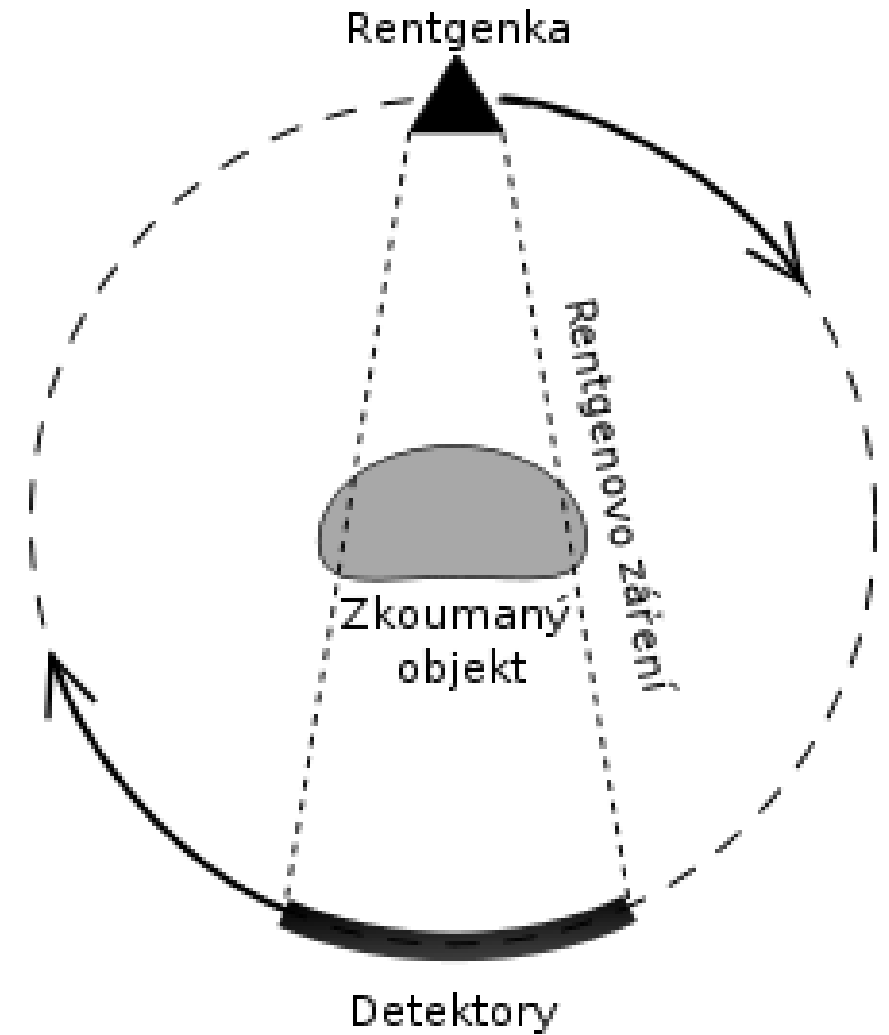
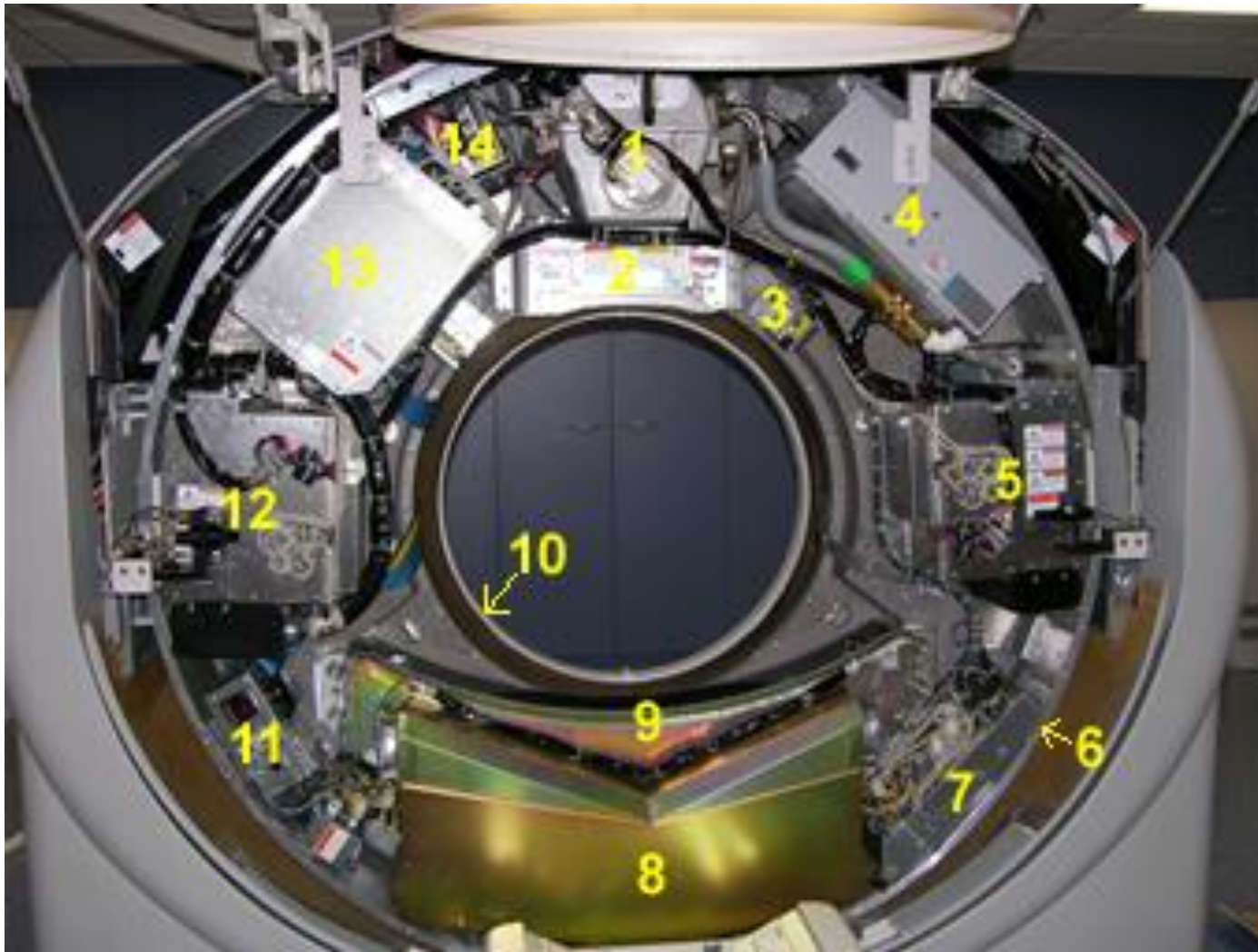
DSCT (Dual Source) – 2 detekční systémy kolmo k sobě; 2 režimy snímání; stejné/různé U rentgentky



1. gantry \varnothing 720 mm 2. mikrofon 3. poziční laser (sagitální) 4. kontrolky
 5. indikace expozice X-Ray 6. stop tlačítko 7. kontrolní panel 8. poziční laser 9. patientské lůžko 10. EKG monitor



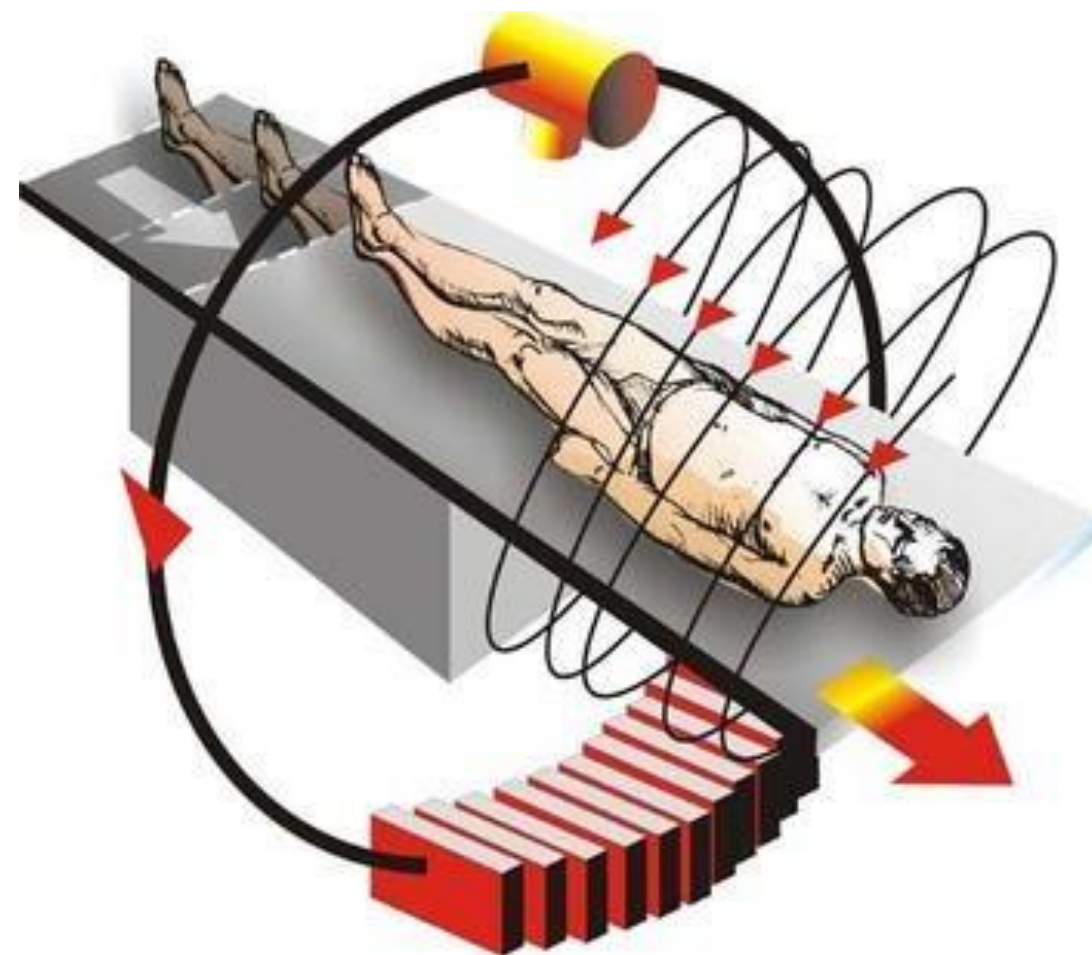
1. náklon gantry (+/- 30°) 2. laser on/off 3. ovládání stolu in/out 4. manuální ovládání stolu 5. nulová pozice stolu 6. ovládání stolu up/down 7. „home“ pozice stolu out&down

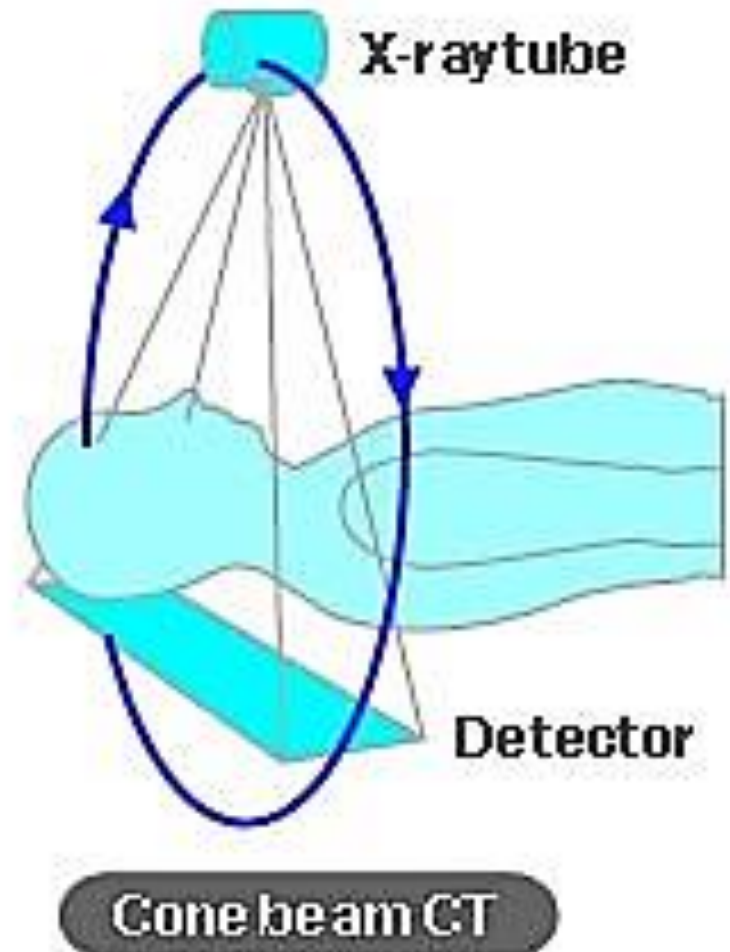
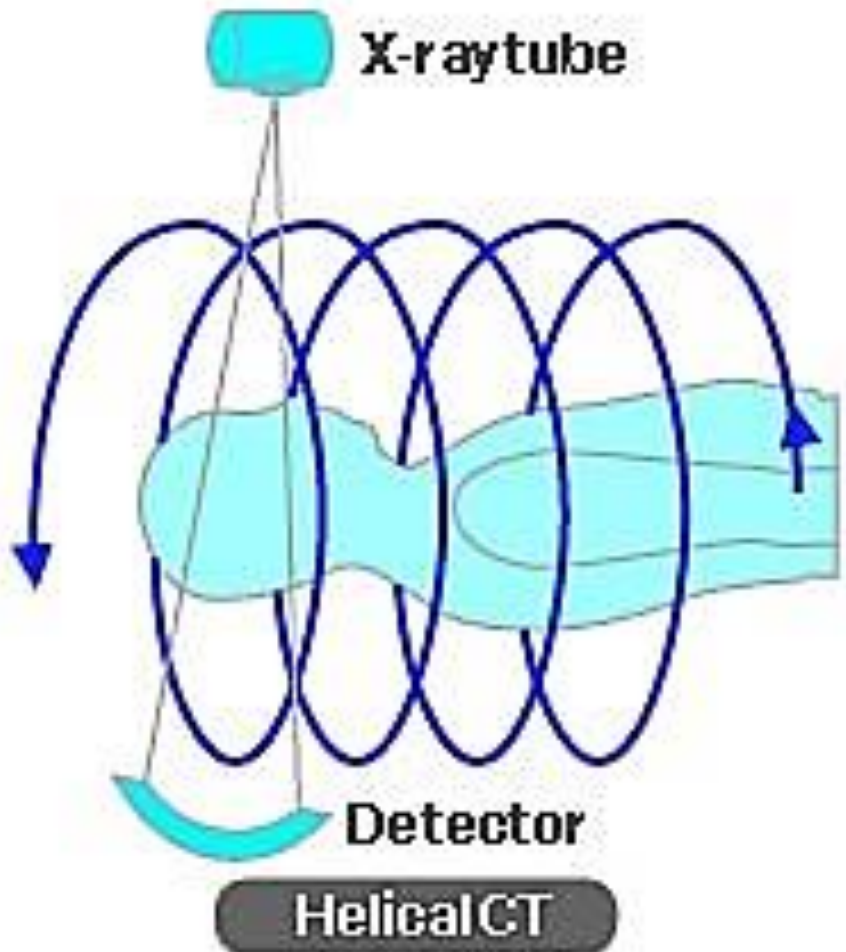


