

Digitalne radiologijske slikovne (imaging) metode

Predavanje za studente V semestra- Opća radiologija

Prof.dr.sc. Ivan Krolo
Katedra za opću i dentalnu radiologiju
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Fizika i aparati radiologije

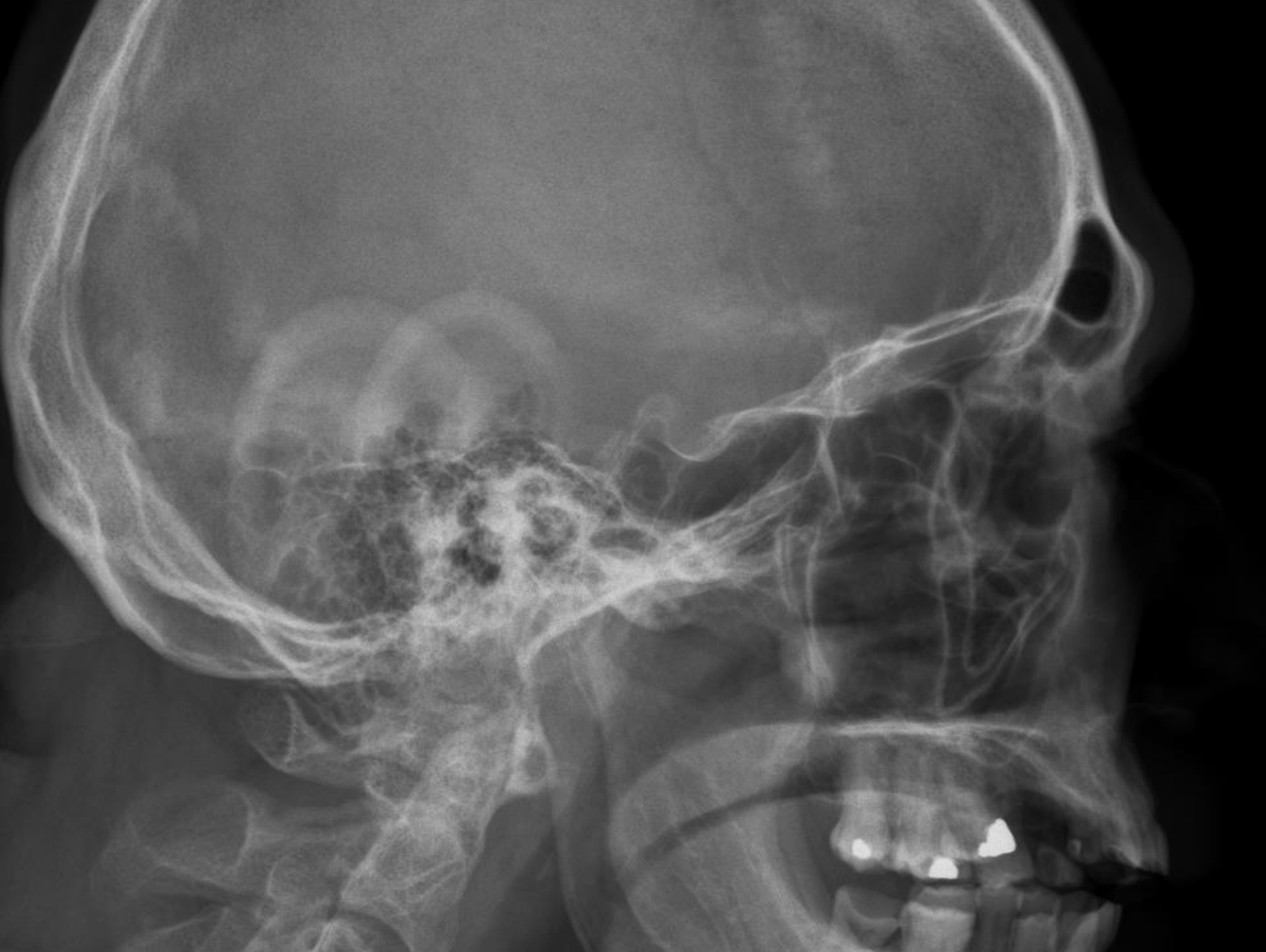
- Analogni
- Indirektno digitalni
- Digitalni:
 - UZV (ultrazvuk)
 - CT, MSCT (višeslojna kompjutorizirana tomografija)
 - MR (magnetska rezonancija)

Analogna radiologija

- RTG cijev (kolimacija, filtriranje)
- Objekt snimanja
- RTG zrake pri prolazu:
- Apsorbiraju, raspršeno zračenje, prolaze
- Film
- Standardi snimanja

Konvencionalna rtg. slika

- Film (fotonanos srebrnog bromida)
- Djelovanjem rtg zraka nastaje latentna slika, koja postaje vidljiva nakon procesa razvijanja
- Radiologijski zapis u 2. ravnine

