



MR LINIJINIO GREITINTUVO NAUDOJIMAS RADIOTERAPIJOJE

Evelina Jaselskė

Diagnostika, terapija



Diagnostika skirta aptikti.



Terapija skirti gydyti.

Radioterapija – gydymas,
pasitelkiant jonizuojančiąją
spinduliuotę.



Linijinis greitintuvas



Linijinis greitintuvas generuoja ir suformuoja aukštos energijos rentgeno spindulių lauką, kuris nukreipiamas į gydomąjį tūrį.



Kaip veikia linijinis greitintuvas? Kodėl jis linijinis?

Linijinis greitintuvas naudoja mikrobangas, kad įgreitinti elektronų pluoštą ir jį bangolaidžiu nukreiptų į metalinį taikinį. Šio susidūrimo rezultatas – aukštos energijos rentgeno spinduliai. Greitina tiesiniu keliu naudojant įgreitinimo liniją.

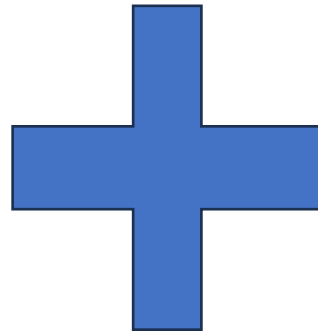


Magnetinio rezonanso linijinis greitintuvas

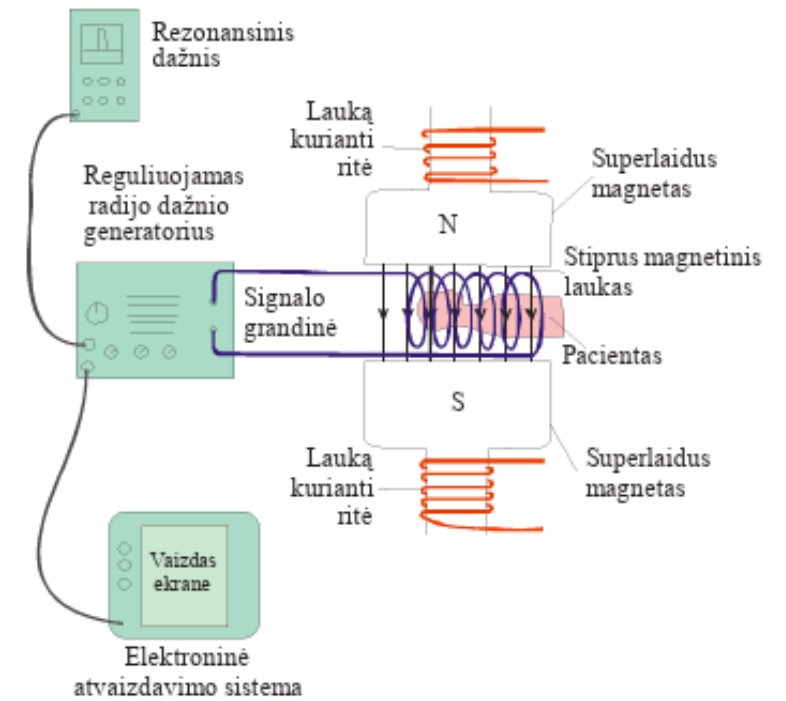
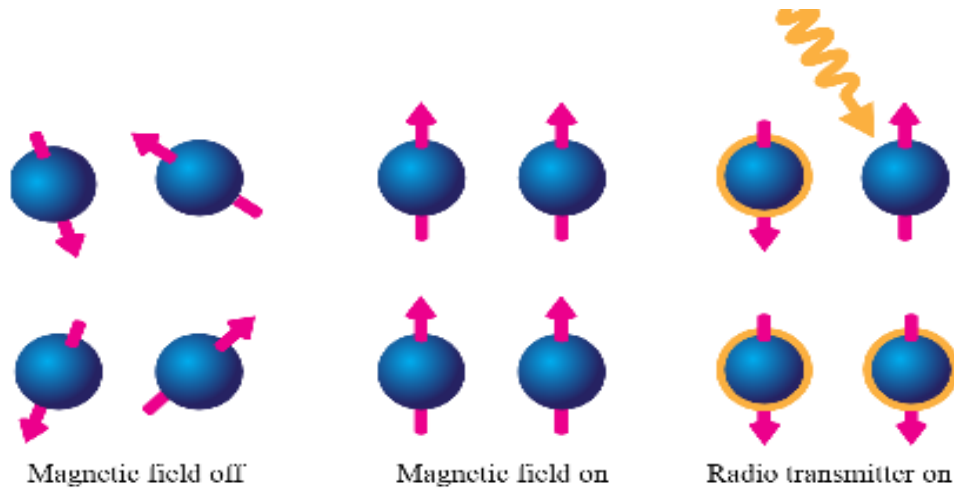


Adaptyvi ST sukurta siekiant stebėti esamą organų padėtį paciento gydymo metu.