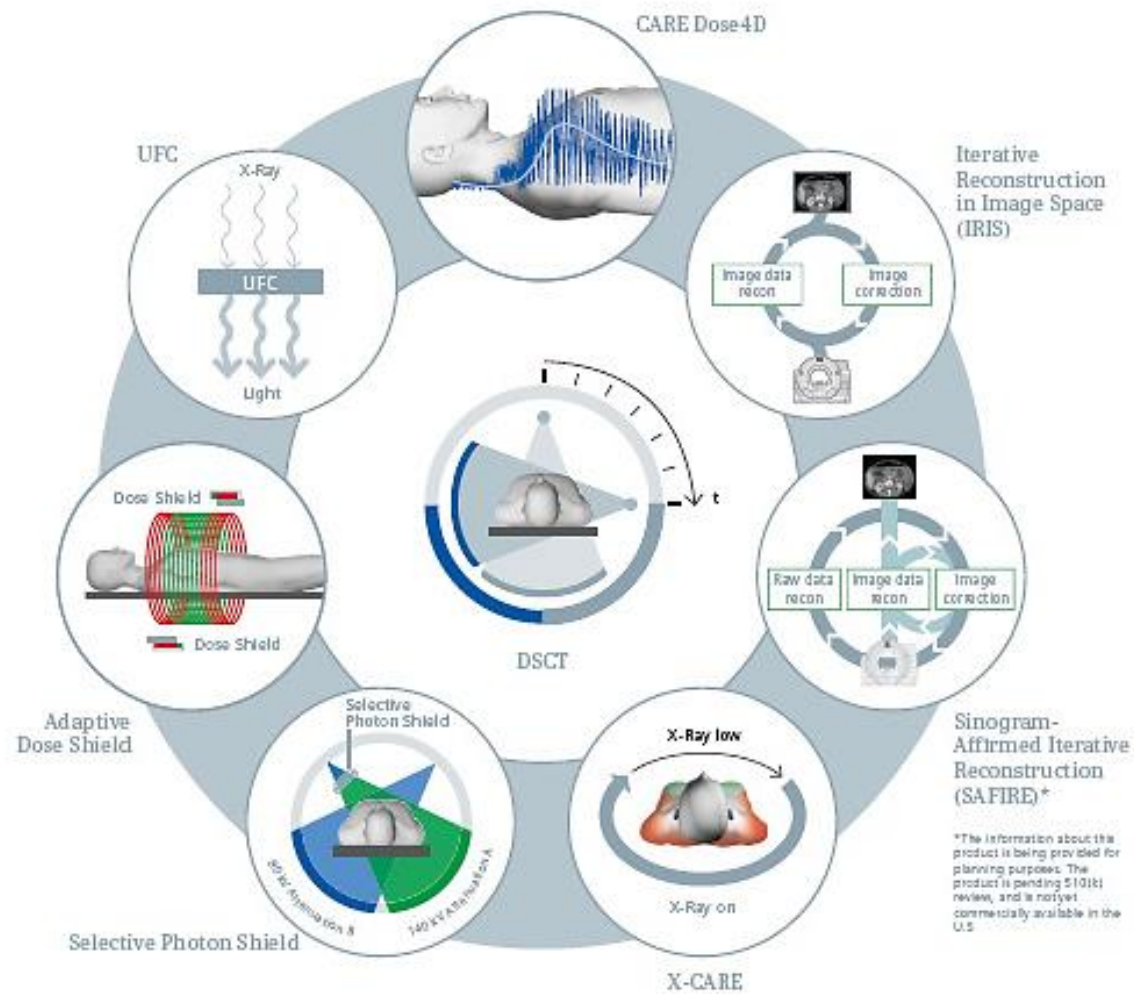
1. rentgenka
2. filtry, kolimátor, referenční detektor
3. vnitřní projektor
4. chlazení rentgenky
5. generátor vysokého napětí (0–75 kV)
6. přímý pohon rotace (systému rentgenka-detektory)
7. řídicí jednotka rotace
8. DAS (akviziční systém)
9. detektory
10. slip rings
11. řízení teploty detektoru
12. vysokonapěťový generátor (75–150 kV)
13. napájení
14. síťový filtr

Helikální/spirální CT

- Úhel rotace není omezený
- Gantry tak může současně vykonávat rotační a lineární pohyb v kolmém směru
- Skutečná trajektorie se mění na šroubovici
- Stoupání šroubovice je definováno tzv. helikálním (výškovým) „pitch“ faktorem
- **CT pitch faktor = $\Delta d / N \cdot T$**
- CT HP = 1
- + Rychlost sběru dat
- + Zachycení veškerého snímaného objemu







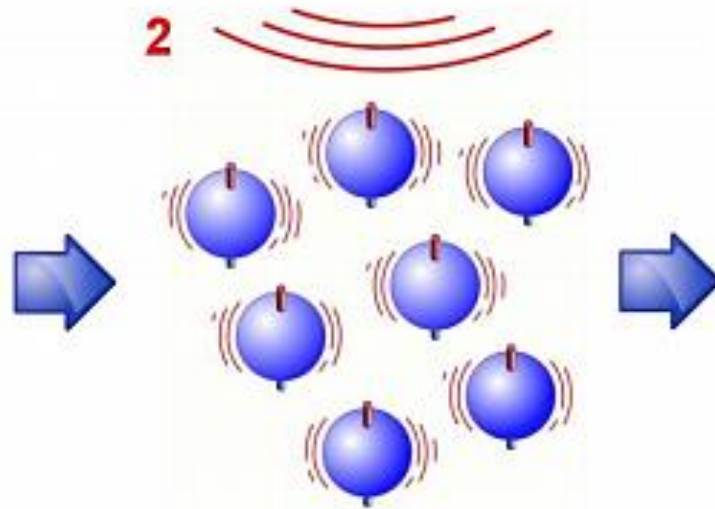
*The information about this product is being provided for planning purposes. The product is pending 510(k) review, and is not yet commercially available in the U.S.

Zobrazování pomocí jevu magnetické rezonance

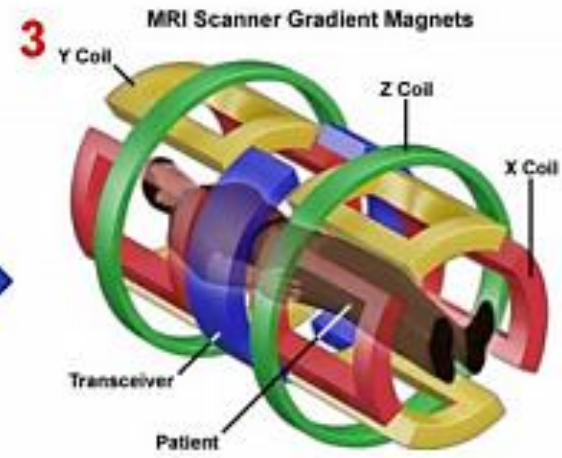
- Původně chemická analytická metoda
- Jev magnetické rezonance – základem jevu magnetické rezonance je chování magneticky aktivních jader atomů umístěných do vnějšího statického magnetického pole s indukcí (B_0) při interakci s VF elmag. pulzem.
- Výhoda – absence IZ
- Princip – vodíková jádra v silném magnetickém poli zdroj → RF vlnění
- Konstrukce
- SAR (Specific Absorption Rate - specifická absorpční hodnota) (W/kg)



Objekt umístíme do silného homogenního magnetického pole



Objekt ozáříme RF vlnami a vyvoláme rezonanci jader



Magnetickými gradienty zakódujeme pozici



Přijímacími cívkami detekujeme signály vyzářené objektem



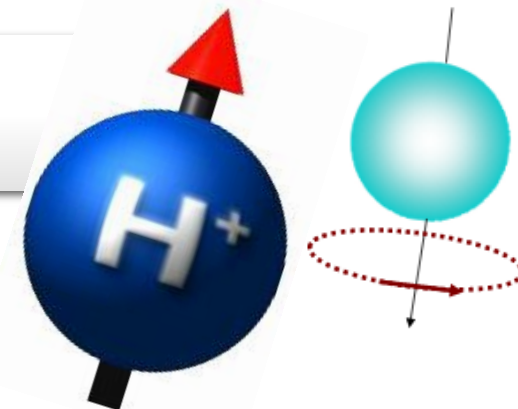
Naměřené signály matematicky zpracujeme



Výsledný obraz vyhodnocujeme

NMR – spin

- Atomové jádro – protony, nukleony = nukleony
- Každý nukleon má vlastní moment hybnosti – spin
- Se spinem je svázán i vlastní (spinový) magnetický moment
- Spin a magnetický moment mají pouze jádra s lichým nukleonovým číslem
- Lichý počet nukleonů v jádře = spiny se nekompensují → určitý spin nese celé jádro
- Spin je kvantovaná veličina → může být orientována paralelně/antiparalelně
- Soubor jader H – pokud nejsou vložena do vnějšího magnetického pole → $\frac{1}{2}$ orientována nahoru, $\frac{1}{2}$ dolů – energie bude stejná
- Ve vnějším magnetickém poli bude energie různá pro protony orientované ve směru a proti směru pole
- VF elmag. záření s fotony s energií rovné rozdílu potenciální energie protonů s antiparalelní a paralelní orientací → rezonanční jev



MRI

- Informovaný souhlas
- Nativ, KL (Gd)
- Bez přípravy, není nutné lačnění ani před podáním KL, 24 hodin nekojit
- Doba vyšetření 20–60 minut
- Anamnéza
- Indikace – velmi široká, CNS, MR angiografie, muskuloskelet, srdce, břicho, fMRI
- Kontraindikace – elektronické/kovové implantáty, kovové cévní svorky do 6 měsíců po implantaci, ICD, kardiostimulátory, klaustrofobie, TEP, první trimestr gravidity, Gd KL v graviditě
- [MR protokol](#)
- [MR a kov](#)



01.10.2023

MR komponenty

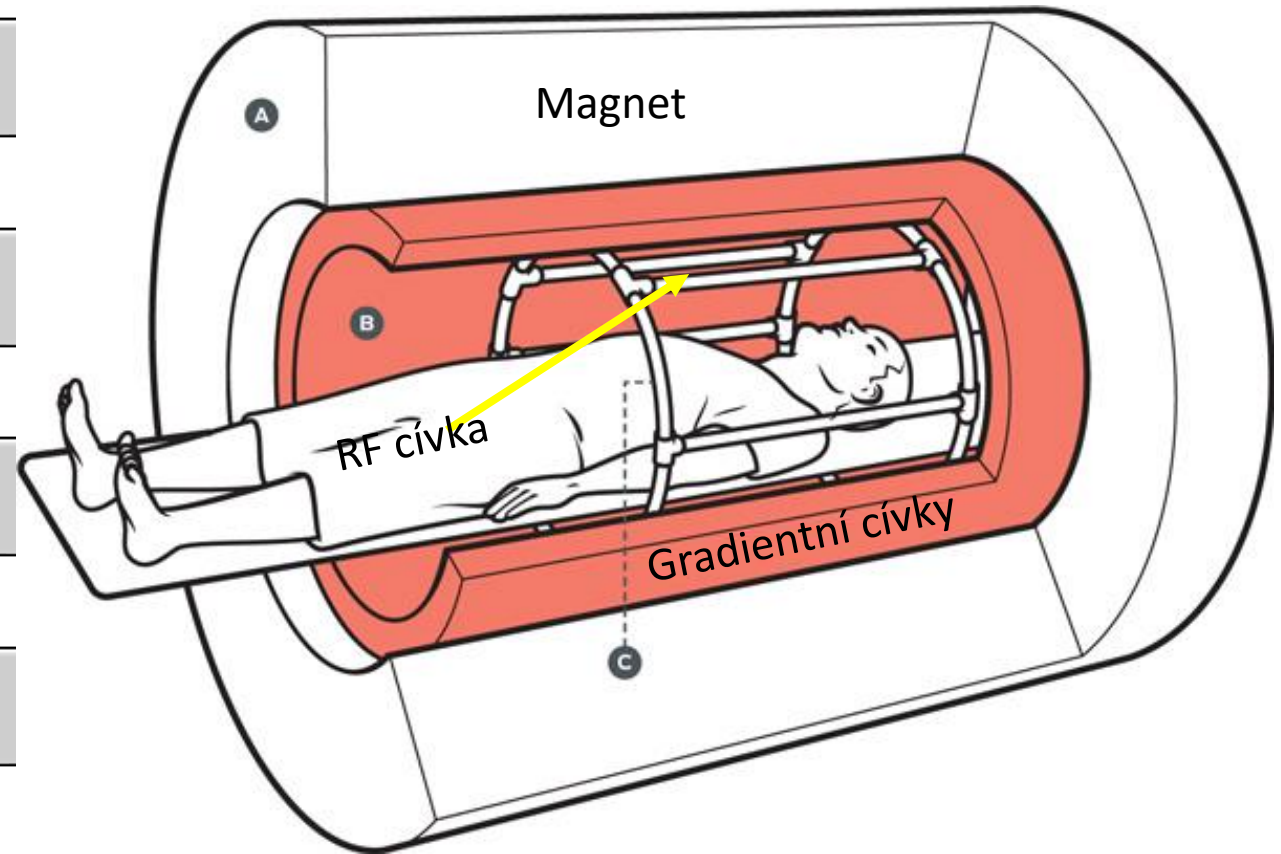
Magnet

Gradientní systém

RF systém

PC systém

**Tyto komponenty určují kvalitu
celého systému!**



Magnet MR

Hlavní a nejdražší položka MR systému, zajišťuje homogenní magnetické pole

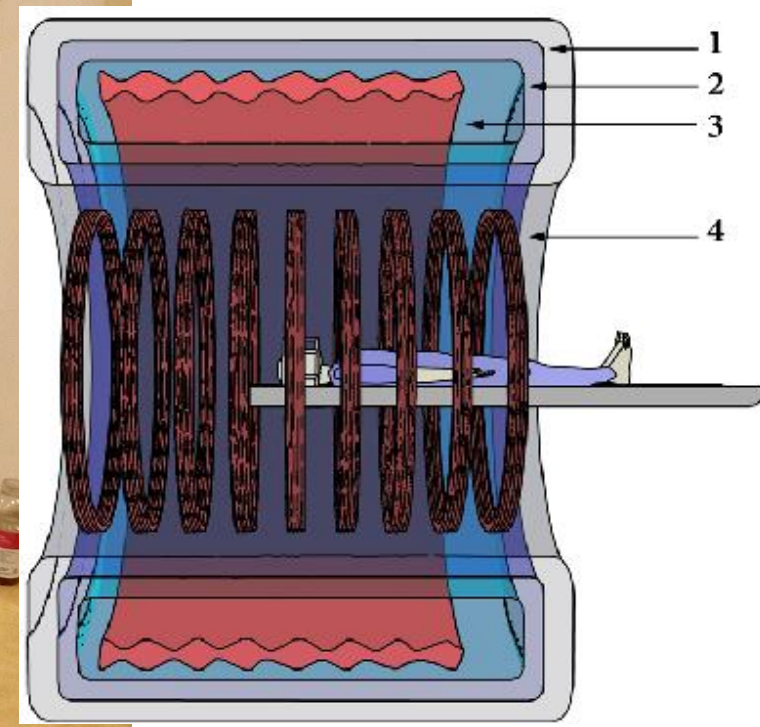
Většina magnetů **supravodivých**

Supravodivý vodič (několik km) , cívka vodiče ponořena v kapalném He 4.2 K – Dewarova nádoba = zajištění supravodivosti

Typický objem 1700 l He (500 \$ \approx 1.7 l)

Stíněný magnet – menší „okrajové“ pole; pomocí druhé sady vinutí s opačným proudem » sníží okrajové pole \approx 0.5 mT