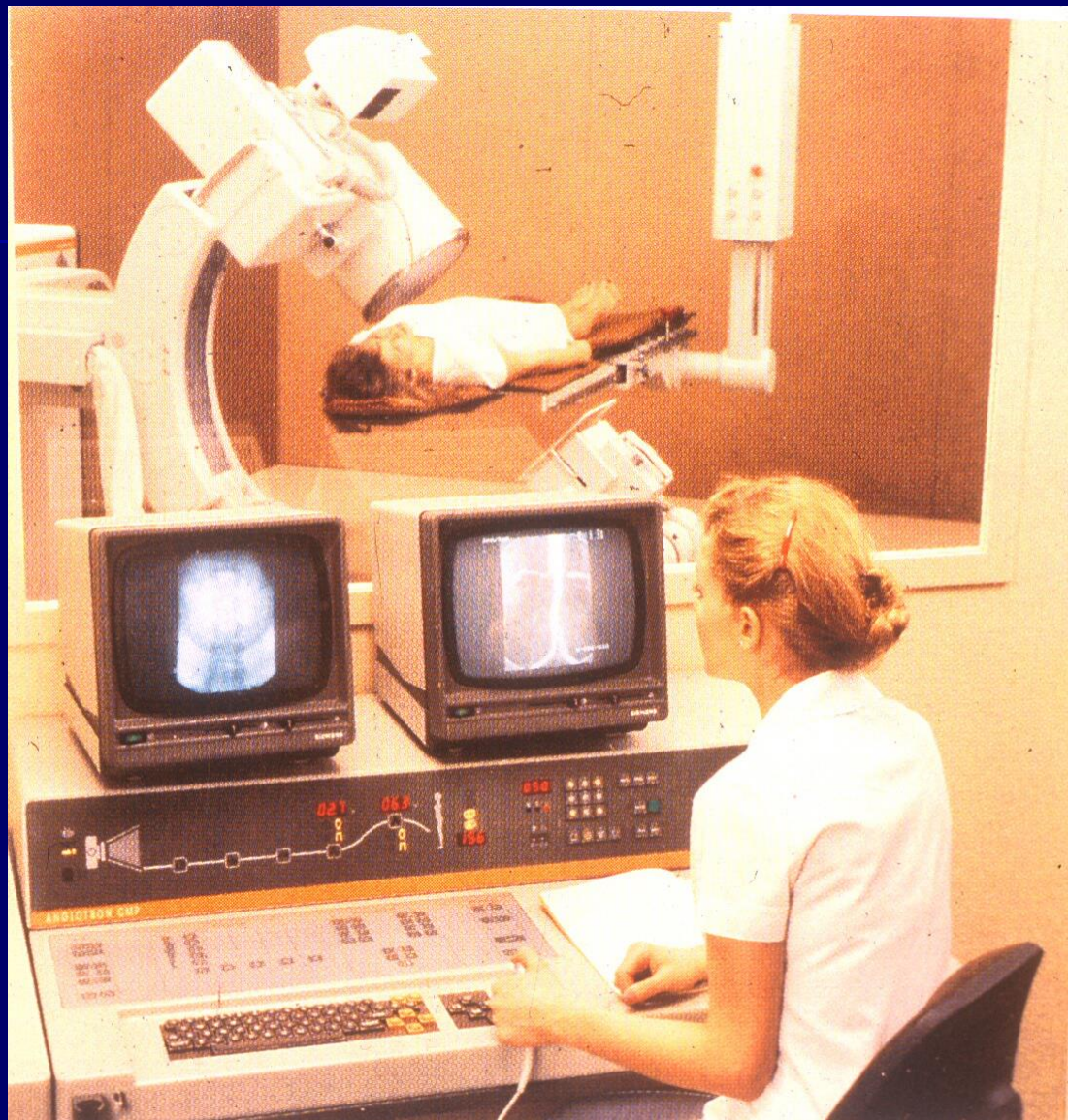




Digitalna radiologija

Posljedica nevjerojatno brzog napretka radiologije, zahvaljujući razvoju kompjutera, odnosno računala

Niti u jednoj grani kliničke medicine ne nalazimo takve brze promjene



Digitalna radiografija

- Kazete s filmom i folijama su zamijenjene elektroničkim receptorima, koji registriraju neapsorbirano zračenje, numerički podaci se obrađuju računalom.

a) indirektna digitalna

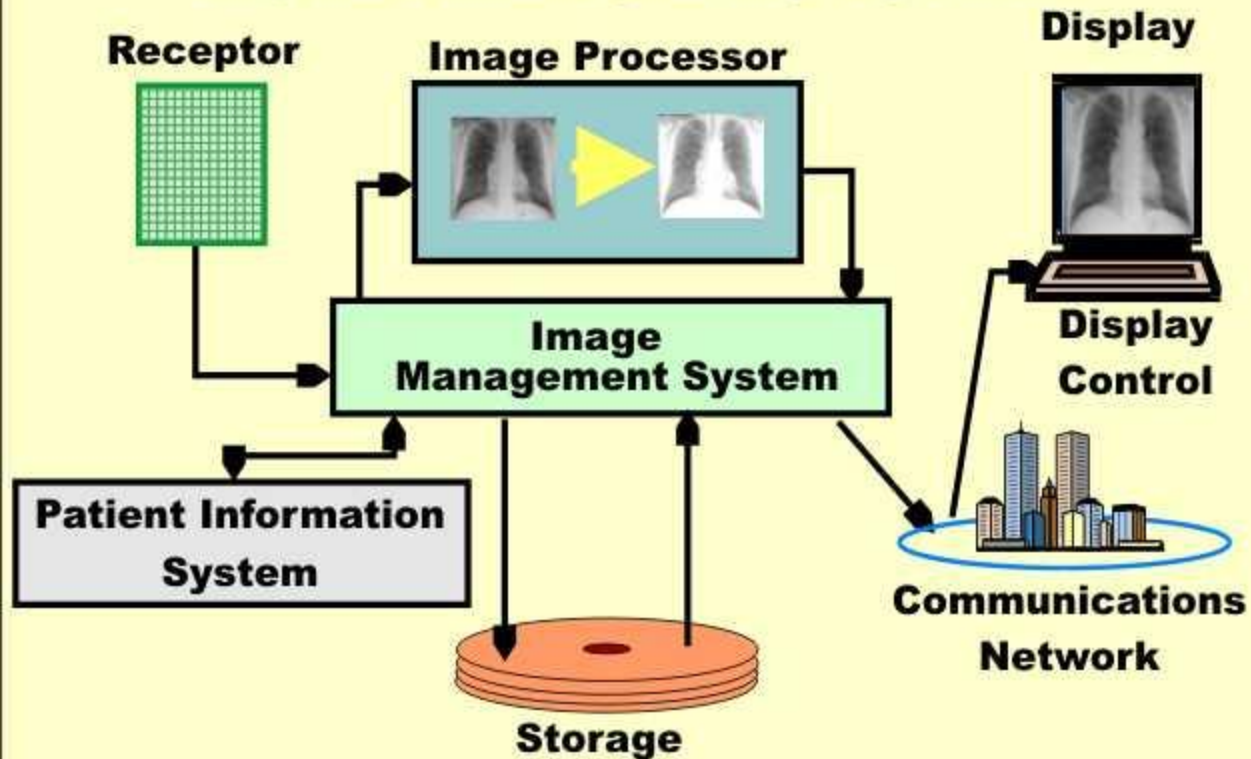
- RTG snimanje
- stvara se latentna slika na fotostimulirajućem sloju fosfora
- Latentna slika se obasjava crvenim laserom u čitaću, te se konvertira iz analogne u digitalnu sliku

- Indirektni tip digitalne radiografije je jeftiniji i jednostavniji, jer se mogu koristiti postojeći rtg. uređaji

Direktna digitalna tehnika

- Apsorbirano zračenje se mjeri na posebnoj panel ploči u detektorskim elementima-mjerna jedinica "piksel"
- U svakom pikslu je mjerenje direktno, nema konvertiranja u svjetlost, niti konverzije analognih u digitalne podatke
- Slika se na ekranu pojavljuje gotovo istovremeno s ekspozicijom

Digital Radiography System



Sprawls



Prednosti digitalne radiologije

- Manja doza zračenja
- Nema ponavljanja slikanja
- Postprocesing obrada
- Slanje na daljinu
- Memoriranje

Digitalne radiologijske metode

- Digitalna radiografija
 - UZV
 - CT
 - MR
 - PET-CT
-
- Kontrasna aplikacija

Digitalna radiografija u stomatologiji

- Radioviziografija (RVG)
- Cone beam
- Dentalni CT
- MSCT, MR, UZV

ULTRAZVUK

- Nema ionizirajućeg zračenja
- Dostupan, mogućnost ponavljanja
- Gotovo svi dijelovi tijela
- Vaskularizacija
- Punkcija pod uzv kontrolom

- Osnovni princip rada UZV se temelji na obrnutom piezoelektričnom svojstvu kristala, koji se deformiraju u električnom polju, oslobađaju se UZV valovi.
- Obrnuti je proces deformiranje kristala povratnim UZV valom, kada se oslobađa mikrovoltažna struja, koja se u digitalnom pretvaraču koristi za stvaranje slike
- Kristali se nalaze u sondi (pretvaraču) jedan je kristal **emiter**, drugi kristal **receptor** UZV vala.