Pirmasis MR linijinis greitintuvas įrengtas 2017 m Olandijoje. Šiai dienai pasaulyje yra apie 100 MR linijinių greitintuvų, kai įprastų virš 14 000.



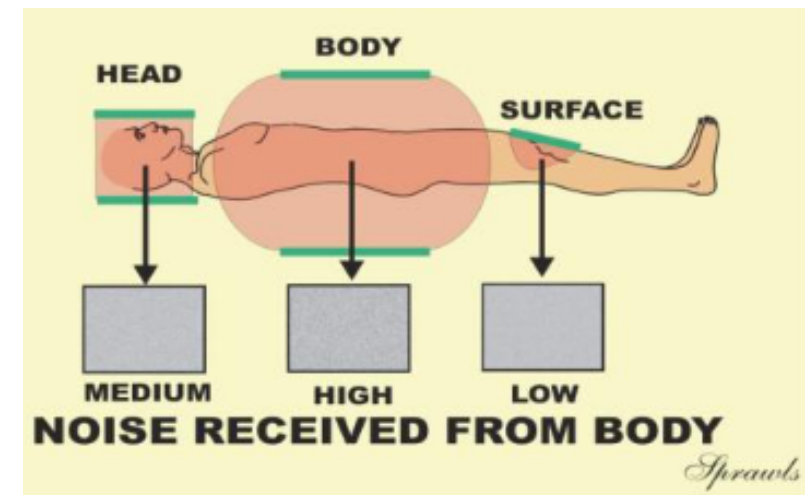
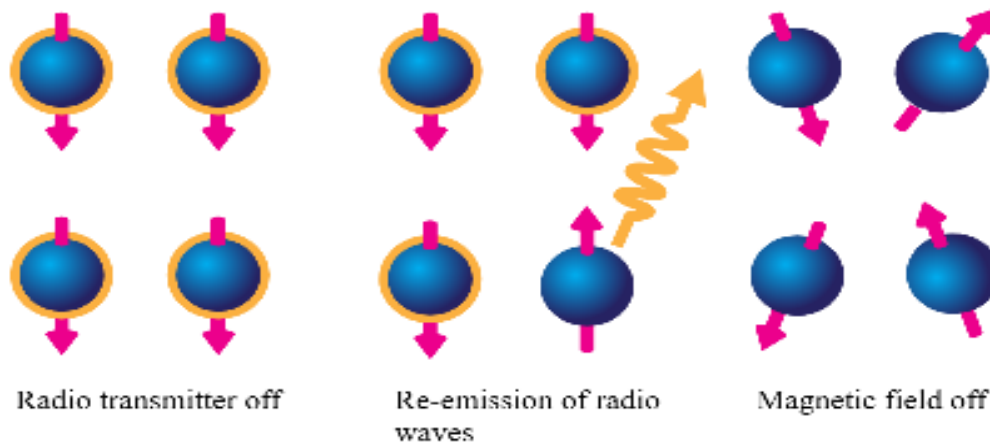
Magnetinio rezonanso veikimo principas



7.7.18 pav. Magnetinio rezonanso atvaizdavimo schema

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ff.vu.lt/external/ff/files/institutai/LTC/Studijos/mokomosios_lab/fbml/literatura/fizika_iidalis.pdf

https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/physical-processes/proton-nuclear-chrom-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.chgf.vu.lt/files/doc/bmr_brosiura.pdf