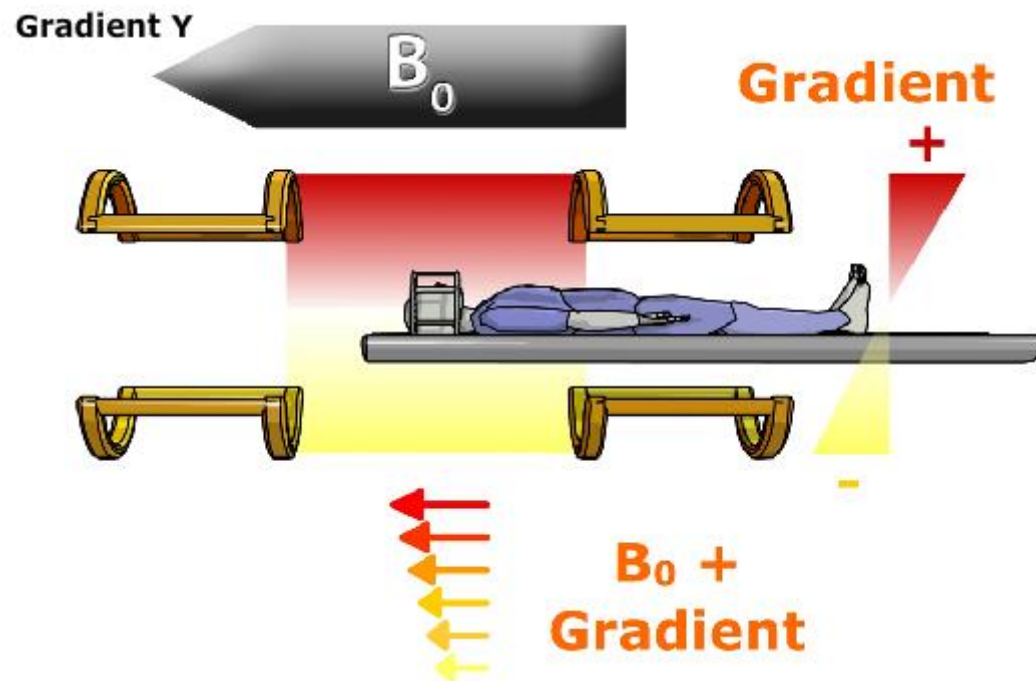
Gradientní systém – kódování

Detekce NMR signálů z jednotlivých tkání

Prostorově-geometrické kódování souřadnic

Umožněno dalším „gradientním“ magnetickým polem x, y, z

Dvojice gradientních cívek



RF systém

RF pulsy stimulují jaderné spiny tkáně

RF se skládá z:

- RF antény (cívky)
- RF vysílače (vysílá RF signál k pacientovi)
- RF přijímače (přijímá RF signál od pacienta)

RF systém je naladěn na Larmorovu frekvenci (cca v oblasti VKV rádia)

RF cívky mohou pracovat jako vysílač, přijímač nebo obojí (digitální)

- MRI obvykle poskytuje více informací než CT o afekcích intrakraniálních a postihujících hlavu, krk, míchu a muskuloskeletální systém, a to pro vysoký tkáňový kontrast a schopnost zobrazení ve více rovinách.

To umožňuje s větší přesností stanovení diagnózy i zajištění příslušné následné léčby.

Proto se její použití rozšiřuje zejména v onkologii.

- K významným novým metodám patří: MR zobrazení mléčné žlázy a srdce, angiografické a intervenční techniky, MRCP (MR cholangiopankreatografie) a jiné MR techniky s použitím kontrastních látek, funkční MR zobrazení mozku. Mnoho těchto technik ovšem čeká na důkladné zhodnocení.

- MRI se nepokládá za uznanou metodu **v prvním trimestru těhotenství**.

Je ovšem možné, že se ukáže jako bezpečnější než některé alternativní možnosti zobrazení.

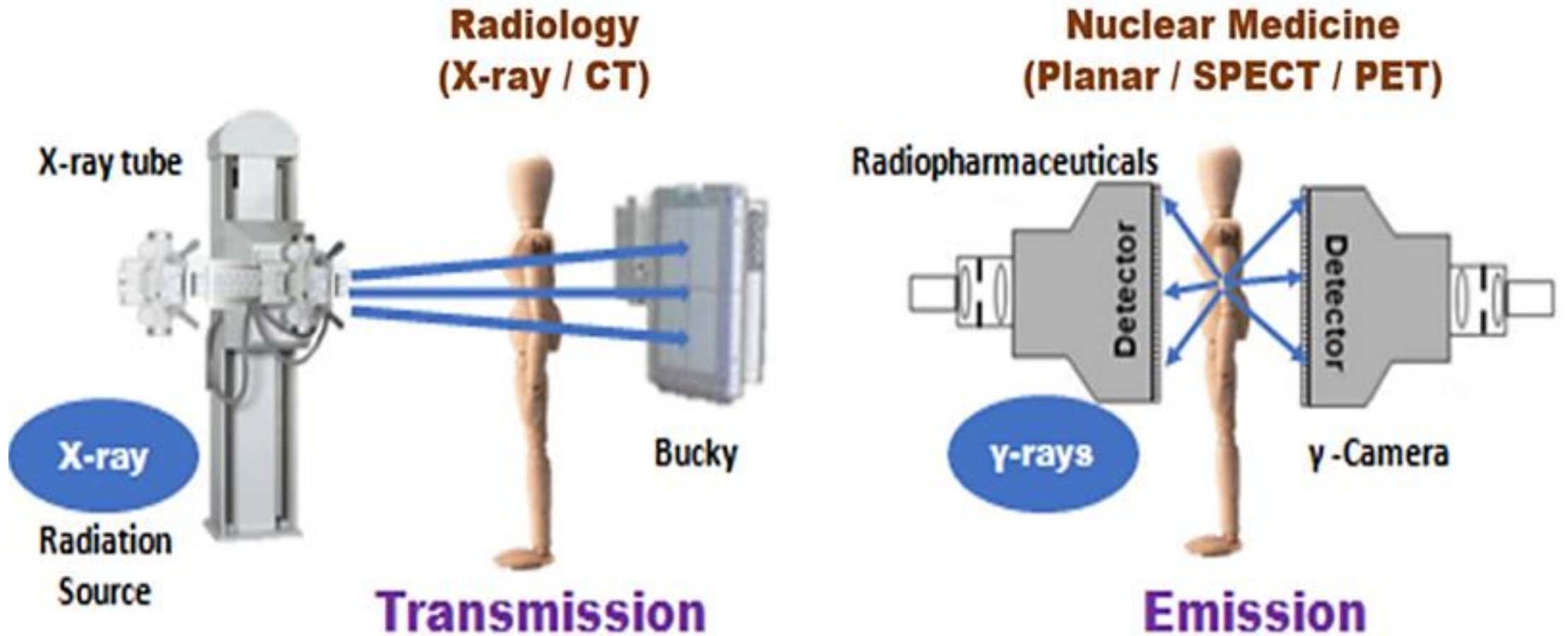
Všechny indikace k zobrazovacím metodám u těhotných je třeba projednat s radiologickým oddělením.

- Existuje několik jednoznačných kontraindikací k použití MRI: kovová cizí tělesa v orbitě, svorky u aneurysmat, kardiostimulátory, kochleární implantáty, atd. Dále MRI má zhoršenou kvalitu zobrazení v blízkosti protézy, atd.

Nukleární medicína

- Obor využívající otevřených zářičů k diagnostice a terapii
- Multidisciplinární obor
- Využití IZ
- Výpočetní technika – základ vyšetřování a zpracování
- Multidisciplinární obor
 - Lékař – atestace z nukleární medicíny
 - Fyzik – jaderný fyzik, radiologický fyzik,
 - Biomedicínský inženýr – obsluha radiologických zařízení
 - Farmaceut – atestace z přípravy radiofarmak
 - Radiologický asistent
 - Farmaceutický asistent
 - Sestra pro nukleární medicínu

Transmisní versus emisní zobrazování



Sestra pro nukleární medicínu

- Dle vyhlášky č. 55/2011 Sb. stanovená činnost zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků

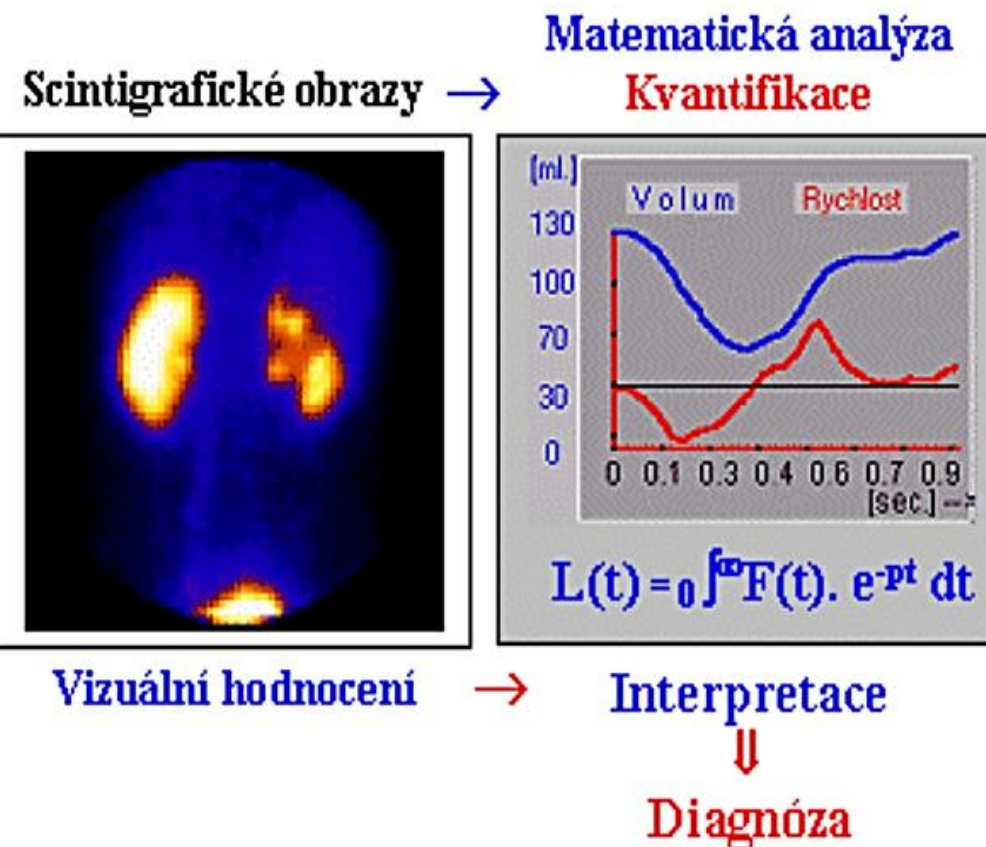
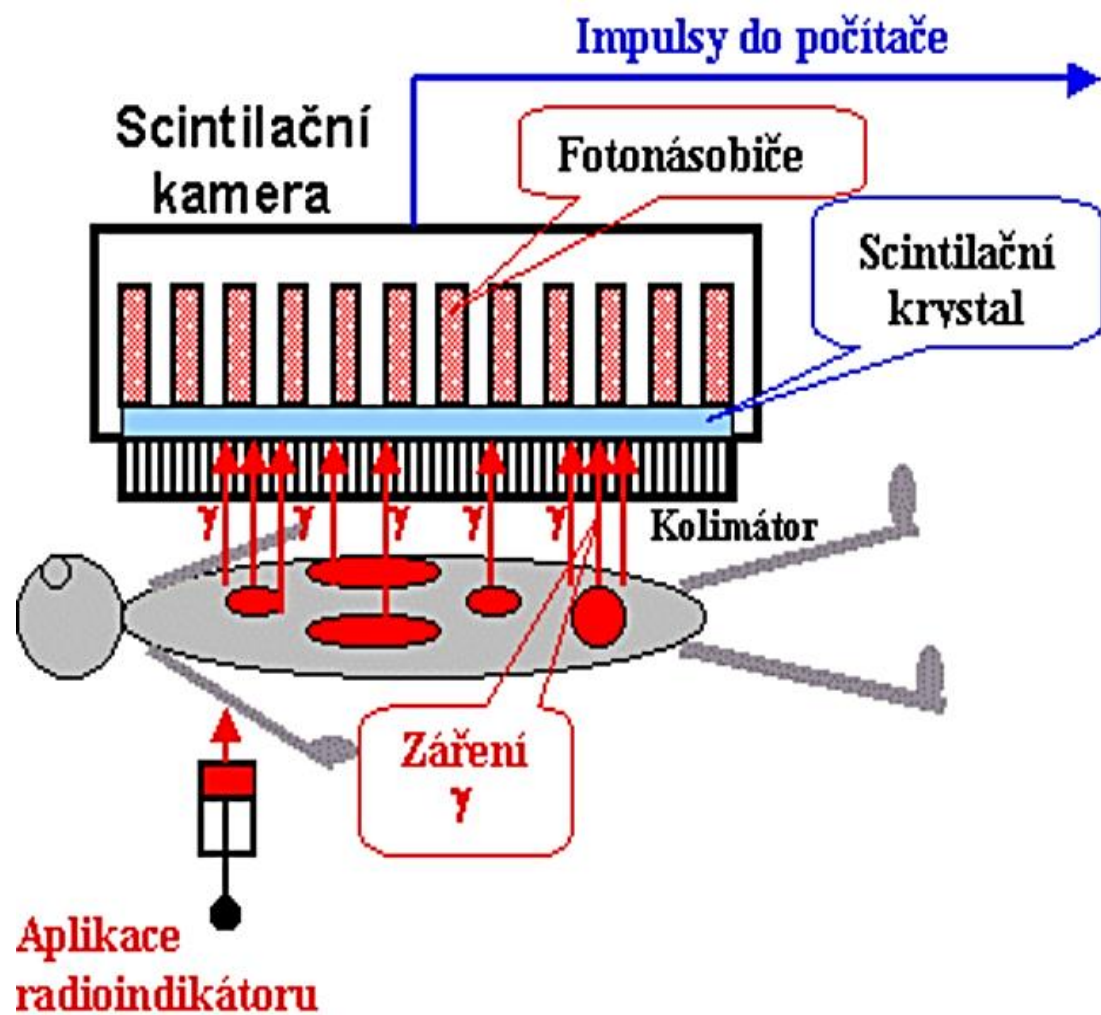
Bez odborného dohledu a bez indikace

- Monitoruje stav pacienta
- Obsluhuje přístroje SPECT, PET, připravuje záznamy
- Informuje pacienty

Na základě požadavku indikujícího lékaře

- Upravuje radiofarmaka (likvidace odpadů, dekontaminace)
- Aplikuje radiofarmaka
- Podílí se na akvizici a základní analýze dat
- Přebírá klinickou zodpovědnost

Princip vyšetření na NM



Vyšetřovací techniky

- Statická scintigrafie
- Dynamická scintigrafie

- Planární zobrazení – 2D
- Tomografické zobrazení – 3D

- Kvalitativní hodnocení
- Kvantitativní hodnocení

Radioaktivní indikátory a radiofarmaka se velmi liší od kontrastních látek používaných v radiodiagnostice, které svým objemem, koncentrací a chemickým složením mohou funkci vyšetřovaných orgánů v průběhu vyšetření ovlivnit.

Radiační zátěž pacientů při scintigrafickém vyšetření je v průměru stejná jako při rentgenovém vyšetření.