U ultrazvučnoj medicinskoj dijagnostici primjenjuje se
ultrazvuk 2-25 MHz

UZV val karakterizira: valna dužina (u tkivu $< 1\text{mm}$)
frekvencija ($> 20\text{kHz}$, 1-20MHz)
brzina širenja (1570m/s -voda)
intenzitet

Odnos valne dužine i frekvencije je obrnuto proporcionalan

Pri prolasku kroz tkiva različite impedancije se UZV val:

lomi

dio se raspršuje i apsorbira

najveći dio se reflektira

Osnovni dijelovi UZV aparata

- **Sonde** (pretvarači):
- Mehaničke i elektronske
- **Centralna upravljačka jedinica:** odašiljački pulsni generator se aktivira prema programu digitalnog računala, impuls se prenosi na piezokristale, slika se prikazuje na ekranu monitora
- **Pohrana slike:** digitalnim zapisom, videotraka, fotografski papir, film

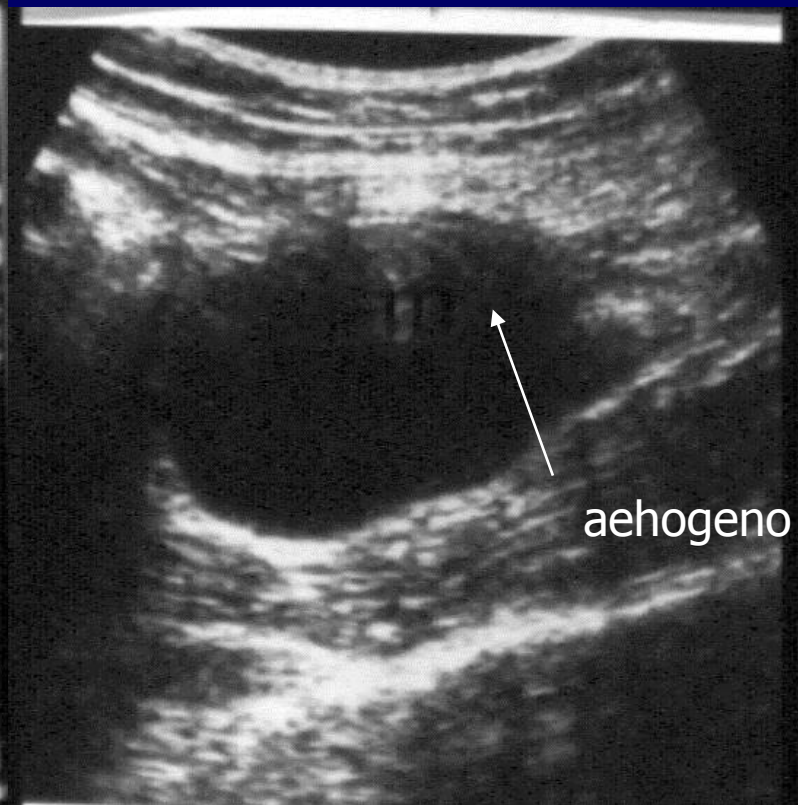
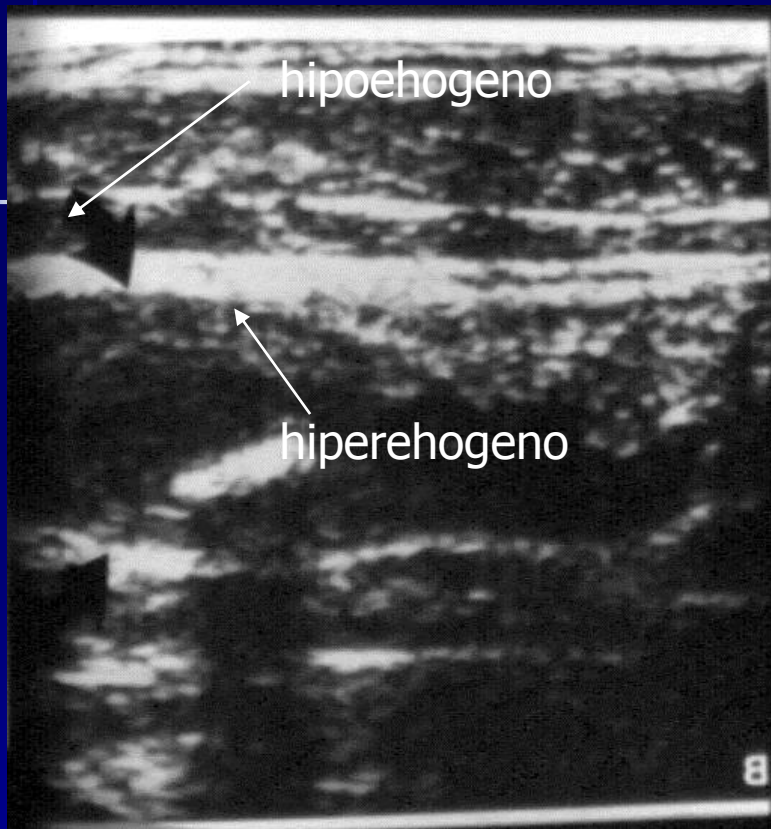
SONDE

- Perkutane:
 - a) linearne (mali organe, krvne žile, dojka, mišići i zglobovi)
 - b) konveksne (trbuh, zdjelica)
- Endoskopske: transvaginalne, transrektalne, ezofagusne, gastične, endovaskularne



UZV opis

- Tkiva i organi imaju karakterističnu ehogenost
- *Promjena:*
- izoehogena
- hiperehogena
- miješane ehogenosti



