



JESIENNA SZKOŁA FIZYKI MEDYCZNEJ
16 września 2016

Planowanie leczenia i QA akceleratora biomedycznego Tomoterapia

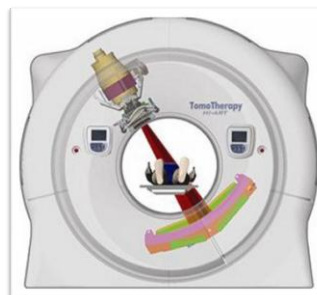
Michał Radwan

Centrum Onkologii
Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie
Oddział Gliwice
Zakład Planowania Radioterapii



System TomoTherapy

System Tomoterapii jako połączenie zalet akceleratora liniowego i geometrii tomografii komputerowej



Jednoczesny obrót głowicy akceleratora i przesuwu stołu terapeutycznego

A w środku? 

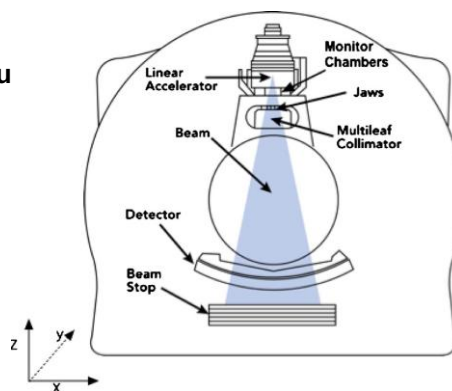
Budowa systemu

Akcelerator liniowy

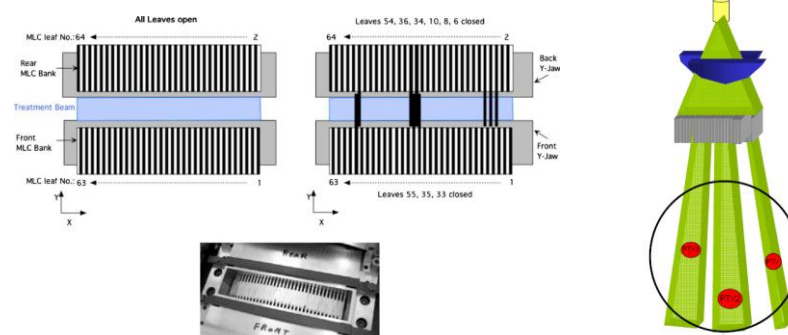
- energia 6MV / 3.5MV (treat / image)
- bez stożkowego filtra wygładzającego
- moc dawki ~873 cGy/min

Parametry głowicy aparatu

- odległość źródło - oś 85cm
- odległość źródło - detektory 140cm
- średnica tubusu 85cm,
- szybkość pełnego obrotu głowicy od 10s do 60s



Budowa systemu - układ kolimacji



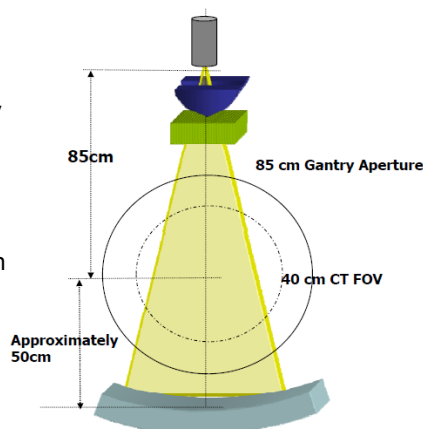
Szczęki początkowe określają początkowy kształt wiązki, możliwość ustawienia szerokości szczęk w izocentrum dla leczenia: 1.0cm, 2.5cm oraz 5.0cm

Kolimator wielolistkowy – zestaw 64 listków o szerokości w izocentrum 0,625cm, długość zestawu to 40cm, listki poruszają się w systemie binarnym (listek otwarty lub zamknięty, szybkość ruchu listka 250cm/s)

Budowa systemu - tryb obrazowania

W trybie obrazowania MVCT:

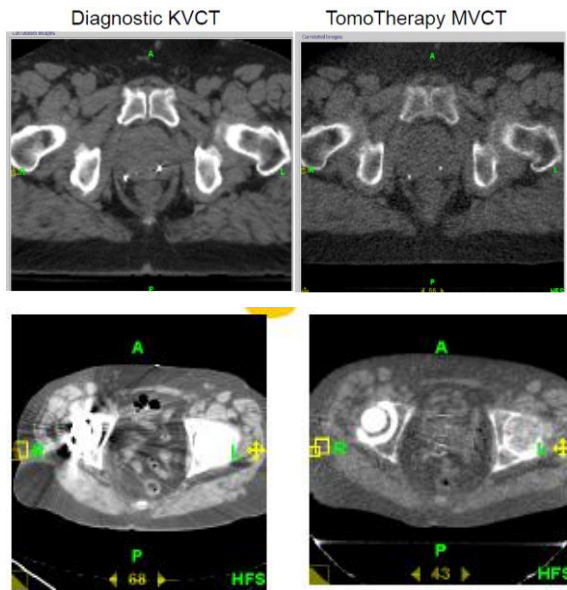
- linac używa obniżonej energii 3.5MV
- listki MLC w pełni otwarte
- FOV 40cm
- szybkość pełnego obrotu gantry 10s
- zmienna szerokość szczęk głównych i szybkości przesuwu stołu
- 528 kanałowa, jednorzędowa macierz detektorów



3 tryby obrazowania	Grubość otwarcia szczęk / skanu	Szybkość przesuwu stołu	Szacowana dawka podczas jednej sesji
Coarse	6 mm	12 mm	~0,3 cGy
Normal	4 mm	8 mm	~1 cGy
Fine	2 mm	4 mm	~3 cGy

Zalety / wady?

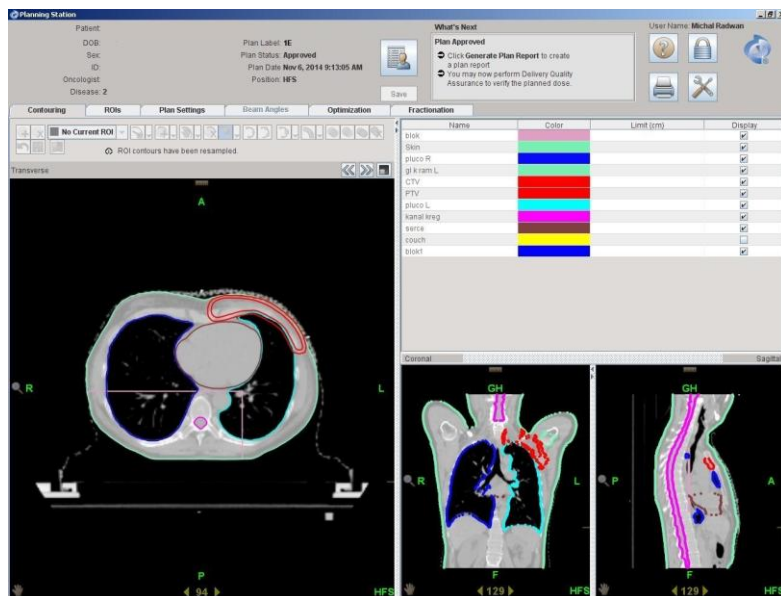
Zalety systemu obrazowania



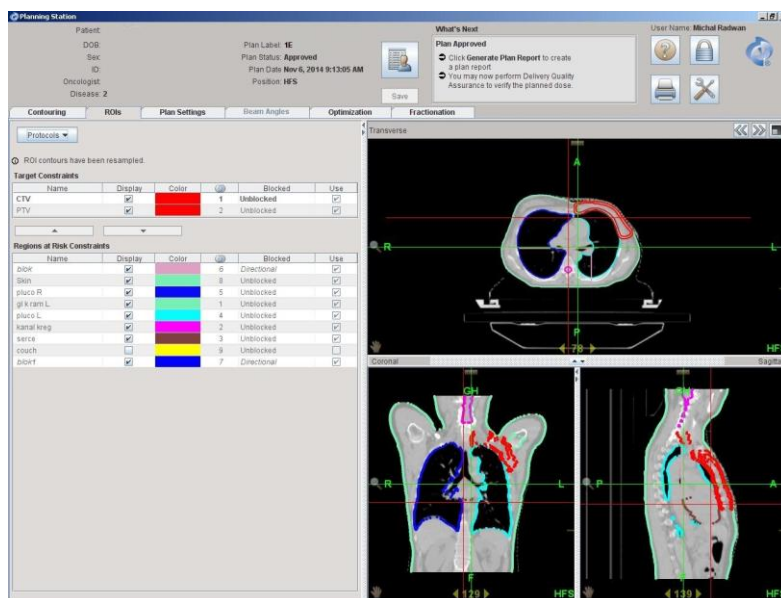
Tyle o wnętrzu...