http://www.sprawls.org/mripmt/MRI04/index.html#T1_Contrast_

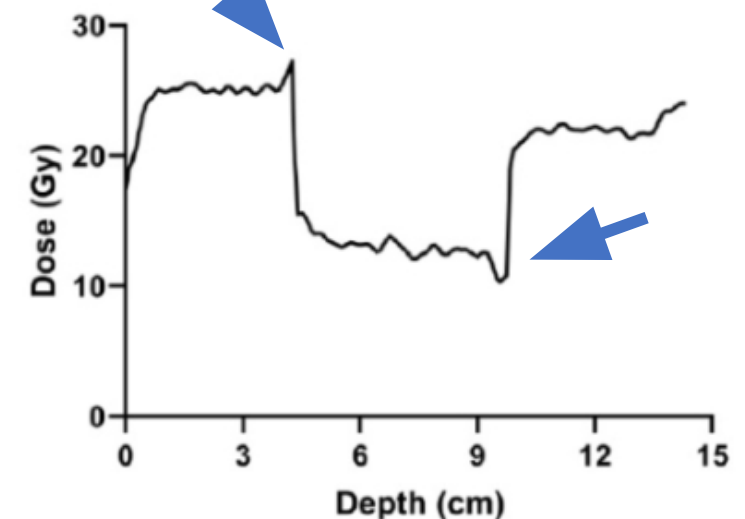
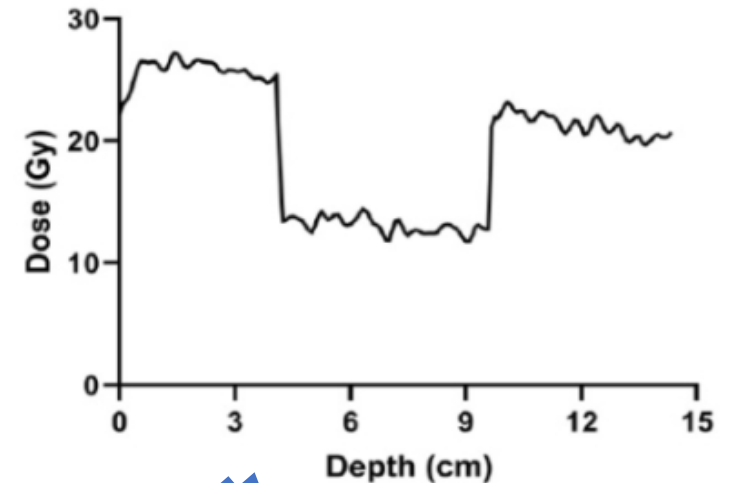
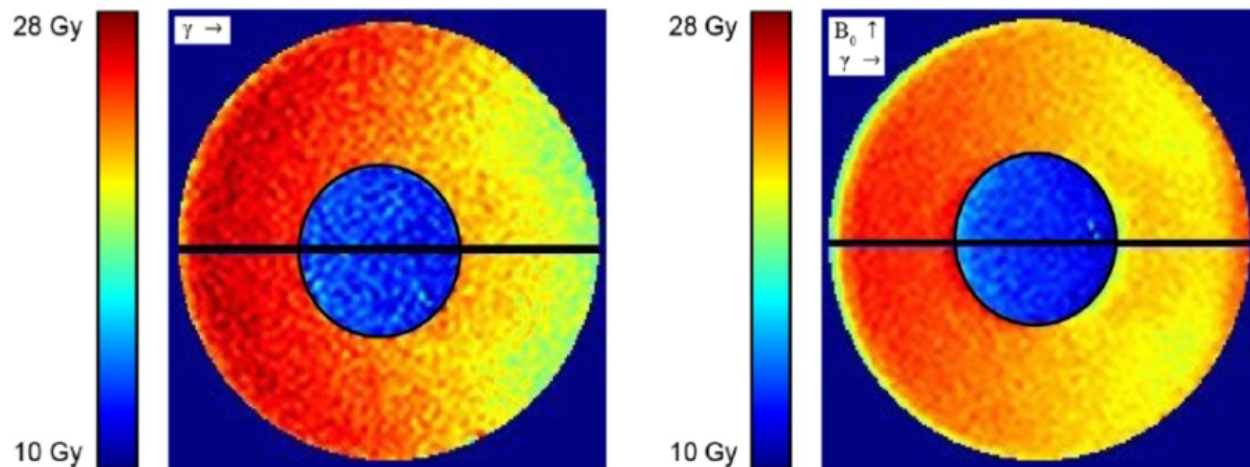
Jonizuojančioji spinduliuotė magnetiniame lauke



Įdomu: gama spinduliai neveikiami magnetinio lauko, nes neturi masės bei krūvio.

MR + Linac Sistema sudėtingesnė dėl ERE (electron return effect), dėl kurio:

- ✓ šiek tiek padidėja dozė odos paviršiams;
- ✓ šiek tiek pasislenka dozių profilis.



MrLinac vs linac

- ✓ Taikinio sekimo kontrolė realiu laiku;
- ✓ Sveikųjų audinių apšvitos kontrolė;
- ✓ Didelė vaizdų raiška;
- ✓ Geresnė judančių taikinių kontrolė;
- ❖ Kaina;
- ❖ Laikas;
- ❖ Darbuotojų apmokymas.

Vidutinis MR greitintuvu gydomo taikinio plaučiuose PTV IMRT tūris buvo maždaug 4 kartus mažesnis nei linijinio greitintuvo VMAT ($p < 0,001$).