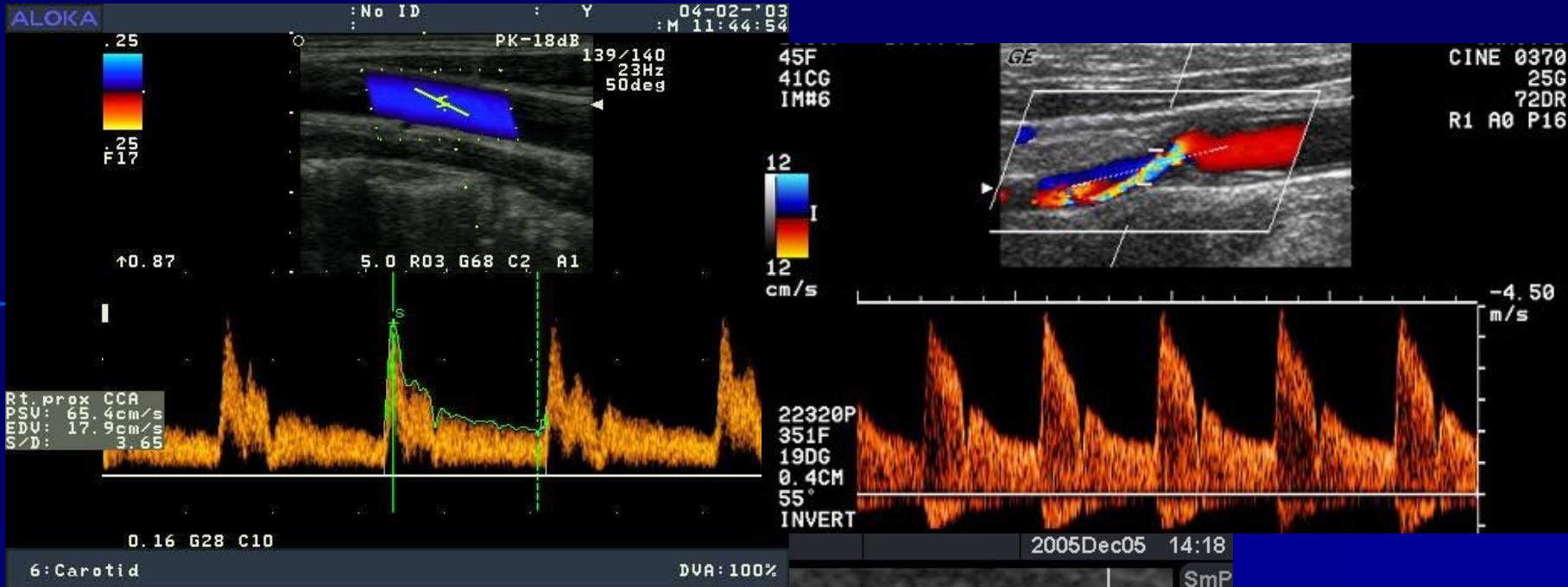


3D prikaz na ekranu

Dopplerov učinak

Austrijski fizičar Christian Doppler opisao je tzv. «Dopplerov učinak» prema kojem se razlikuje frekvencija emitiranog od frekvencije reflektiranog zvuka u slučaju kada se reflektor giba. U medicini se taj princip koristi na način da su reflektori ultrazvuka eritrociti, koji su dominantne stanice u krvi, a razlika emitirane i reflektirane frekvencije (doplerski pomak) razmjerna je brzini strujanja krvi.

- Protok u krvnim žilama prikazuje se u tonovima crvene i plave boje (obojeni dopler), a bojom se kodira srednja brzina protoka. Ako se bojom kodira cjelokupni doplerski spektar radi se o tzv. «power Doppleru», koji je osjetljiviji za prikaz sporog protoka u malim krvnim žilama od obojenog (color) doplera.



MSCT (CT)

- VIŠESLOJNA KOMPJUTORIZIRANA TOMOGRAFIJA

KOMPJUTORIZIRANA TOMOGRAFIJA (CT)



- prikaz CT uređaja: kućište (rendgenska cijev i detektor), komandni stol i kompjutor

PRINCIPI RADA CT-a

- prikaz presjeka tijela u transverzalnim slojevima
- rotirajući snop rendgenskih zraka
- detektori (plinski, kristalni) bilježe koeficijent apsorpcije u malim volumenima tkiva (voxel) kao uzorak električnih impulsa
- prenose impulse na računalo gdje se kompjutorski obrađuju: prikaz brojčane vrijednosti apsorpcije rendgenskih zraka u pojedinoj površini (pixel) presjeka tijela ili slika siva skala

- računalo obrađuje brojčane vrijenosti i pretvara u sliku u sivo-bijeloj skali sastavljenoj od piksela
- indeks apsorpcije rendgenske zrake određuje svjetlinu svake točke u nijansi sive boje vidljive ljudskim okom i mjerene u Hounsfieldovim jedinicama(HU)
- vrijednosti se protežu u rasponu od -1000 do +1000, gdje sjena gustoće zraka odgovara vrijednostima od -1000, sjena gustoće vode 0, a sjena gustoće kosti do +1000 HU
- snimanje se izvodi u frontalnoj, transverzalnoj, i sagitalnoj projekciji

PREDNOSTI :

- CT razlučuje apsorpcijsku razliku manju od 1%
- osjetljivost CT-a je sto puta veća od osjetljivosti klasične rendgenske snimke
- dijagnostička obrada takve snimke mnogo je lakša i preciznija
- mogućnost prostorne vizualizacije
- diferencijalna dijagnostika i građa patološkog procesa

VRIJEDNOST MSCT-a

Veliko polje snimanja

Kratko vrijeme snimanja

otkrivanje patologijskog procesa:
anomalija, upala, krvarenja, tekućeg
sadržaja, trauma, tumora, staging
(proširenost) tumora