System planowania

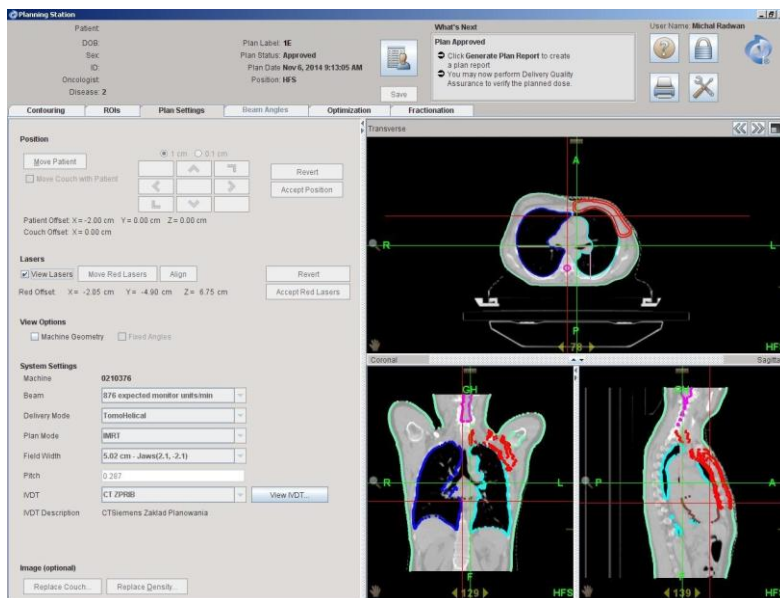
System planowania konturowanie



System planowania ROI



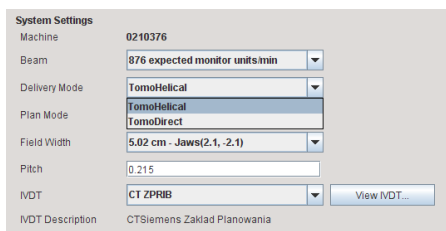
System planowania parametry



System planowania

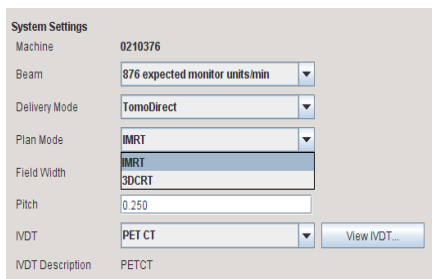
- Tryby dostarczania dawki

- TomoHelical
- TomoDirect

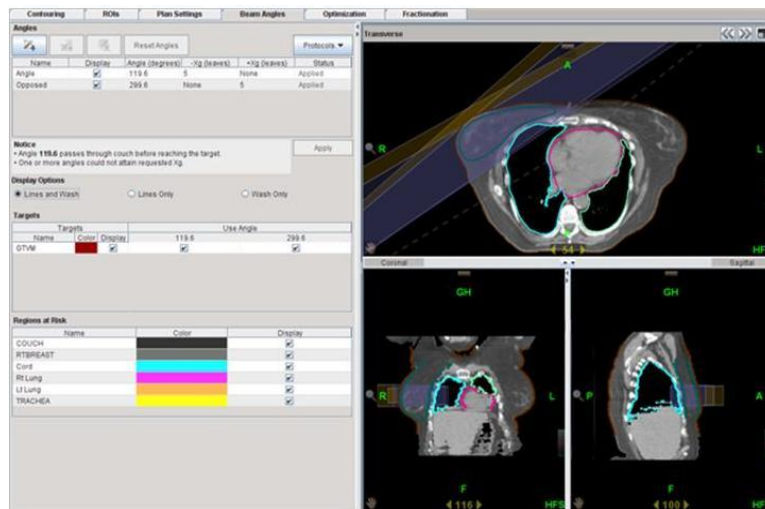


- Tryby planowania dawki

- IMRT
- 3DCRT

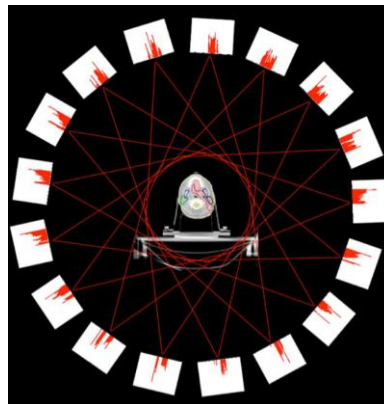


System planowania TomoDirect



Odrobina teorii 

System planowania – teoria TomoHelical



Optymalizacja w oparciu o wiązki elementarne dla każdego z 64 listków, 51 projekcji na które system dzieli jeden pełny obrót pomnożone przez liczbę obrotów w celu objęcia całego targetu.

System planowania – kluczowe parametry