Možnosti vyšetření

- Kardiologie
- Vyšetření skeletu
- Vyšetření plic
- Vyšetření při zánětech a infekcích
- Onkologie
- Vyšetření jater a žlučových cest
- Vyšetření trávicího ústrojí
- Vyšetření mozku
- Vyšetření močového systému
- Vyšetření endokrinního systému

Kardiologie

- Vyšetření kardiovaskulárního systému pomocí radionuklidů poskytuje neinvazivním způsobem funkční informace
- Perfuzní scintigrafie myokardu – zobrazení prokrvení v jednotlivých částech myokardu
 - Diferenciální diagnostika u pacientů s bolestmi na hrudi
 - Sledování pacientů s ICHS, po IM, ...
- **Perfuzní scintigrafie myokardu**
 - Vyšetření při zátěži a v klidu – srovnání
 - Gated SPECT – synchronizace se srdečním cyklem (EKG) – výpočet funkčních parametrů levé komory
 - Příprava pacienta – vysazení léků ovlivňujících srdeční tep, blokáda ŠŽ (Chlorigen, Lugolův roztok)

Vyšetření skeletu

- Radiofarmakum i.v. ^{99m}Tc
- Nespecifické vyšetření
- Indikace
 - Nádory primární a sekundární
 - Záněty kostí, kloubů
 - Únavové zlomeniny
- Snímání po 1,5–2 hodinách po aplikaci
- Doba snímání 20–30 minut
- Planární i tomografické snímání
- Příprava pacienta – dostatečná hydratace

Vyšetření plic

- Radiofarmakum i.v. ^{99m}Tc
- Perfuzní vyšetření
 - Po i.v. aplikaci dojde k embolizaci cca 0,1 % plicních kapilár rovnoměrně v obou plicích s výjimkou povodí za embolizovanou cévou
- Ventilační vyšetření

Indikace

- **Diagnostika plicní embolie**
- Plicní hypertenze
- Vyšetření před některými plicními operacemi
- Příprava pacienta – bez speciální přípravy

Kontraindikace

- Pravo-levý zkrat
- Velmi těžká plicní hypertenze
- Přecitlivělost na podávaný preparát
- Těhotenství

Vyšetření je spojeno sice jen s malou radiační zátěží, nesmí však být samoučelné.

Záněty

- Radiofarmaka se vychytávají v místě zánětu
- Nespecificky (Ga)
- Specificky (značené leukocyty)
- PET – větší úspěšnost, zejména v diagnostice zánětu cévní stěny
- Indikace
 - Akutní záněty
 - Chronické záněty

Onkologie

- Detekce nádoru, zjištění rozsahu
- Sledování rozsahu onemocnění, průběhu léčby, po skončení léčby
- Nespecifické zobrazení
 - Využívá se podobnosti radiofarmak s jinými látkami, které se hromadí v nádorech
 - Ga – podobnost s ionty Fe (dnes PET)
 - TI (^{201}TI) – podobnost s ionty K; nádory ŠŽ, příštítná tělíska, mamma, mozek, měkké tkáně
 - MIBI a tetrasfosmin – nahrazení TI
 - Pentavalentní DMSA – některé nádory ŠŽ, které nevychytávají I
- Specifické zobrazení – imunoscintigrafie, metabolické a receptorové zobrazení, PET

$^{99m}\text{TcMIBI}$

Princip

- Předpokládá se vazba intracelulárně v cytoplazmě a mitochondriích v závislosti na krevním průtoku

Indikace

- Adenomy a karcinomy příštítných tělísek
- Karcinomy prsu
- Diferenciální dg. benigních a maligních lézí, eventuálně metastáz, vícečetná ložiska v prsu, odpověď na terapii, mamogram typu dense breast
- Karcinom štítné žlázy; recidivy a metastázy štítné žlázy
- Karcinom plic
- Sarkomy měkkých tkání
- Nádory mozku (gliomy)

Příprava pacienta žádná, nemusí být lačný
Kontraindikace nejsou
Doba vyšetření ~60 minut

^{131}I , $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$, $^{99\text{m}}\text{Tc-DMSA}$

$^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ (pertechnát, technecistan)

- Nahrazuje radiojód
- Čistý γ zářič o nízké energii
- Menší radiační zátěž

Nevýhody: fyziologické vychytávání v jiných tkáních (žaludek, slinné žlázy)

^{131}I

- Vykazuje vyšší specifitu
- Vyšší radiační zátěž

$^{99\text{m}}\text{Tc-DMSA}$ (dimerkaptojantarová kys.) a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ pentetreotid

Vyšetření dřeně štítné žlázy a sledování patologií C-buněk (především tumorů)

Vyšetření ŠŽ

- Informovaný souhlas
- Vysazení případné substituční léčby před vlastním vyšetřením 3–5 dní

Indikace

- Nejlépe z indikace endokrinologa
- Posouzení velikosti zbytku ŠŽ po operaci pro benigní strumu
- Lokalizace ektopické štítné žlázy (linguální, retrosternální)
- Posouzení masy na krku
- Posouzení strumy (difúzní/ložisková)
- Thyreoiditis

Kontraindikace

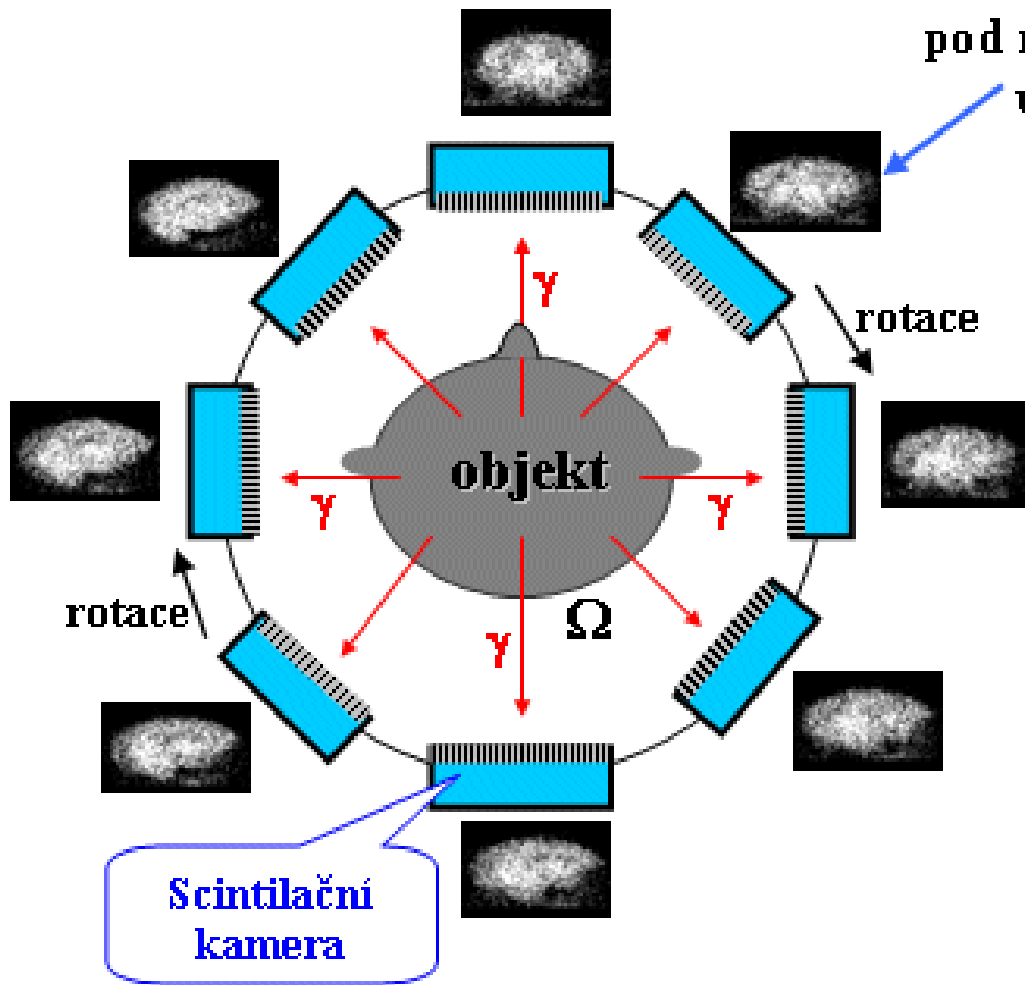
- Těhotenství (u kojení přerušit)
- Podání Chlorigenu v předchozích 2 t.

Délka vyšetření: \approx 1 hodina

Po vyšetření **nejsou nutná žádná zvláštní opatření**, v den vyšetření se doporučuje zvýšit příjem tekutin a je vhodné omezit blízké osobní kontakty s dětmi a těhotnými ženami

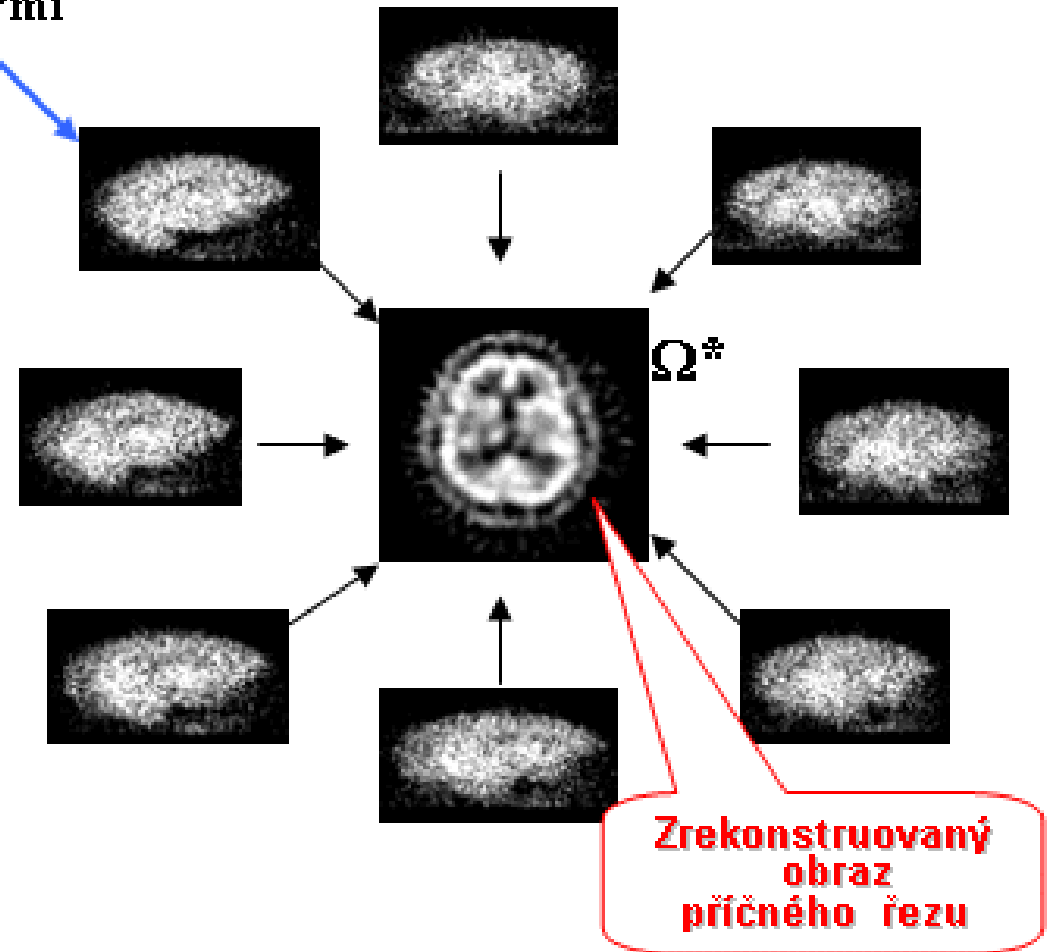
SPECT

Akvizice SPECT



Rekonstrukce SPECT

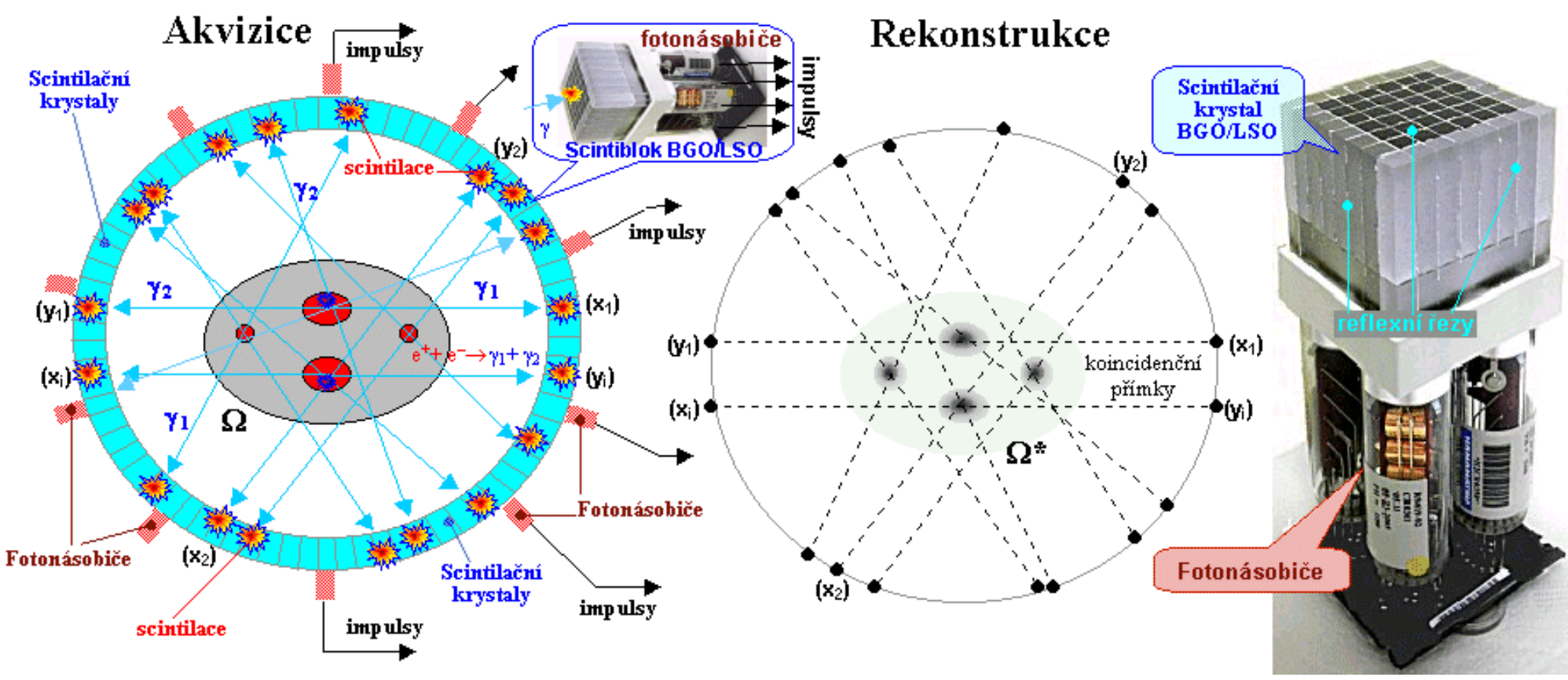
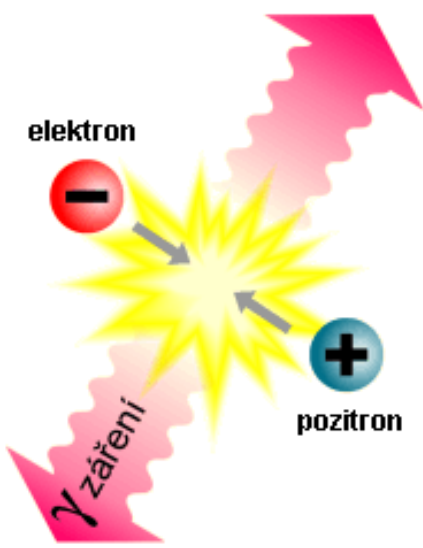
Snímky
pod různými
úhly



SPET



PET



PET



PET – indikace

Onkologie – obecně

- 2-FDG6-fosfát hromadí více než ve zdravých tkáních a také je z nich méně odbouráván
- Nádorové buňky mají zmnoženy inzulin non-dependentní glukózové transportéry, zvýšenou rychlost fosforylace a sníženou hladinu glukózo-6-fosfatázy
- Pouze za předpokladu nízké inzulinemie
- Dg. zánět / nádor komplikace → dif. dg.
- Dg. viability myokardu – jiný mechanismus, vychytávání FDG ve svalových buňkách

PET – orientační přehled indikací

PET/CT trupu

- Onkologie – staging, recidivy, zhodnocení efektu léčby, dif. dg. benigních a maligních lézí, primární tumor neznámé lokalizace
 - Není vhodné pro všechny typy karcinomů (např. Ca prostaty a jeho meta → neakumuluje FDG; podobně lymfatické uzliny u Ca mammy)
 - Oblasti s fyziologickou kumulací FDG (ledviny, močový měchýř, ...)