Dozės maksimumas bronchams IMRT plano MR greitintuve vs linijiniame greitintuve VMAT (20.4 Gy versus 24.2 Gy, $p < 0.001$).

<https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-019-1314-0>

Plano pritaikymas pagal realų paciento tos dienos organų išsidėstymą leidžia realizuoti didesnę dozę per frakciją bei sumažinti apšvitinamo taikinio tūrį.

<https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-022-02021-6>

Elekta MR Unity linijinis greitintuvas

- Pradžia 2024 birželio 25;
- MR sistema Philips 1.5T;
- Elekta Unity Monte Carlo TPS (Particle Transport Algorithm (PTA) – Monaco off + Mosaiq on;
- Energija 7MeV FFF (IMRT);
- 160 lapelių spindulio ribotuvai (MLC);
- MLC lauko dydžiai nuo $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$
- Iki $57.4 \times 22.0 \text{ cm}^2$.



Kiek yra 7MeV?



- 7MeV ~ 2681 kcal ~ 11215236,41 J;

per valandą bėgimo
netenkama nuo 600 iki 1200
kcal

Intensyviai čiuožinėjant
pačiūžomis pavyksta
sudeginti apie
500–700 kcal per
valandą.

Per valandą
slidinėjant
lygumomis galima
sudeginti 500–700
kcal.

- 7MeV ~ 3,11 kWh;

Įkraunant telefoną du kartus per dieną 10W galios įkrovikliu sunaudojama 0,07 kWh elektros per savaitę, 0,3 kWh per mėnesį ir apie 3,65 kWh per metus.

mėnesį ir apie 3,65 kWh per metus.

Kas dirba MR Unity?



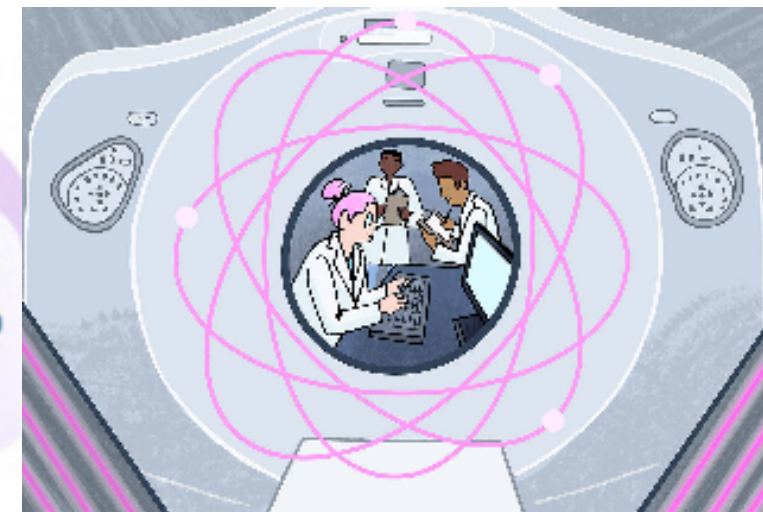
Gydytojas
onkologas
radioterapeutas



Du radiologijos
technologai



Medicinos fizikas



Onkologo radioterapeuto darbai



✓ Atrenka pacientus gydymui MR linijiniame greitintuve;

Galimos kontraindikacijos, dėl kurių paciento negalime gydyti MR linijiniu greitintuvu:

- *Įvairūs implantai*
- *Širdies stimulatoriai*
- *Klaustrofobija*
- *Ilgas procedūros laikas*
- *Vaikai*



Onkologo radioterapeuto darbai



OFFLINE:

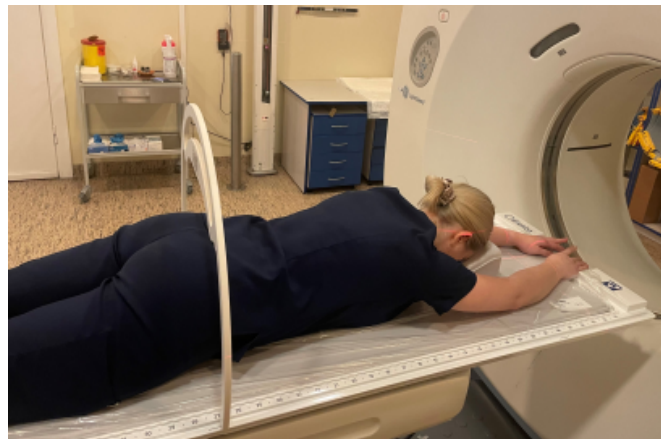
- ✓ Atsiunčia į MR Unity įrenginio sistemą duomenis;
- ✓ Suveda gydymui reikalingą informaciją;
- ✓ Patikrina offline vaizdus;
- ✓ Nupiešia saugotinas struktūras bei taikini;
- ✓ Paskiria dozę bei frakcijas.