Pitch („Skok helisy”) - odległość przemieszczenia stołu w trakcie pełnego obrotu gantry w stosunku do osiowej szerokości wiązki wzdłuż osi obrotu

$$P=0,86*(1/n) \quad \text{wartości stosowane w Tomoterapii}$$


Med Phys. 2005 May;32(5):1414-23.

The helical tomotherapy thread effect.

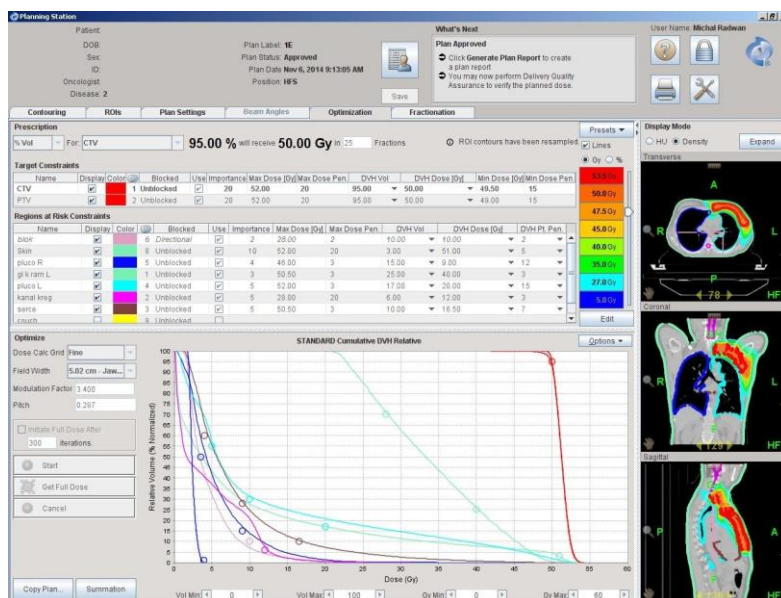
Kissick MW¹, Fenwick J, James JA, Jeral R, Kapatoes JM, Keller H, Mackie TR, Olivera G, Soisson ET.

Modulation Factor (Współczynnik modulacji) - określa zakres wartości natężenia listków dozowany w optymalizowanym planie napromieniania factor. Współczynnik modulacji jest obliczany jako największe natężenie miniwiązki dla wszystkich naświetlań podzielony przez średnie natężenie dla wszystkich miniwiązek różnych od zera.