Obecně platí, že PET/CT lépe zachytí nádory s rychlým růstem

- Detekce zánětů – febrilie najasné etiologie, lokalizace abscesu, vaskulitidy, osteomyelitida osového skeletu (pokud nejde provést MRI)

PET/CT mozku

- Až po MRI, posouzení rezidua, recidivy nádoru, lokalizace epileptického ložiska před terapií

PET/CT myokardu

- Viabilita myokardu zejména v poinfarktové jizvě, před terapeutickým výkonem

PET – kontraindikace

- Gravidita – relativní kontraindikace
- Dekompenzovaný DM
- Neklid během vyšetření
- Hmotnost pacienta, obezita, deformita

PET – příprava pacienta

PET/CT trupu a mozku

Optimální příprava = hyperinzulinemické-euglykemické sevření

Co nejnižší glykémii a inzulinemie

- 1–2 dny před vyšetřením omezit tělesnou námahu
- 6 h před vyšetřením lačnět a nepít **nic slazeného** (ideálně 24 hodin před)

Dostatečná hydratace – JKL u CT (senioři, letní měsíce)

- Redukce rizika kontrastem indukované nefropatie (CIN)
- Jen 4 hodiny před vyšetřením je třeba pít jen čistou vodu a omezit množství přibližně na 100 ml/h
- U parenterálního podání hydratujeme 0,9% roztokem NaCl, 1–2 ml/kg/hod, 4 hodiny před vyšetřením a 24 h po vyšetření

Dobrá hydratace je nutností v případě snížených renálních funkcí

U polyvalentních alergiků a astmatiků (Prednison 40 mg 12–18 h před podáním JKL a 20 mg 6–9 hodin před podáním JKL), **zodpovídá indikující lékař**

Diabetici na inzulinoterpii – normoglykemie před vyšetřením (horí hranice ≈ 10 mmol/l)

PET – příprava pacienta

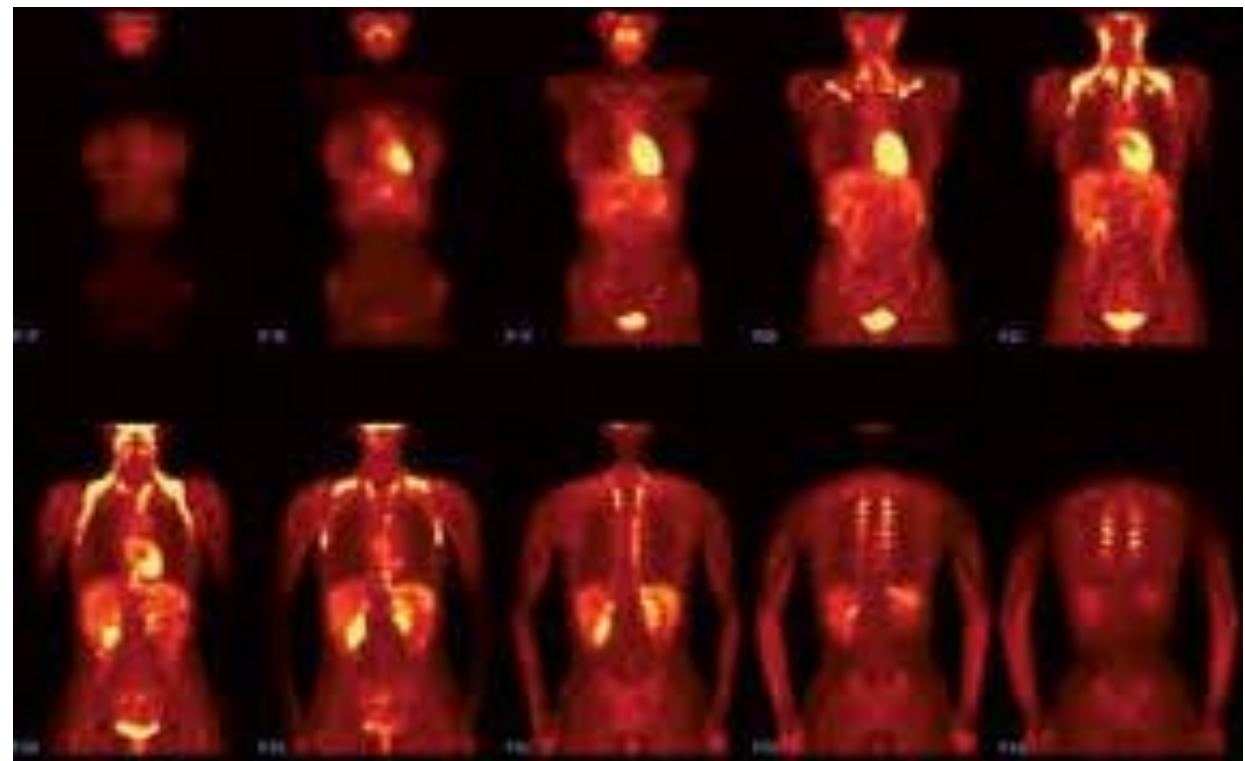
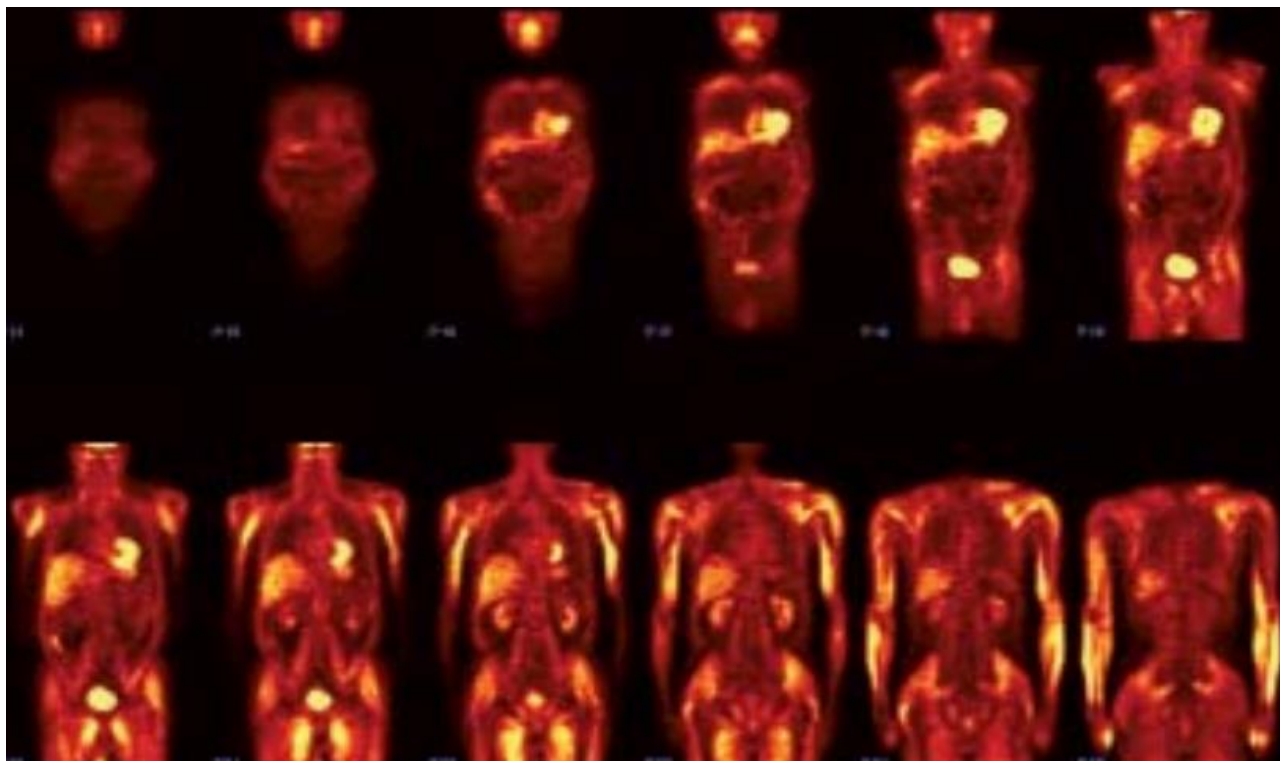
PET/CT myokardu

- Příprava pacienta je odlišná
- Hyperinzulinemicko-euglykemické sevření
- Cílem je minimalizace množství mastných kyselin v krvi a zajistit relativní normoglykemii
- 48 h před vyšetřením bez větších tělesných aktivit
- Večer před vyšetřením netučná večeře, ráno lehká uhlohydrátová snídaně bez jakéhokoliv tuku, tekutiny bez omezení
- Inzulin a PAD běžné podání

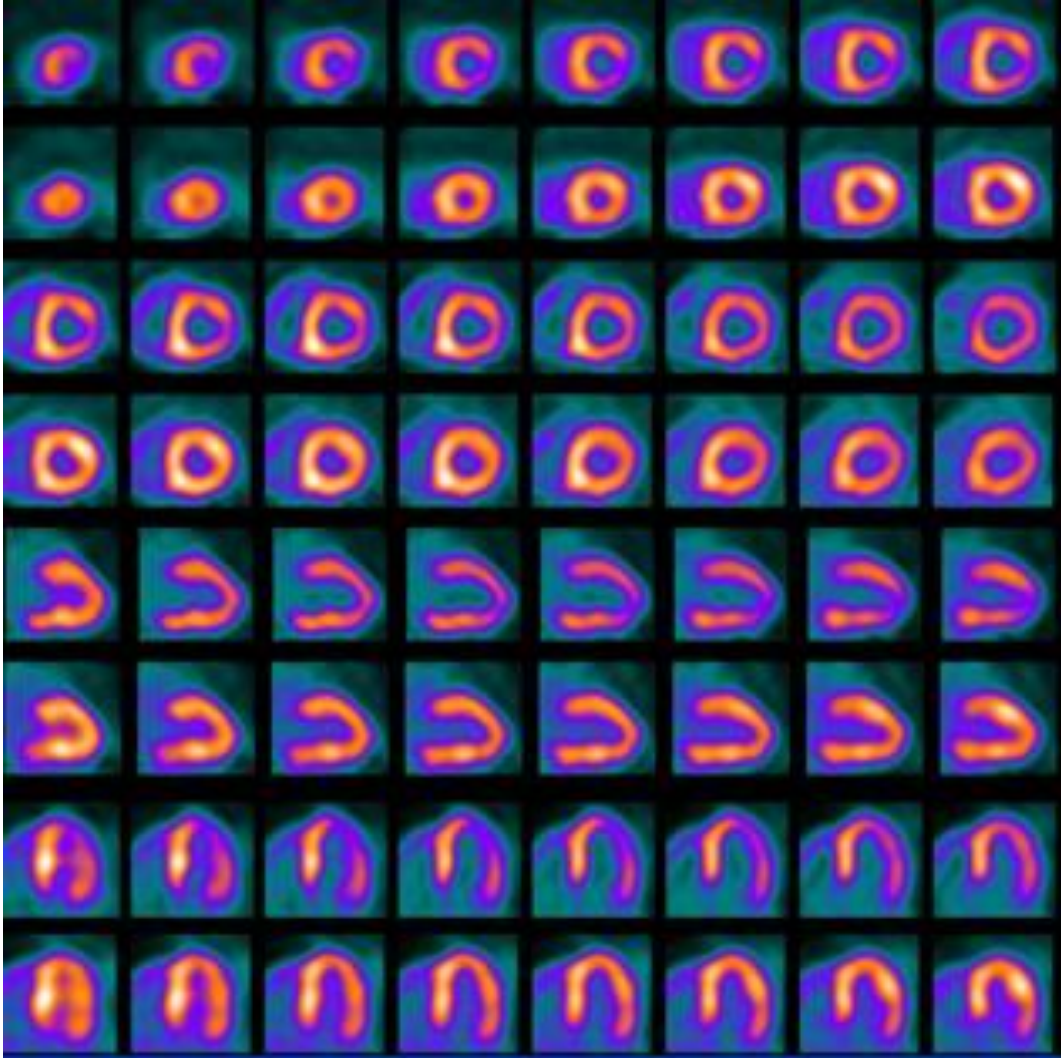
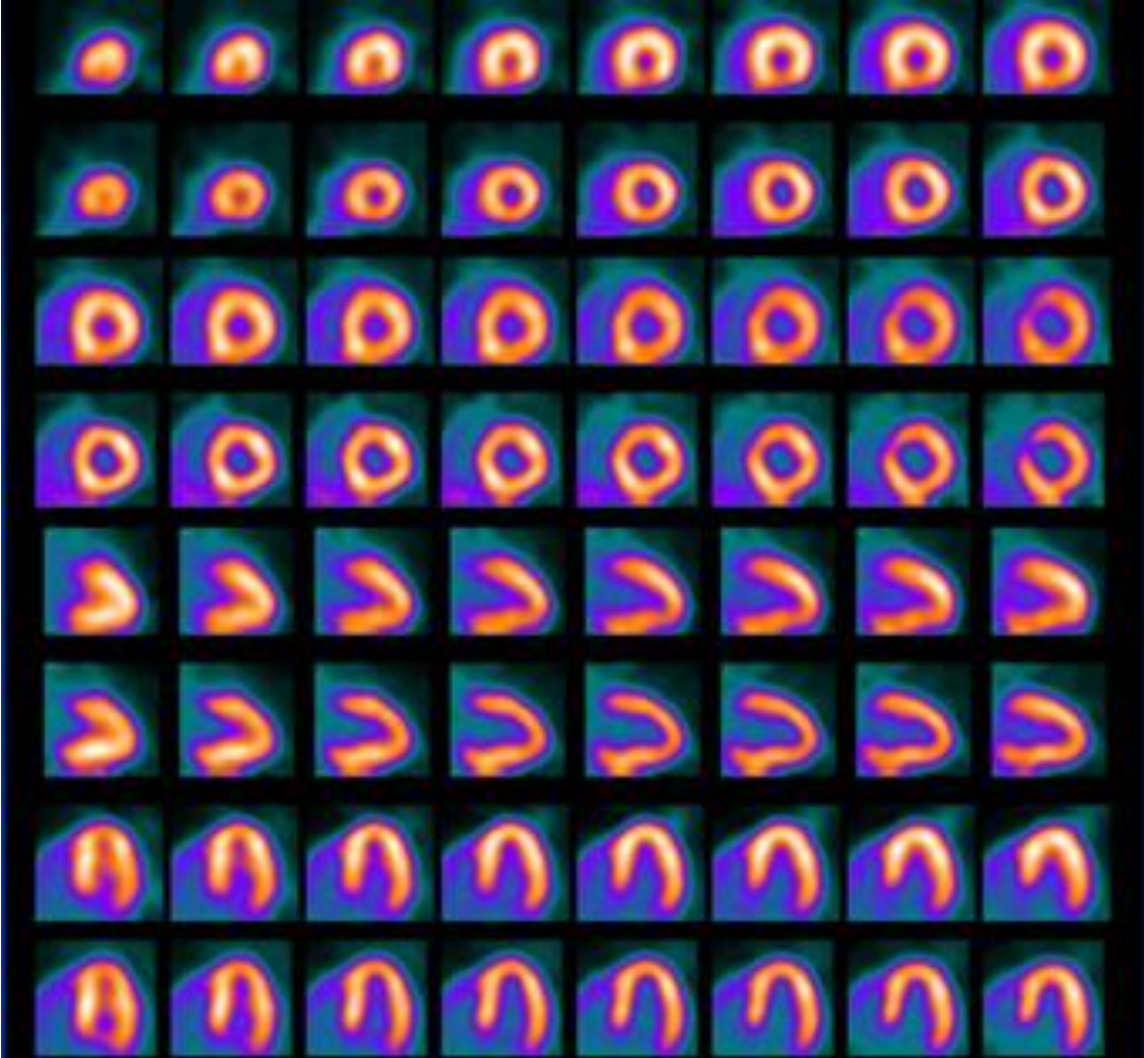
Po vyšetření