ONLINE gydymo metu koreguoja struktūras pagal esamas organų padėtis.

Radiologijos technologo darbai



- ✓ Tinkamai imobilizuoti pacientą;



- ✓ Vengti „kilpų“ susidarymo

Radiologijos technologo darbai



Tinkamas paciento išguldymas;

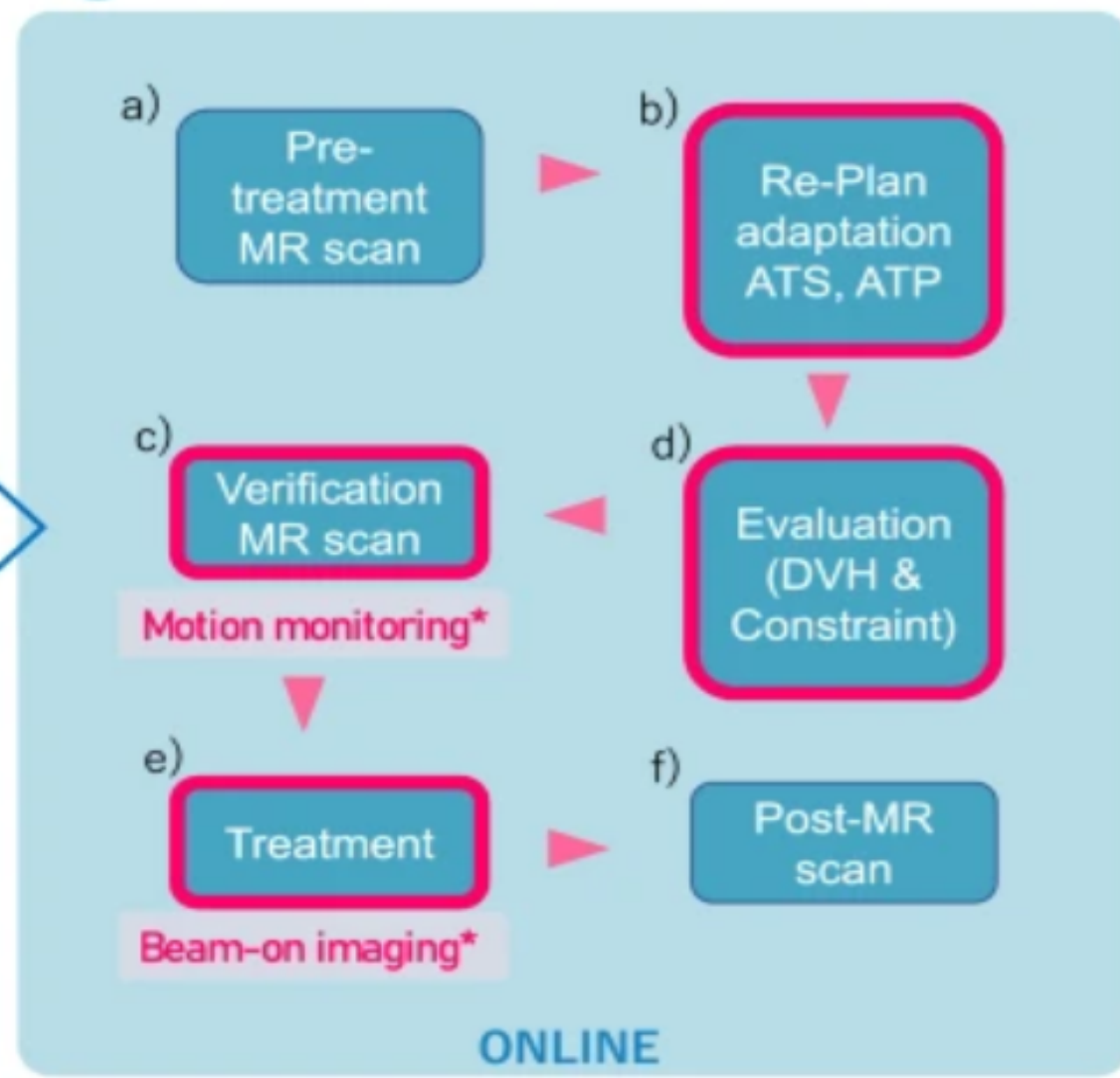
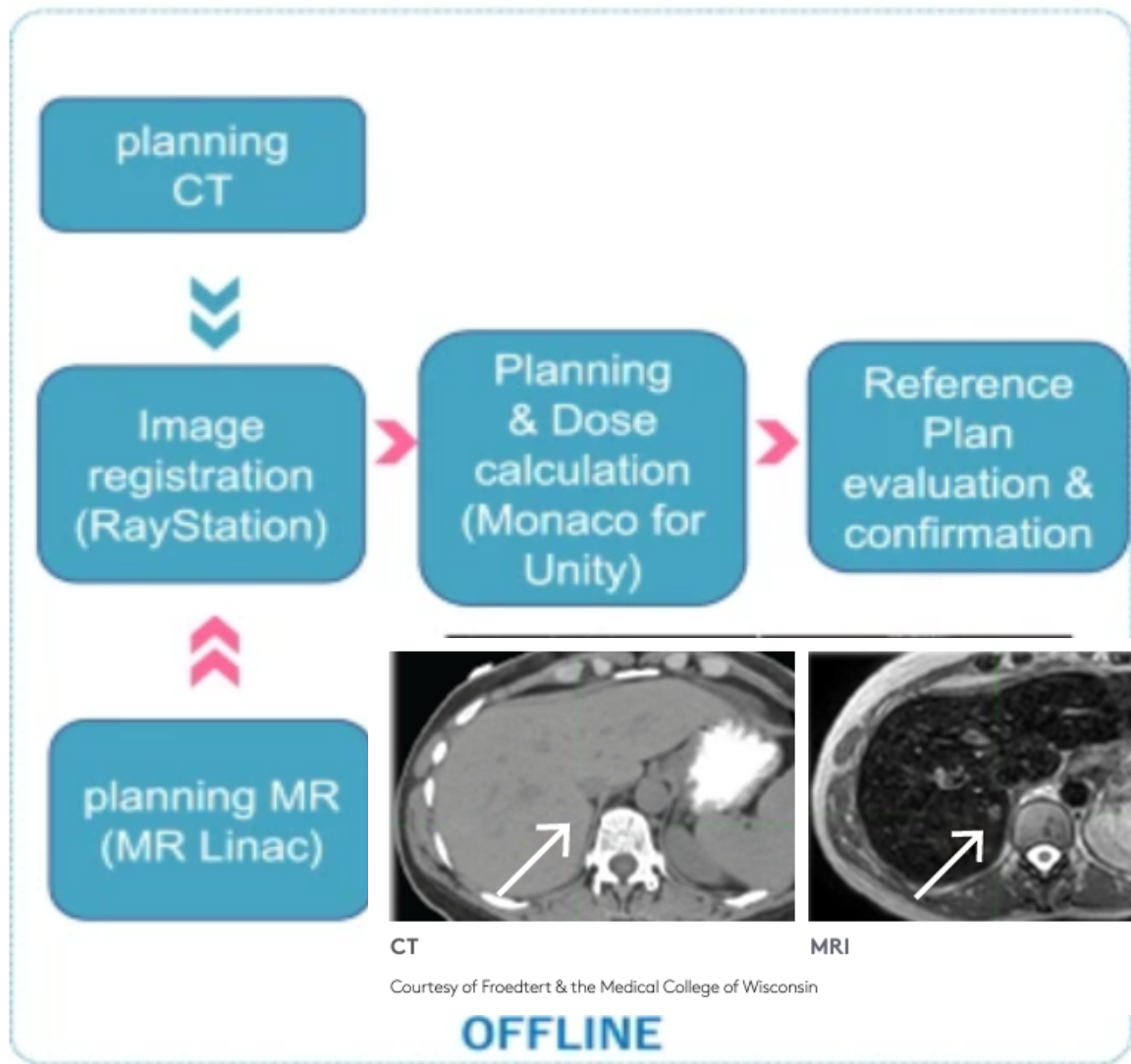
Suderinti išguldymo pozicijas CT ir MR įrenginiuose;