*temeljem nalaza odabir najadekvatnije
terapije*

MSCT

Debljina sloja od 1 mm

Volumni prikaz

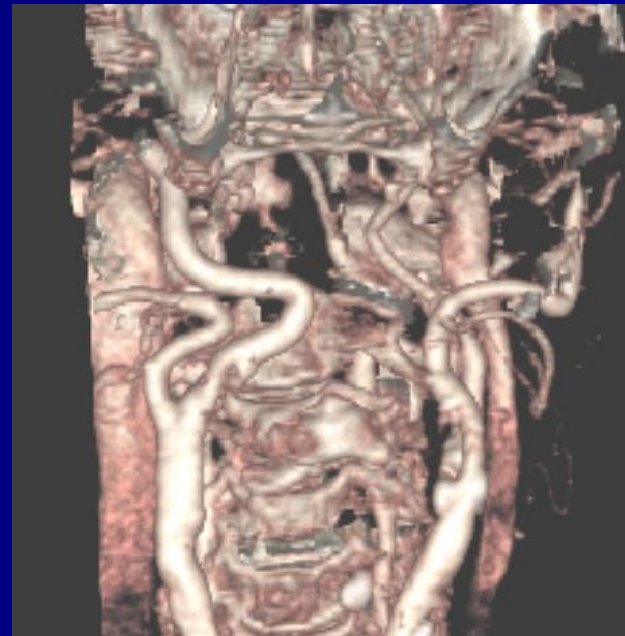
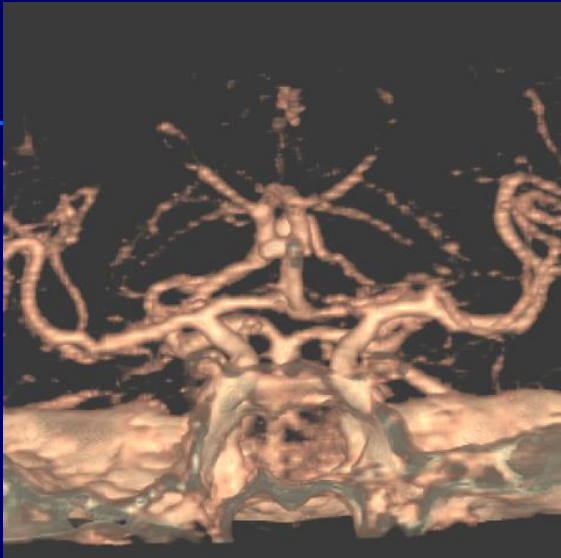
Rekonstrukcije

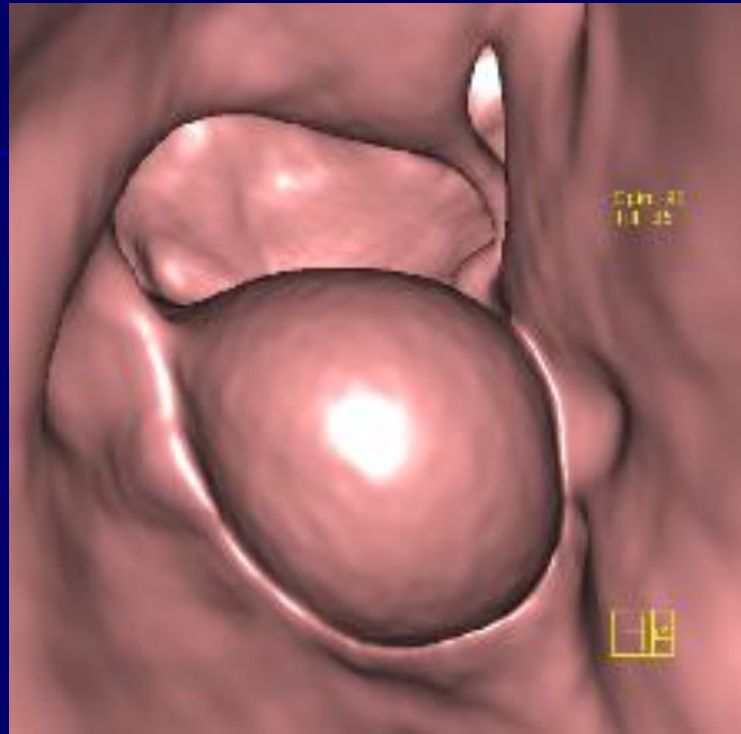
Kontrasno sredstvo:

i.v. (arterijsku, vensku, parenhimsku fazu), per os, direktno

Punkcija pod MSCT kontrolom

MSCT ANGIOGRAFIJA





- CT- cista lijevog maksilarnog sinusa prikazana virtualnom endoskopijom

Volumen rendering MIP



Cone Beam Computed Tomography - CBCT

- Axialni slojevi, 14-20 sek. ekspozicija
- Jedna rotacija oko glave bolesnika
- Koničan izgled RTG snopa
- 120 KV, 3-8 mA
- Flat panel detektorska ploča specifično dizajnirana za maxilofacijalnu regiju

CBCT POLJA SNIMANJA – field of view

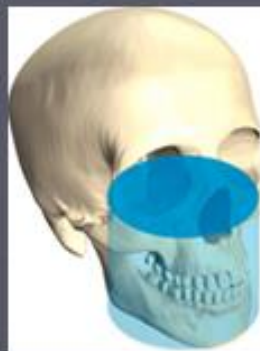


Small

(6 X 6 cm)

3 to 4 teeth

- ▶ Single TM Joint
- ▶ Any localized region



Medium

(7.5 X 10 cm)

- ▶ The jaws and ascending ramus
- ▶ All the teeth



Large

(7.5 X 14.5 cm)

- ▶ The jaws and airway
- ▶ Both TM Joints



Extra large

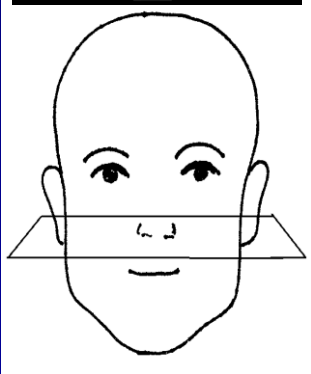
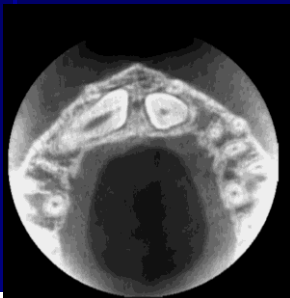
(13 X 14.5 cm)

- ▶ The whole dento-maxillofacial area

Multiplanarna rekonstrukcija

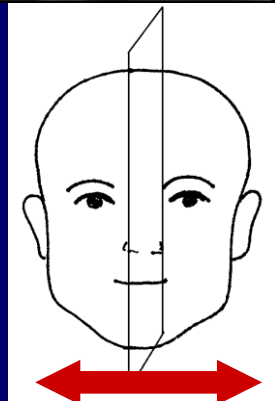
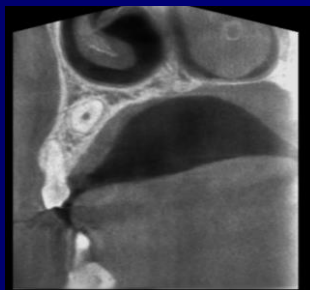
Axial

Upper-lower
(Head-foot)



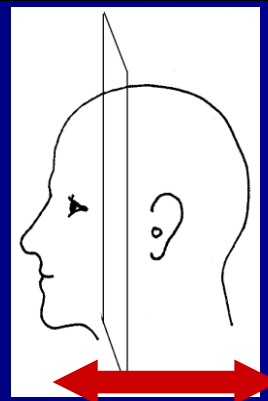
Sagittal

Right-left



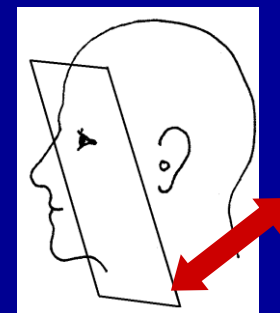
Coronal

Anterior-posterior



Prilagođena

Zadana ravnina



NE ZABORAVITI

Zaštita od ionizirajućeg zračenja:

- bolesnika
- osoblja
- MSCT - visoke doze zračenja
- *Indikacija* najvažnija
- mjerenje količine zračenja

DOZE ZRAČENJA

- Dozimetrija:
- Ekspozicijska doza
- Apsorbirana doza
- Ekvivalentna doza
- Efektivna doza:
 - 1mSv (Sivert) godišnje za pučanstvo
 - 20mSv za medicinsko osoblje

MR

- Magnetska rezonancija

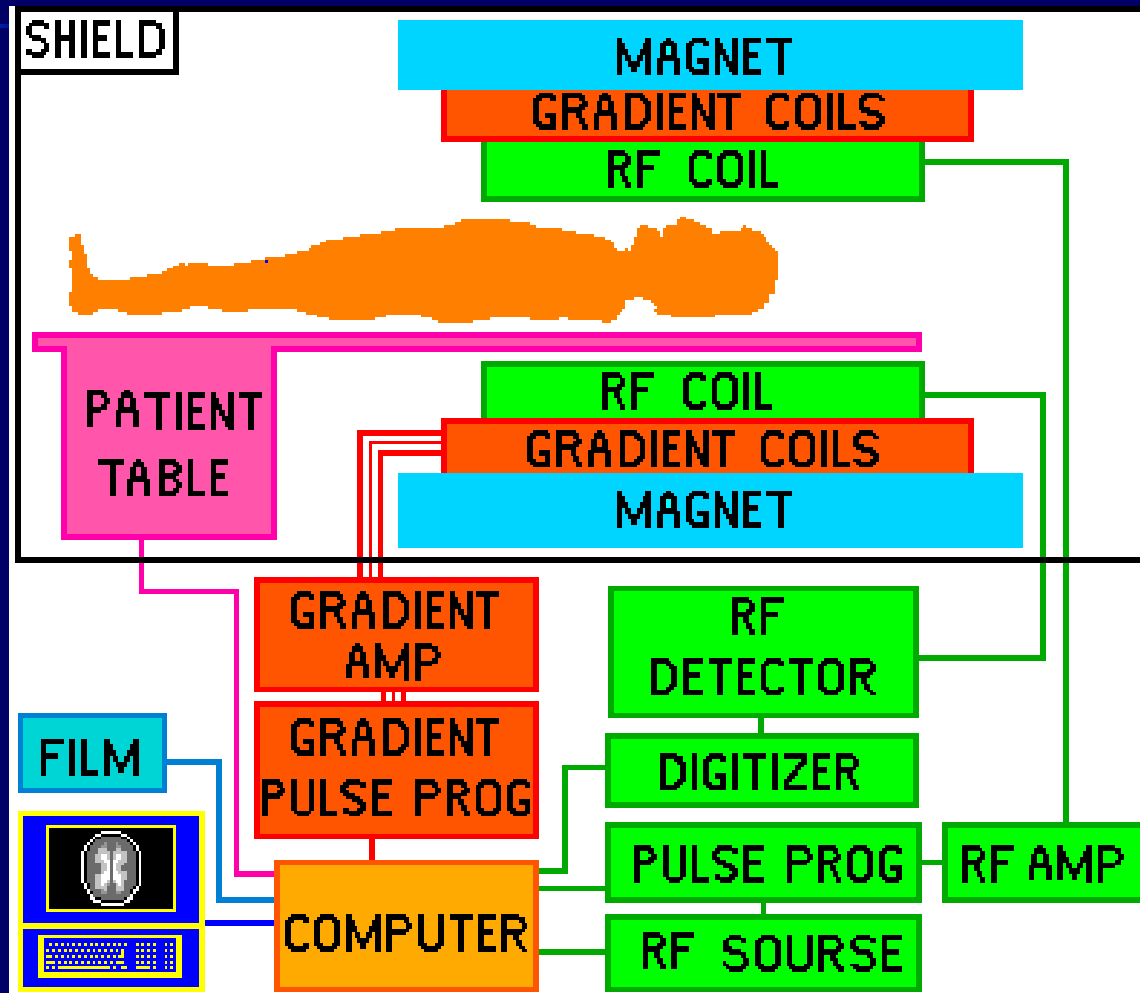
BLOCH	1946	principi MR
PURCEL	1946	principi MR
DAMADIAN	1971	razlikovanje tkiva
DAMADIAN	1972	patentiran MR
LAUTERBUR	1973	slike staklenih cijevi
DAMADIAN	1976	slika živog mesa
DAMADIAN	1977	slika ljudskog tijela
MOORE	1979	dijagnostičko snimanje

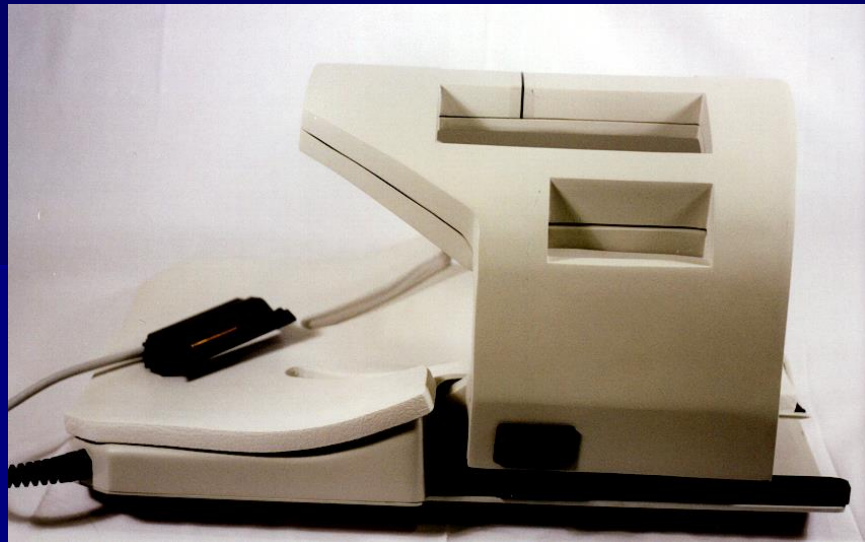


DIJELOVI MR UREĐAJA

- Magnet (permanentni, elektromagnet, supravodljivi)
- Gradijentne zavojnice
- Radiofrekventne primopredajne zavojnice
- Informatički Hardware
- Informatički Software
- Radna stanica
- ECG geting (sinkronizacija srčanog ritma)
- Automatska štrcaljka za kontrast
- Anesteziološki aparat

Shema Magneta





FIZIKA MR-a

Atomske jezgre s neparnim brojem protona ili neutrona zahvaljujući rotaciji oko vlastite osi imaju pripadajuće magnetsko polje koje ih okružuje

Atom vodika (H) koji ima jedan proton najjednostavniji je i najčešći atom u ljudskom tijelu

*Vodikovim protonima
transferiramo energiju u obliku
radio frekventnog pulsa
(RF pulsa)*

*Kod aplikacije RF pulsa
predajemo energiju prototonima
koji se otklanjaju od smjera
glavnog magnetskog polja
spiralnim načinom.*

PREKINEMO Rf puls

Proces relaksacije je način na koji se gubi energija protona kada se vraćaju u početni položaj

Iz dobivenih podataka (energije) stvara se slika

Svatko tkivo (kemijski sastav, veza vodikovih protona) specifičnu energiju

Osnovne faze procesa

◆ Pripremna faza

- ◆ postavljanje pacijenta u mag. polje (B_0 polje)
- ◆ uspostava neto tkivne magnetizacije, usmjerene u smjeru +Z osi (događa se unutar 5 sekundi).