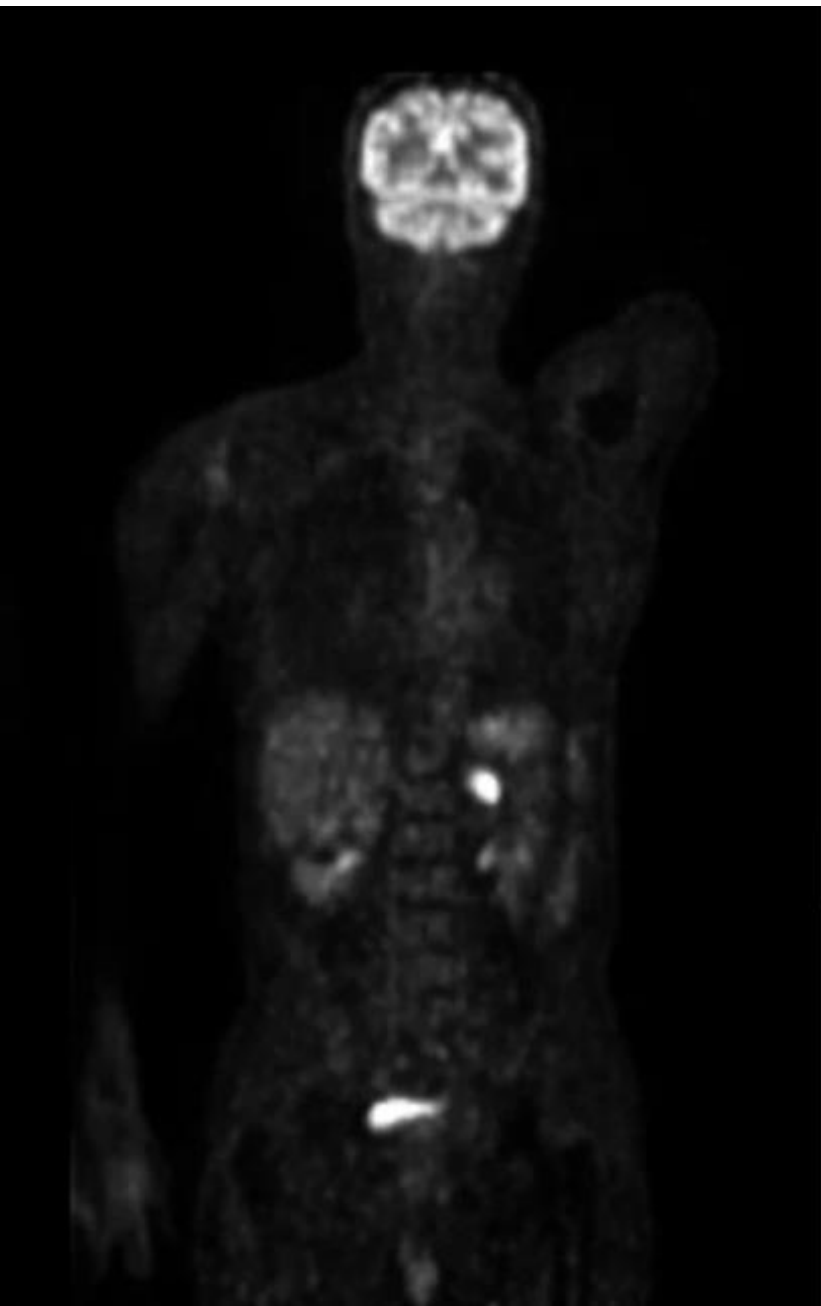
- Omezit tělesný kontakt s menšími dětmi a těhotnými ženami
- Ochranné rukavice
- Letiště, hranice – vystavení potvrzení o aplikaci radiofarmaka

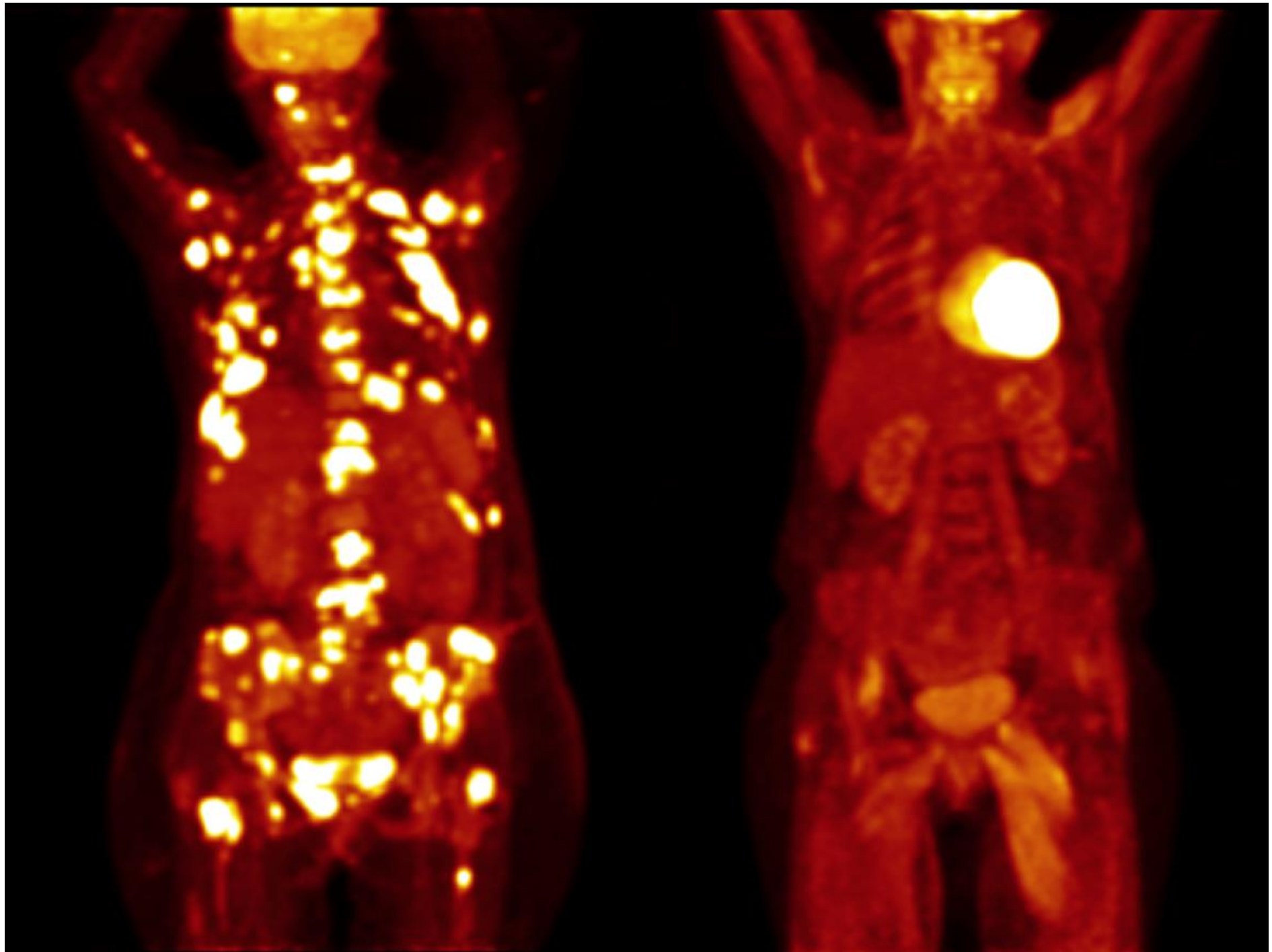
PET – znehodnocení vyšetření

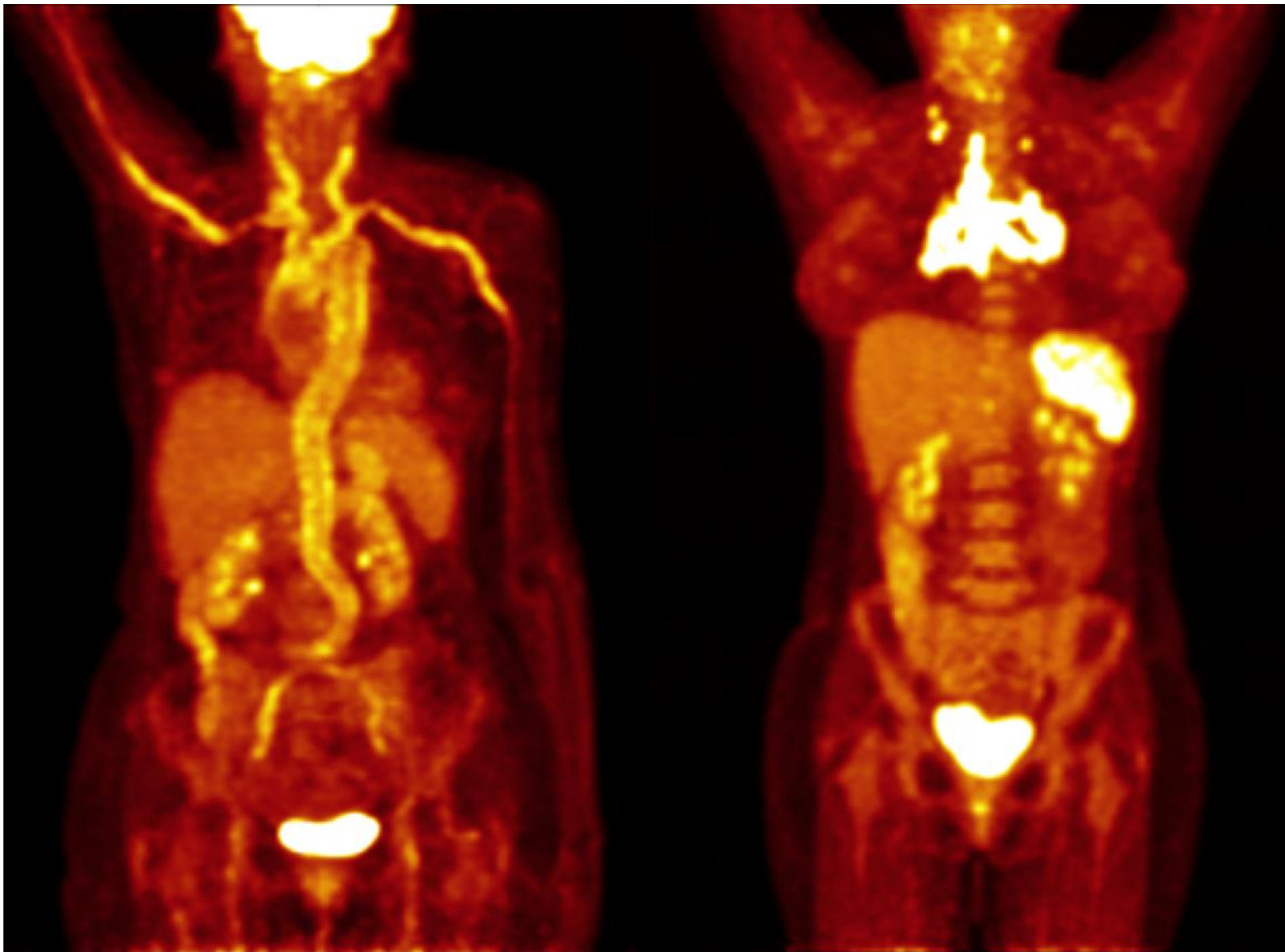


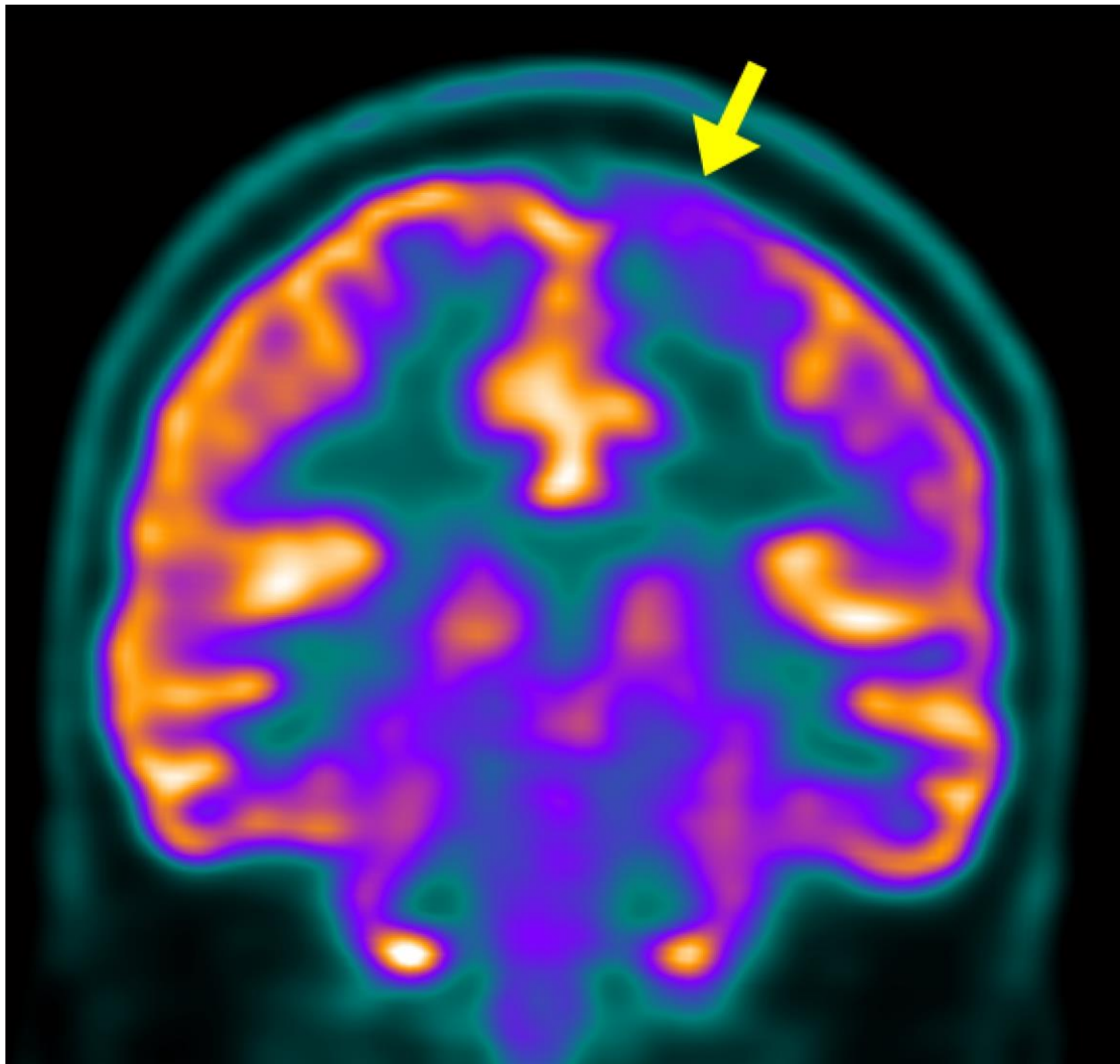
PET perfuze myokardu (studie)