Tinkamų MR sekų parinkimas;

Pacientų anketavimas;

Paciento stebėjimas ir bendravimas gydymo metu / po gydymo frakcijos.

MR unity medicinos fiziko darbai

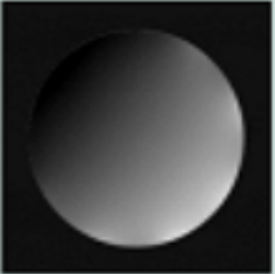
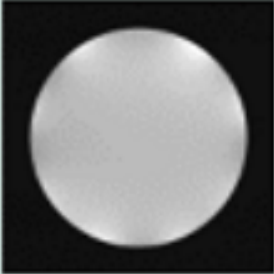
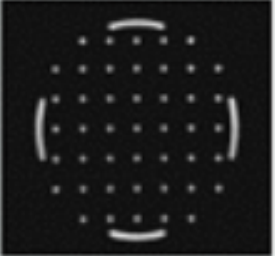
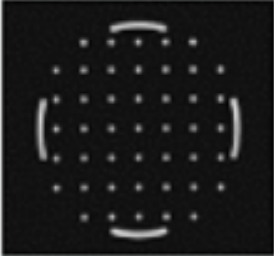




*Real-time 2D-cine MR images for three orthogonal sections

MR unity medicinos fiziko darbai



- ✓ Įvertinti offline plano tinkamumą gydymui;
- ✓ Įvertinti online plano tinkamumą gydymui (secondary MU check);
- ✓ Planų dozimetrija;
- ✓ Gydymo protokolų kūrimas;
- ✓ Techninių problemų sprendimas.

QA Procedure	Description	Frequency	Detected Failure	Reference
SNR Test	Checks the element-wise signal-to-noise ratio of the Marlin Anterior and Posterior Coils.	Daily <ul style="list-style-type: none"> Not required when PIQT is performed 		
Scaling Test TRA Scaling Test COR	Transverse and coronal scan for checking image spatial scaling and geometric accuracy within small FOV.	Daily <ul style="list-style-type: none"> Not required when PIQT is performed 		
Periodic Image Quality Test (PIQT)	Evaluates the key properties of MR system performance with three scans. <ul style="list-style-type: none"> Does not assess the element-wise signal-to-noise ratio nor scaling in the coronal plane. 	Weekly		

Field MRI distortion phantom ..

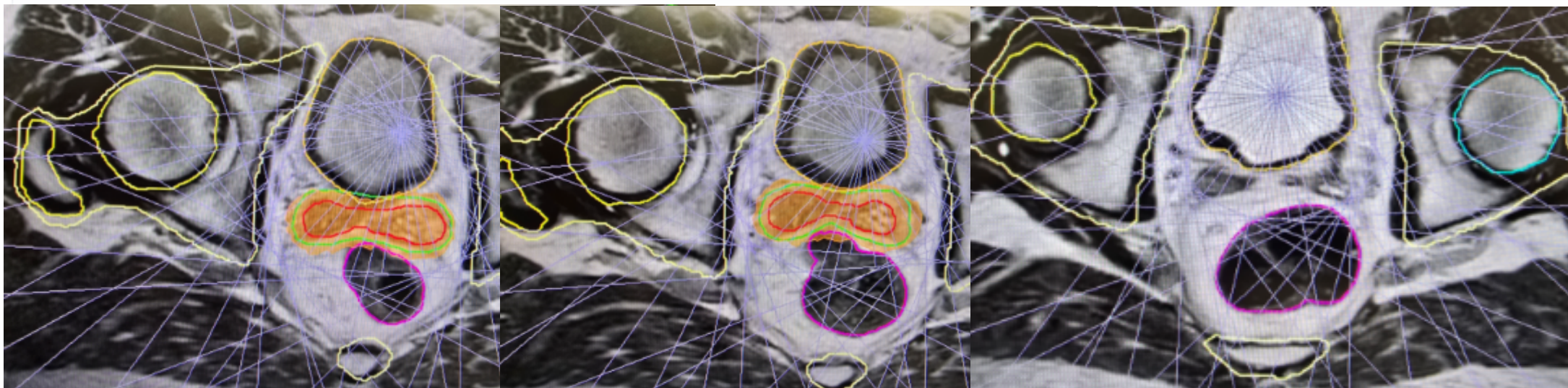
Elekta MR unity iššūkliai



Online planavimas (rectum shape changes during exposition) → perplanavimas;

exposition)

perplanavimas;



Elekta MR unity iššūkiai

- Pacientų atranka;

- Offline planavimas (valgymo įpročių sezoniškumas – pilnesnis žarnynas);

- Online planavimas (rectum shape changes during exposition) → perplanavimas;

- Techninės problemos;

- Sudėtingos planavimo lokalizacijos.

MR Unity iššūkiai

- Techninės problemos;

Cannot find the Elekta (Glossar) data item. Contact Customer Support

Elekta Mosaiq ImagingDataForEquator Process MOSAIQWS3 Stopped

Elekta Health Agent MOSAIQEQT.kk.kmuk.lt Stopped

Elekta Health Monitor Manager MOSAIQWS3 Running

Application Error
The instruction at 0x000000014081ED30 referenced memory at 0x0000000000000048. The memory could not be read.
Click on OK to terminate the program

Problem with Shortcut
The drive or network connection that the shortcut 'MOSAIQ.Ink' refers to is unavailable. Make sure that the disk is properly inserted or the network resource is available, then try again.

iCOM Field Setup Error
Energy: Mismatch text

Coil height collision occurs

The treatment session cannot be started, because the Treatment Session Manager found the following system error(s):
The patient information associated with the registration ID does not match the patient information in the Treatment Session software.
Please contact customer support and refer to this message.