◆ Ekscitacijska faza

- ◆ Primjena RF vala (B_1 polje), polje okimito na glavno polje (B_0 polje) koje oscilira na rezonantnoj frekvenciji (Larmor frekvenciji)

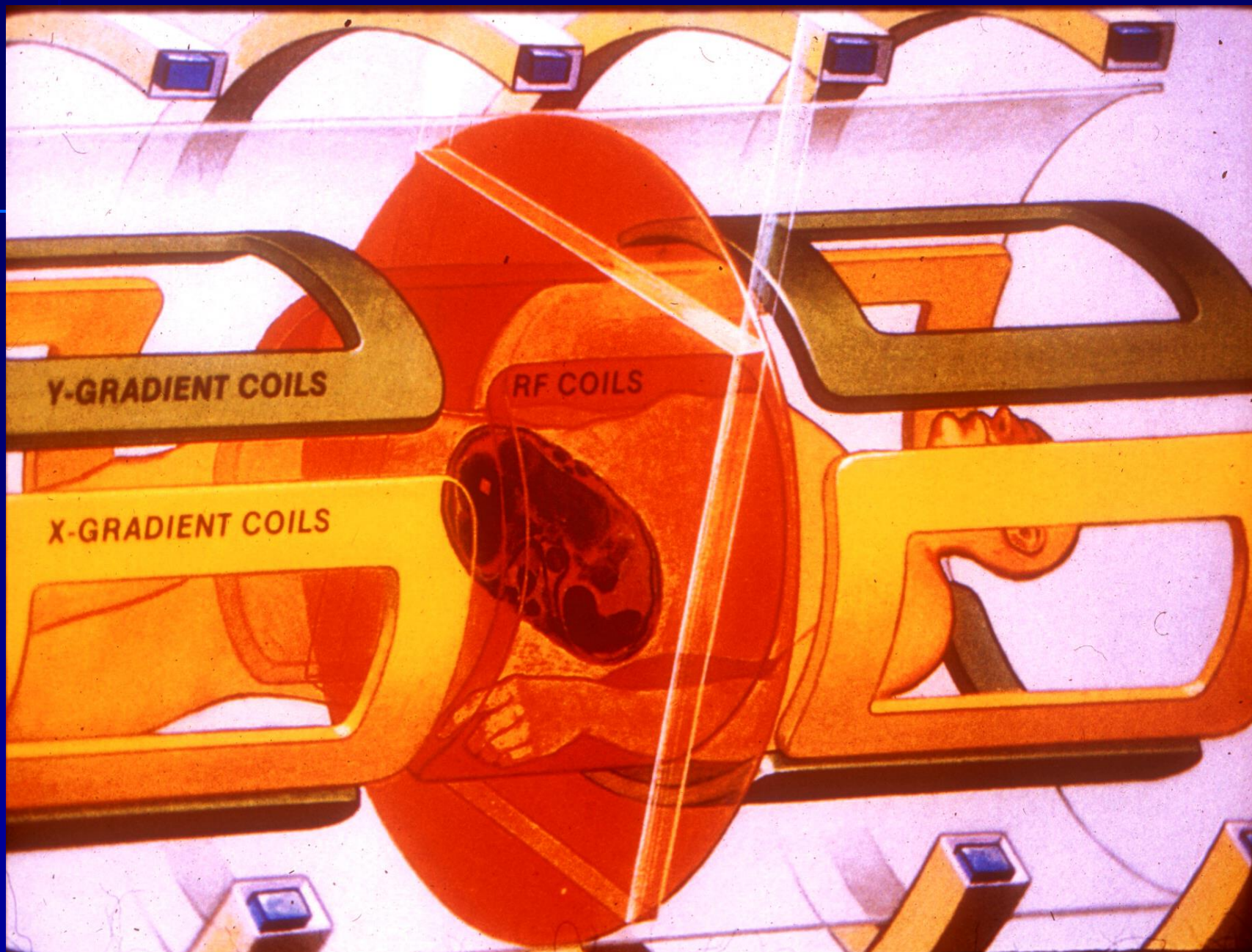
◆ Relaksacijska faza (ovisi o osobinama tkiva)

- ◆ gustoći protona, T1, T2

◆ Snimanje signala (izvor je rotirajući preostali dio mag. vektora u transverzalnoj ravnini)

MR

- ☐ pacijent se smjesti u magnet
- ☐ tijelo se magnetizira
- ☐ izloži se djelovanju radio valova
- ☐ gradijentni magneti određuju snimani sloj
- ☐ prekine se emitiranje radio valova
- ☐ iz snimanog dijela tijela se emitira signal
- ☐ iz signala se pomoću računala rekonstruira slika