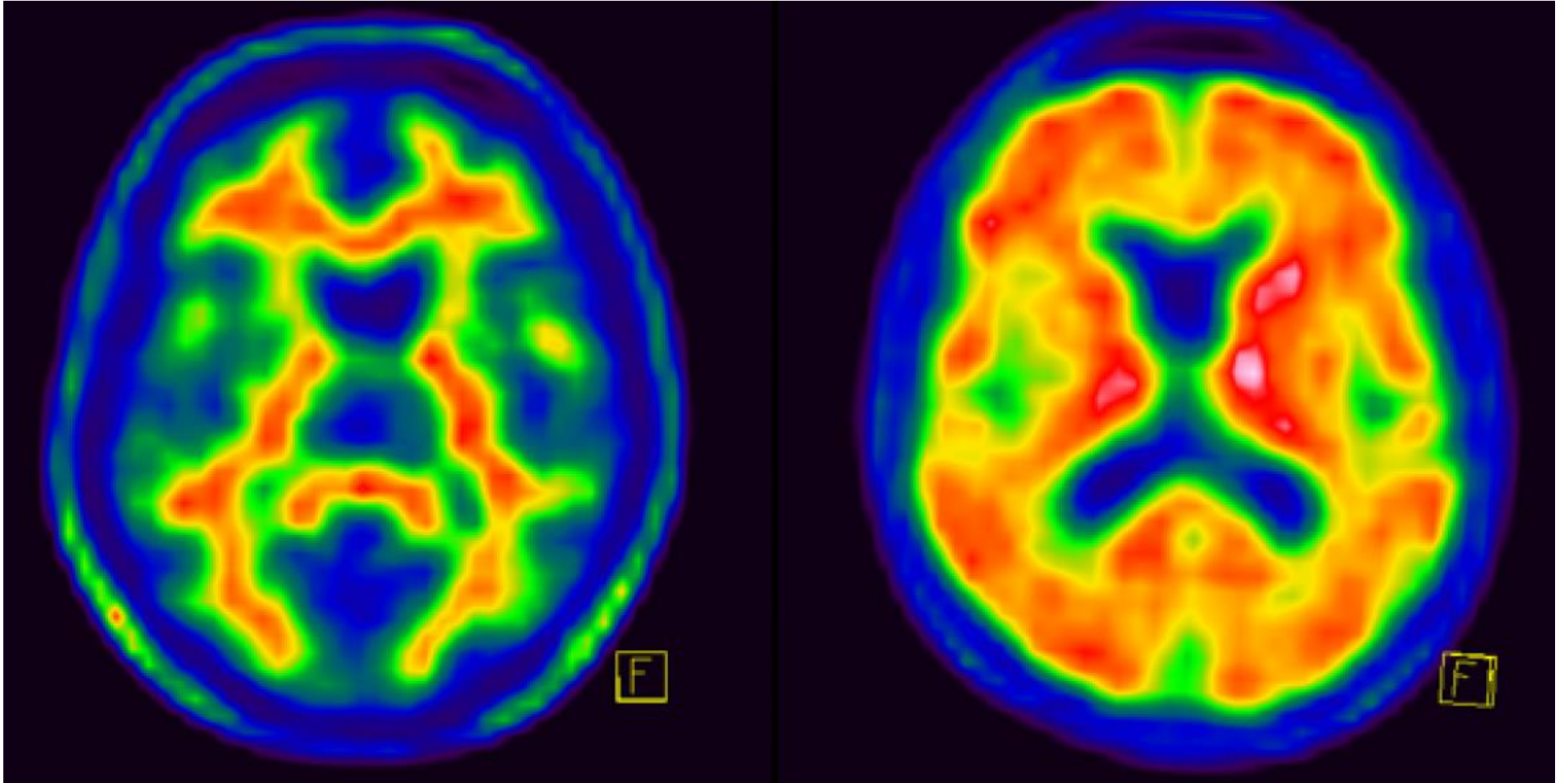


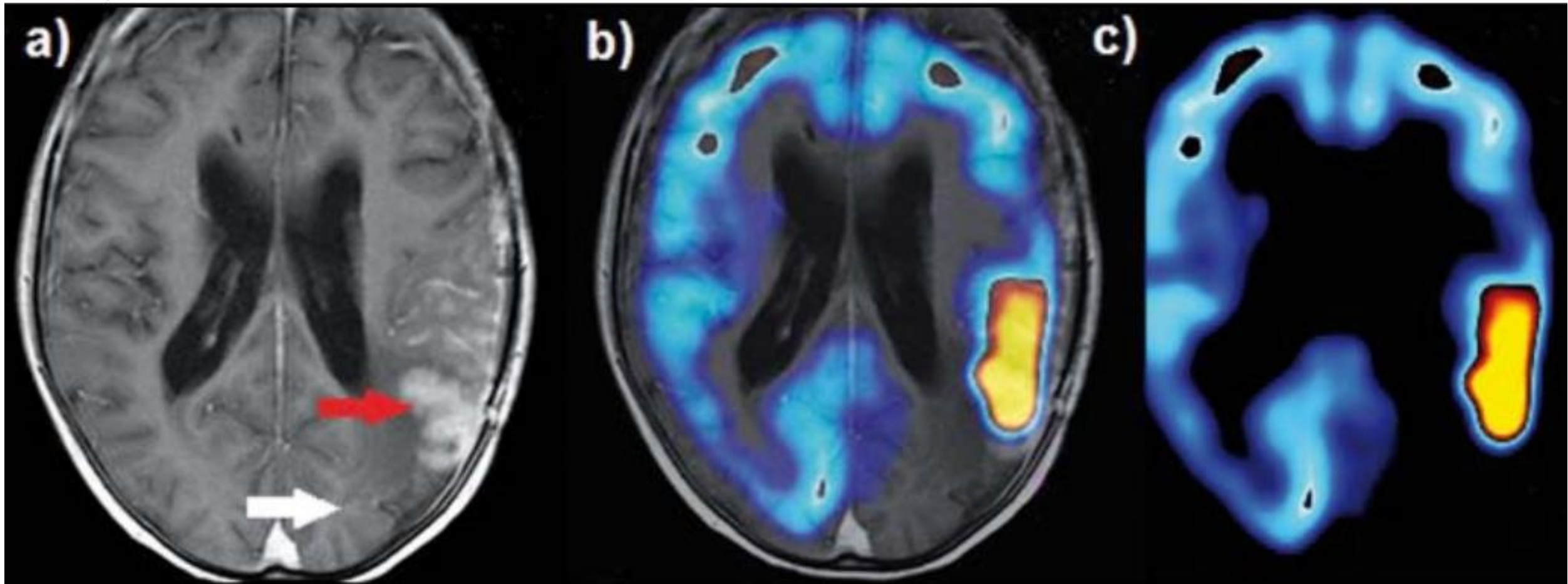






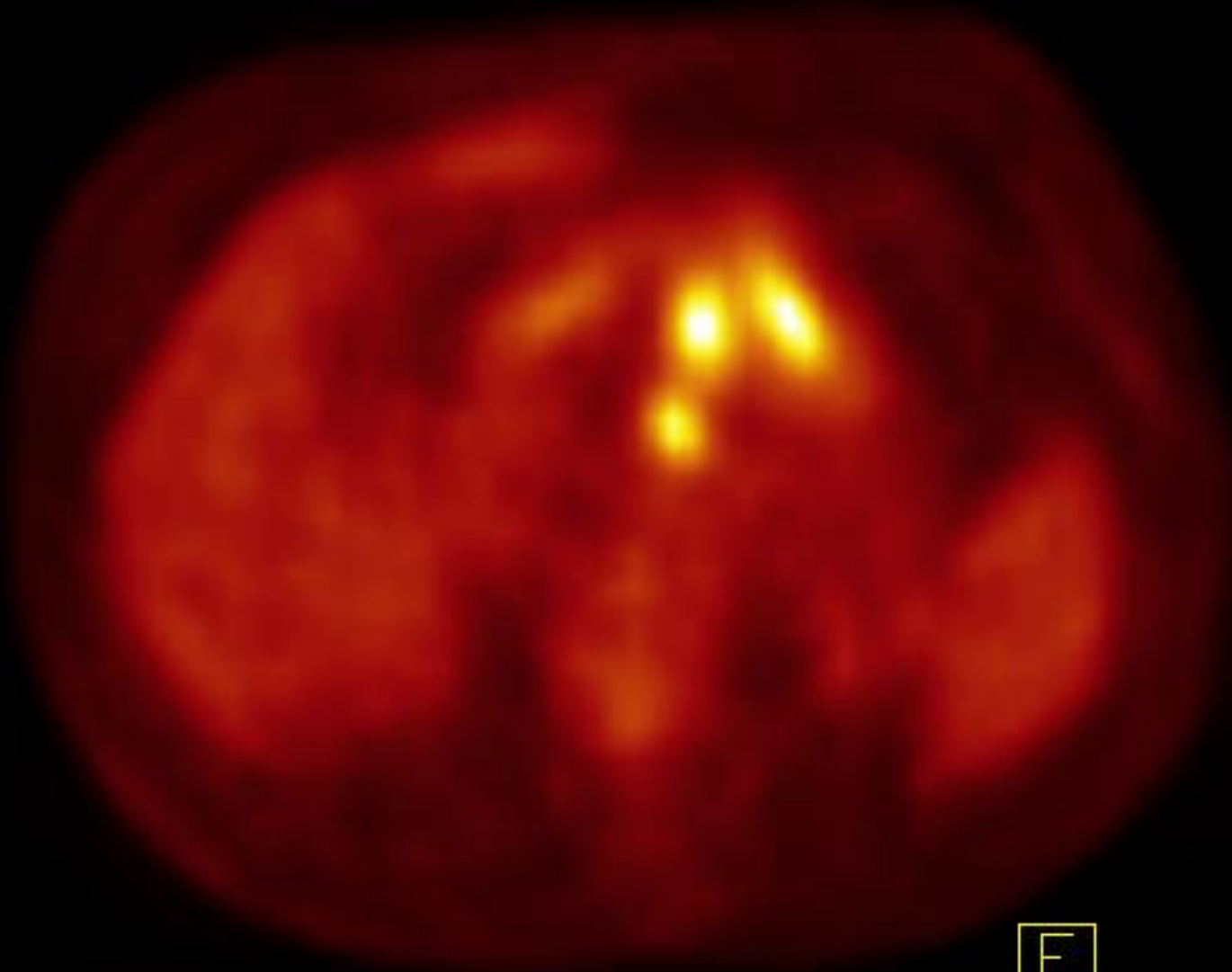






PET 100 %

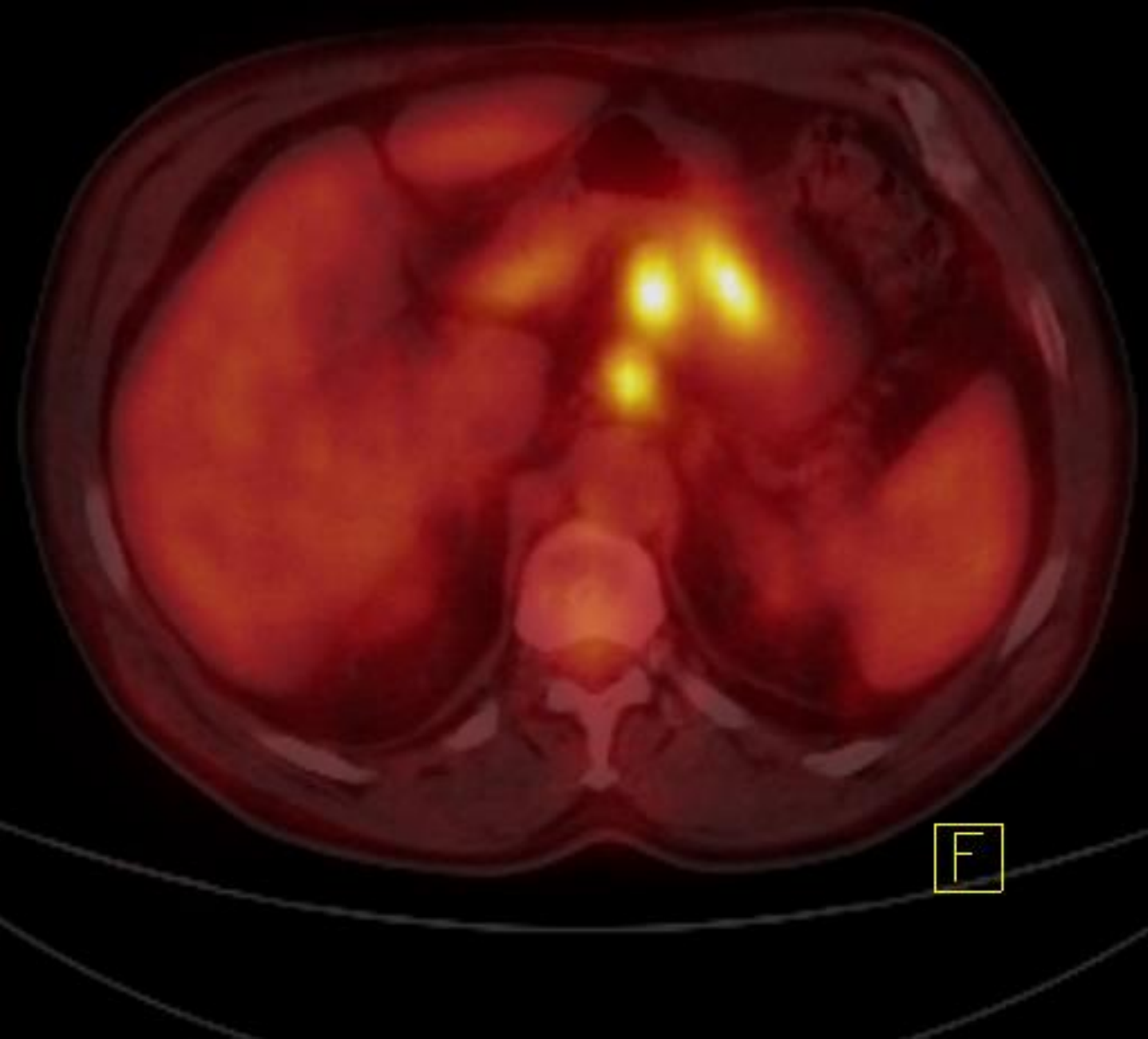
CT 0 %



F

PET 80 %

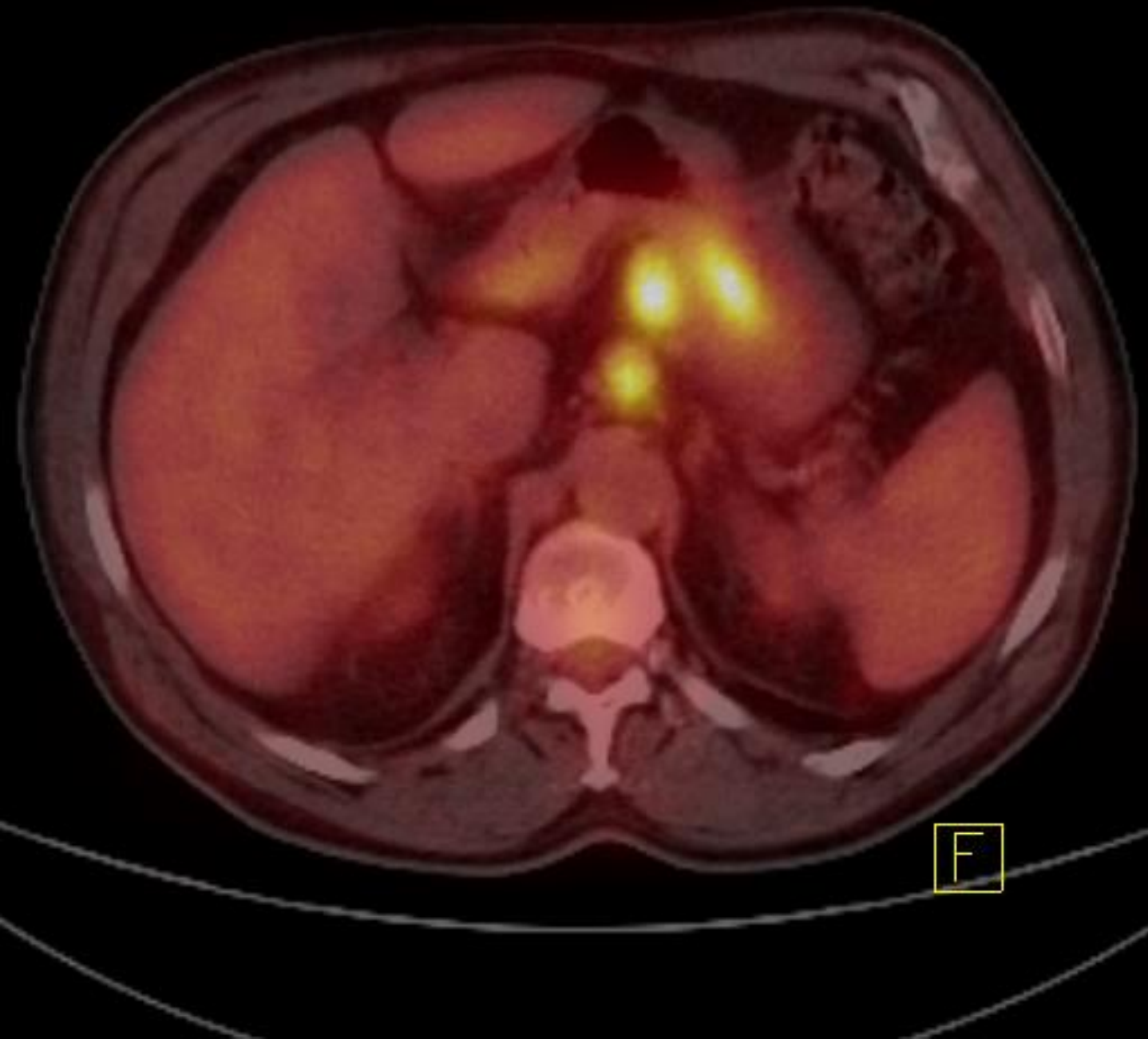
CT 20 %



F

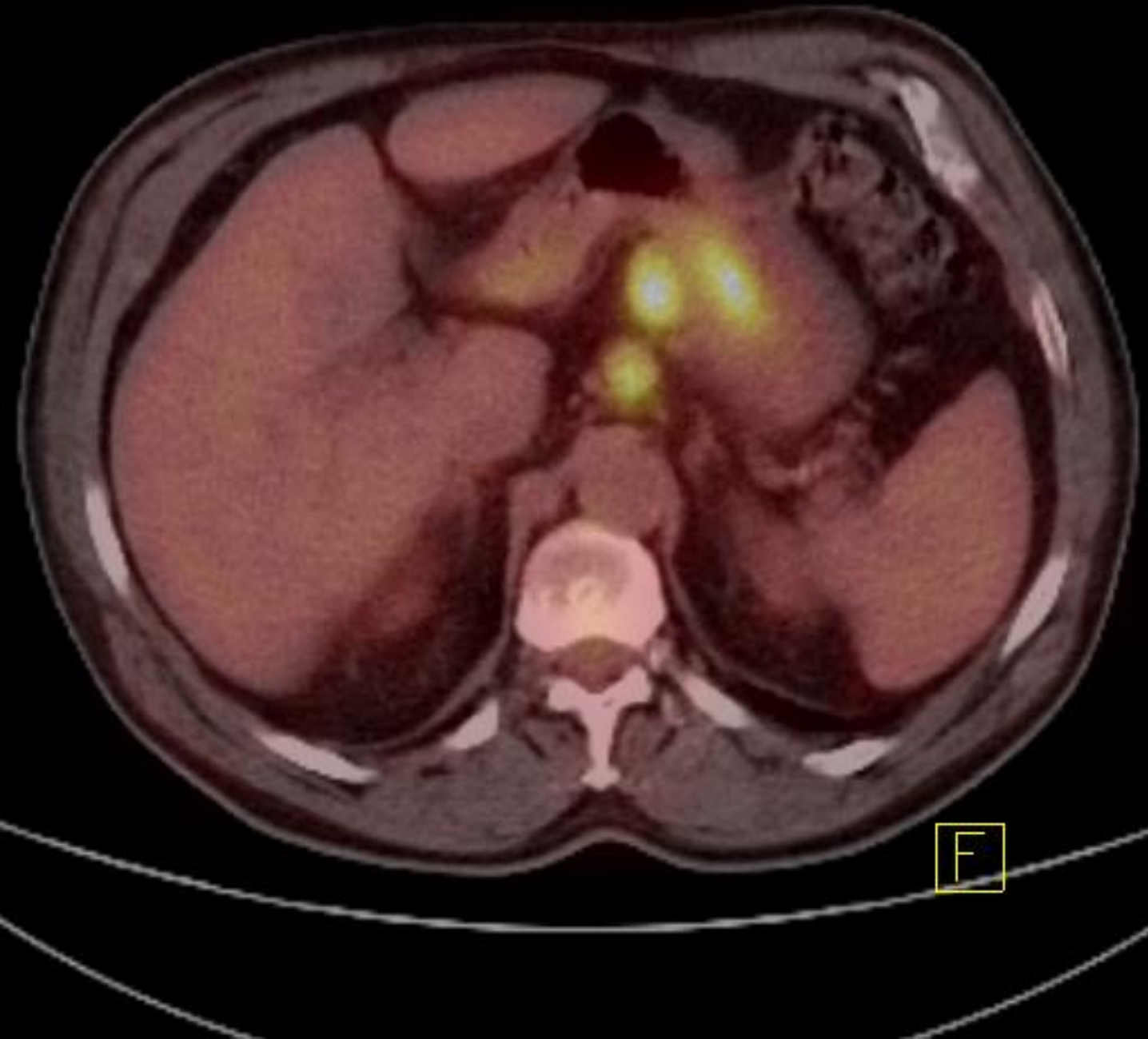