Elekta MR unity statistika



- Per 2024 metus pagydyti **98 pacientai**;
- Gydomo lokalizacijos **prostatos, kasos, storosios žarnos** onkologiniai susirgimai, **oligometastazės**;
- Paciento paruošimo frakcijai trukmė – **vidutiniškai 15 min**;
- Paciento MR vaizdinimas – **apie 8min**;
- Kontūravimas – apie **30 minučių**;
- Online planavimas – apie **20 minučių**;
- Antrinė MU plano patikra – **3min**;
- Ekspozicija (beam on) – **apie 25 min**;
- Vidutinis frakcijos laikas – **55min**.

Radiacinė sauga

Veiklos vykdytojas privalo parengti radiacinės saugos programą, kurioje būtų nustatyti radiacinės saugos tikslai bei priemonės, kuriomis šių tikslų bus siekiama, ir ją įgyvendinti.

- radiacinės saugos organizavimo ir valdymo struktūros aprašas;
- darbo zonų klasifikavimo ir valdymo tvarkos aprašas;
- darbo procedūrų aprašai ir (ar) radiacinės saugos instrukcijos ir jų laikymosi kontrolės tvarkos aprašas;
- darbuotojų apšvitos ir darbo vietų stebėsenų atlikimo tvarkos aprašas;
- darbuotojų radiacinės saugos mokymo ir instruktavimo tvarkos aprašas;
- avarijų valdymo planas, kuriame būtų numatytas pasirengimas ir reagavimas į radiologinius incidentus ir radiologines avarijas;
- privalomo darbuotojų sveikatos tikrinimo tvarkos aprašas;
- **kokybės laidavimo programa:**

Radiacinė sauga



Pagrindinis jonizuojančiosios spinduliuotės ženklas



Ar Jūsų kūne yra kuris nors iš žemiau išvardintų prietaisų, protezų ar svetimkūnių?	Taip	Ne
Sirdies stimuliatorius ar poodinis širdies defibriliatorius		
Smegegų kraujagyslių kabutės ar metalinės plokštelės po neurochirurginės operacijos, smegenų skysčio drenas		
Dirbtiniai širdies vožtuvai		
Kraujagyslių implantai (stentai, filtrai, kateteriai)		
Elektroniniai ar mechaniniai implantai (neurostimuliatorius, vaistų pompa – ne intraveninis kateteris)		
Metalinės kabutės kitose kūno vietose		
Kitoks stimuliatorius		
Akių, ausų implantai		
Sanarių, galūnių protezai, kaulų fiksatoriai		
Dantų protezai ar „sidabro“ plombos, metalo keramikos karūnėlės, breketai, kabės		
Kitokie, aukščiau nepaminėti protezai		
Metaliniai implantai naudojami kaulų lūžiams gydyti		
Metaliniai implantai po stuburo operacijos		
Buitiniai metalo svetimkūniai (kulka, metalinės atpašios ir skeveldros)		
Bet koks kitas aukščiau nepaminėtas elektroninis, mechaninis ar magnetinis implantas, protezas		
Medicininiai pleistrai		
Tatuiruotės, permanentinis (ilgalaikis) makiažas		
Ar Jūs naudojate:	Taip	Ne
Klausos aparatai		
Akių kontaktinius lęšius		
Insulino, morfijams ar kitų vaistų pompa (ne intraveninis kateteris)		
Bendri klausimai:	Taip	Ne
Ar jums kada nors buvo atlikta neurochirurginė operacija?		
Ar jums kada nors buvo atlikta laparoskopinė (neatveriant pilvo ertmės) operacija?		
Ar jums kada nors buvo metalinėmis skeveldromis sužeistos akys?		
Ar bijote uždarytų patalpų?		
Ar esate jautrus (-i) vaistams ar kontrastinėms medžiagoms?		
Ar sergate bronchine astma, alerginėmis ligomis, epilepsija, inkstų ligomis ar cukriniu diabetu?		
(Tik moterims) Spirale		
(Tik moterims) Ar jūs esate nėščia ar manote esanti nėščia?		
(Tik moterims) Ar jūs maitinate kūdikį?		





AČIŪ