Načini snimanja

Pulse Sequences

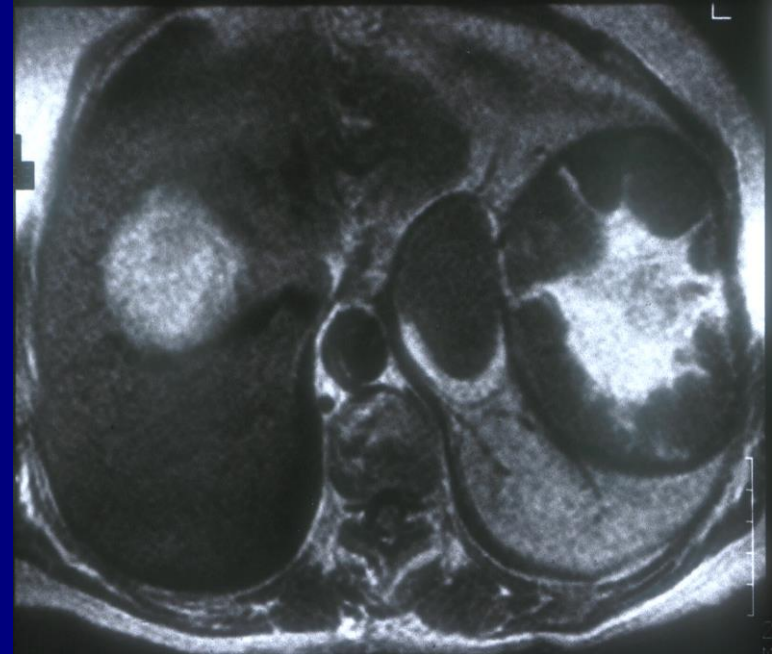
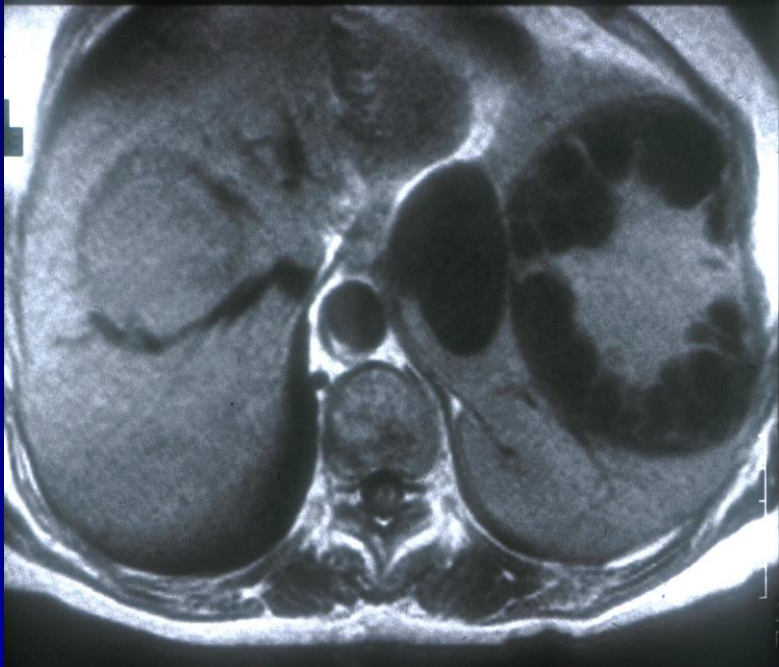
spin-echo

inversion recovery

saturation recovery

T1 SLIKA

T2 SLIKA



Spin-echo

32Y, F, 220
Scan: 12575
SI: 11/20
EC: 1

HIIM-KBC 2T Prestig
L ANKLE
11 Apr 2000 19:22:4

A

GRE
320/6
TA: 16.0

LEFT_KNEE

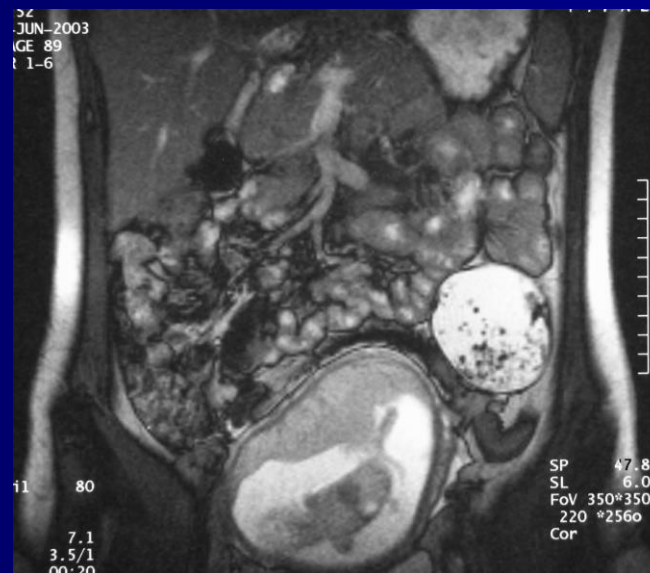
F

C1 1974
W1 3653



MAGNETSKA REZONANCIJA U TRUDNOĆI

- ☐ Neopravdano je rutinsko snimanje trudnica, poglavito u prvom trimestru
- ☐ Nekoliko žena podvrgnuto MR snimanju u prvom trimestru rodilo je zdravu djecu bez razvojnih ili teratogenih abnormalnosti
- ☐ Moguće posljedice procjenjuju se prema drugim rizicima (ionizirajuće zračenje)
- ☐ U drugom i trećem trimestru značajan broj žena podvrgnut je MR snimanju bez objavljenih posljedica



MR snimka zdjelice trudnice, plodna vreća s fetusom

KARCINOGENI UČINAK

- ❑ Do danas ni u jednom eksperimentalnom modelu, koji su višestruko premašivali jačinu polja upotrebljavanu u dijagnostičke svrhe i vremensku izloženost nije dokazan karcinogeni učinak

KONTRAINDIKACIJE ZA SNIMANJE MAGNETSKOM REZONANCIJOM

- ☐ Pacijenti s intrakranijalnim klipsama
 - ☐ Intraokularni metalni fragmenti
 - ☐ Kardijalni pace-makeri
 - ☐ Vena kava filteri
 - ☐ Revolverska i puščana zrna
 - ☐ Mehanički aktivirani implantati
- biostimulatori, neurostimulatori, kohlearni implantati, uređaji za infuziju, slušni uređaji
klaustrofobija

WARNING



**NO PACEMAKERS
NO METALLIC IMPLANTS
NO NEUROSTIMULATORS**

Persons with pacemakers, neurostimulators, or metallic implants must not enter this area. Serious injury may result.



NO LOOSE METAL OBJECTS

Iron, steel and other ferrous materials must not be taken into this area. Serious injury or property damage may result.

THIS MAGNET IS ALWAYS ON

CAUTION

THIS ROOM CONTAINS STRONG MAGNETIC FIELDS. THE OPERATION OF PACEMAKERS MAY BE AFFECTED. DO NOT ENTER WITH ANY METAL OBJECTS. MECHANICAL DEVICES (WATCHES) AND MAGNETICALLY CODED MATERIAL (CREDIT CARDS & MAGNETIC TAPES) MAY BE DAMAGED.

CAUTION

**== BEYOND THIS POINT ==
YOU ARE IN THE PRESENCE OF MAGNETIC FIELDS WHICH MAY AFFECT THE OPERATION OF CERTAIN PACEMAKERS**

OBAVIJEST UPOZORENJA

Literatura

- *1. Hebrang a, Klarić R. Radiologija, Medicinska naklada, Zagreb 2007.*
- *2. Gahleitner A, Watzek G, Imhof H. Dental CT: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws . Eur Radiol 2003;13:360-376*
- *3. McCullough C. Performance evaluation of a multislice CT system. Med Phys. 2007.*