PET 60 %

CT 40 %



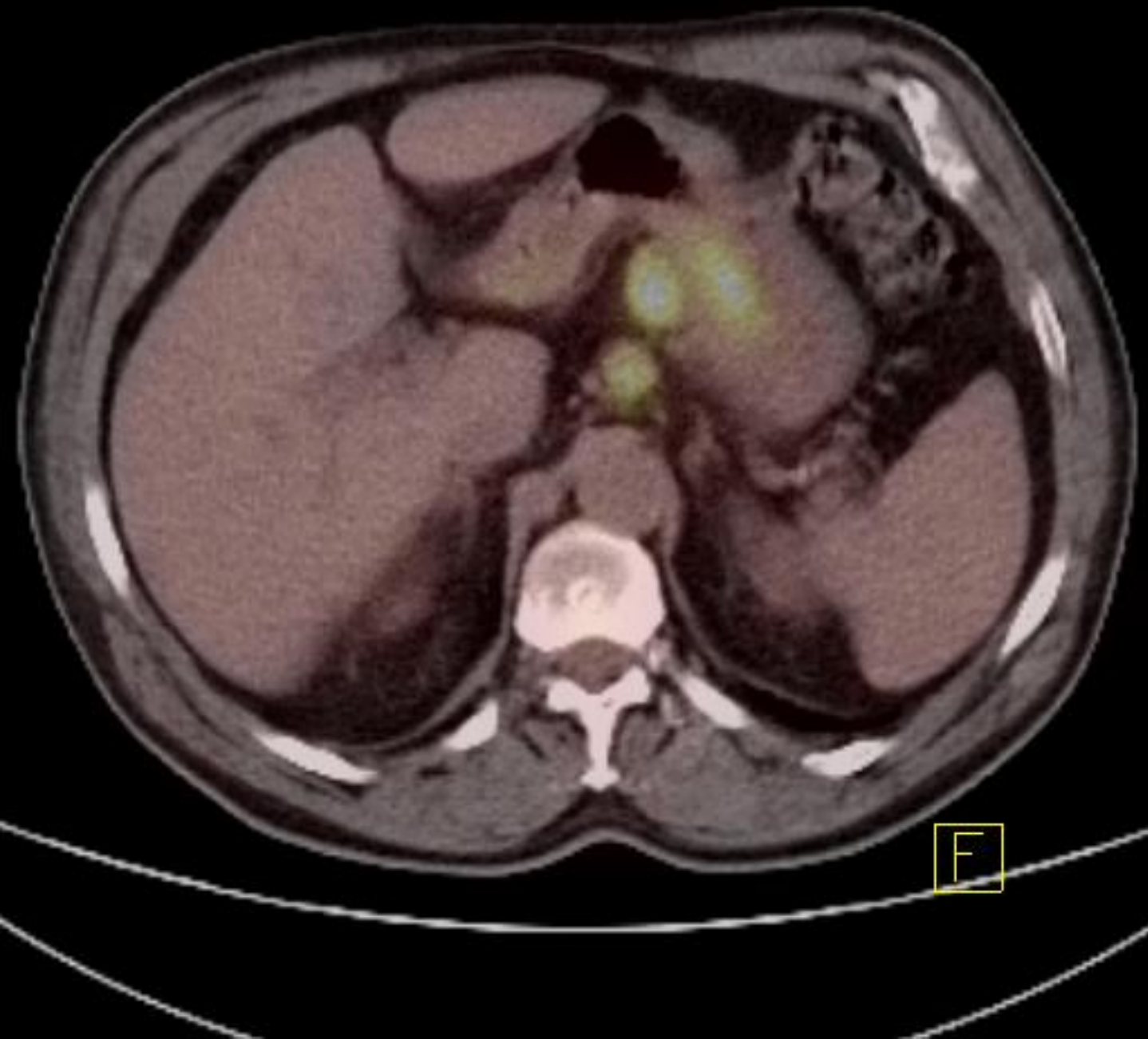
F

PET 40 %
CT 60 %

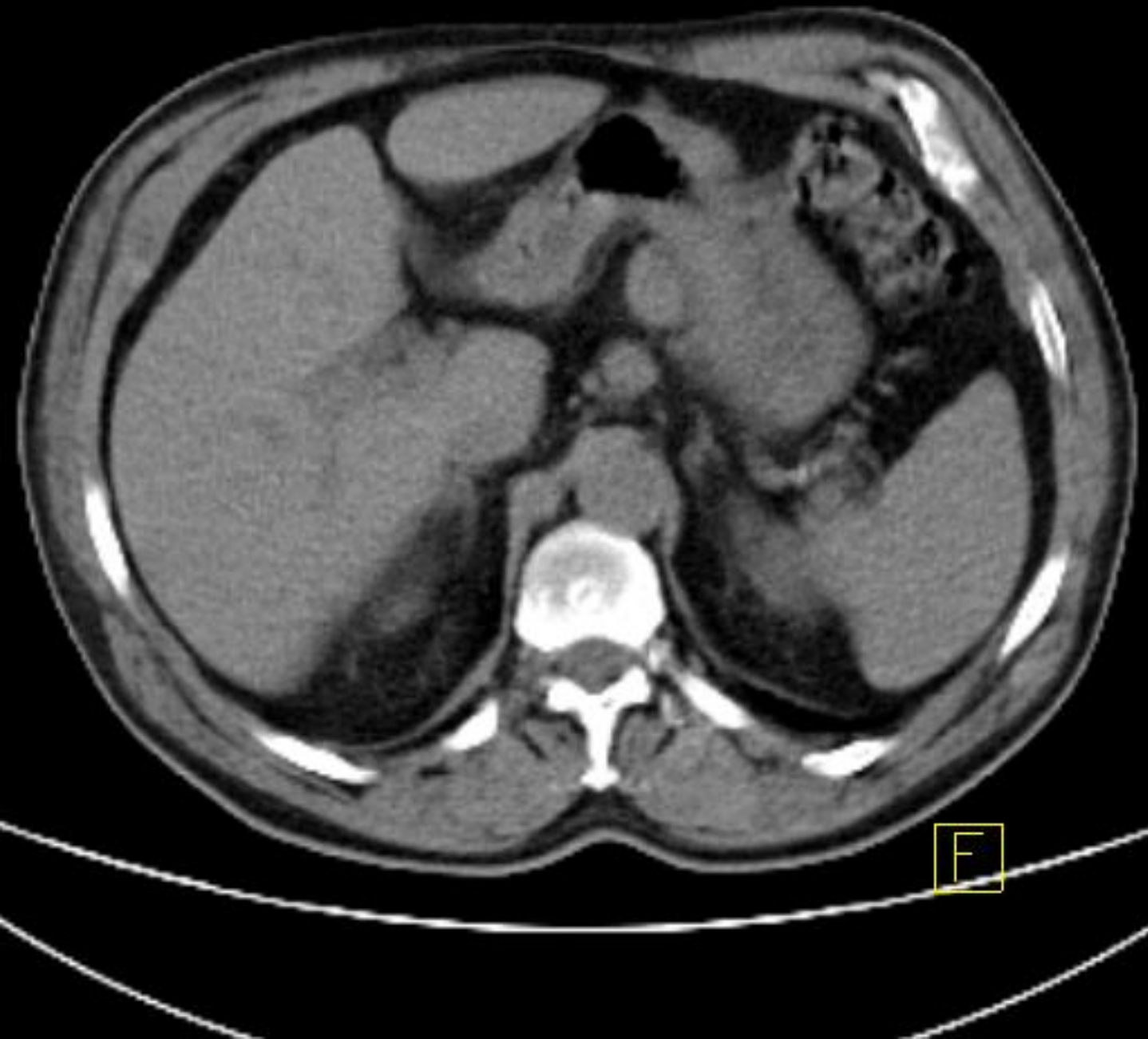


PET 20 %

CT 80 %



PET 0 %
CT 100 %



F



**SLEZSKÁ
UNIVERZITA**
FAKULTA VEŘEJNÝCH
POLITIK V OPAVĚ

Děkuji za pozornost



Iveta Bryjová

iveta.bryjova@fvp.slu.cz