wyjściowo MF ~2

Wracamy do systemu 

System planowania optymalizacja



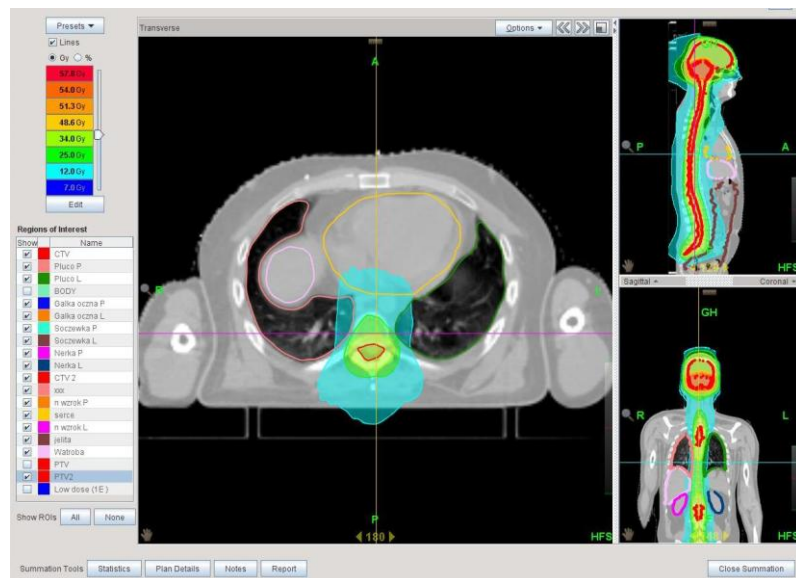
Tomotherapy – zalety i zastosowania

- Długie targety wymagające w innych technikach łączenia pól
- Targety zawierające wewnątrz obszary wymagające chronienia

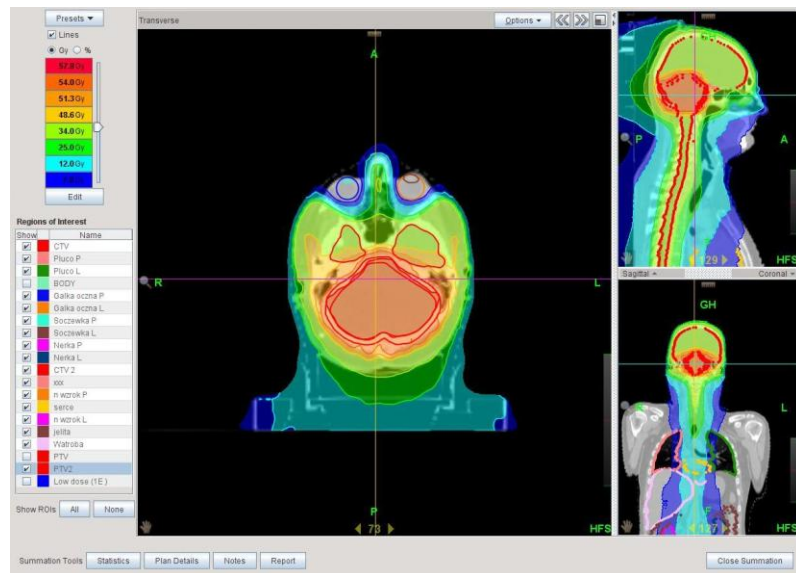
Przykłady

- Oś mózgowo – rdzeniowa
- Chłoniak Hodgkina
- Międzybłoniak płucnej
- TMI – Total Marrow Irradiation
- Napromienianie czaszki
- Jednoczesne napromienianie dwóch piersi

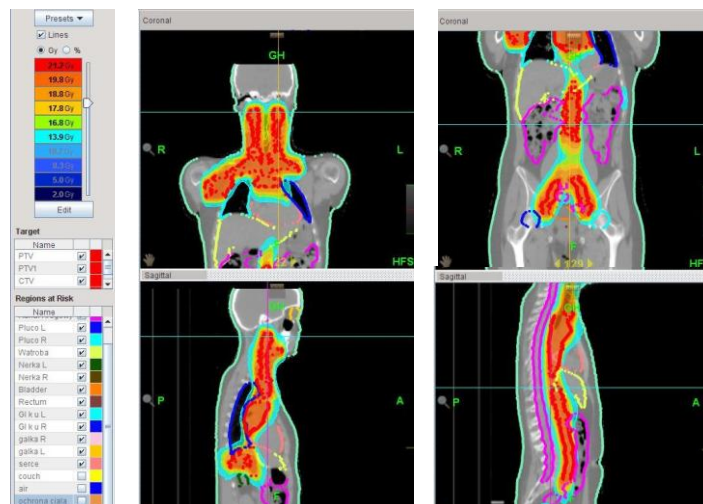
Oś mózgowo - rdzeniowa



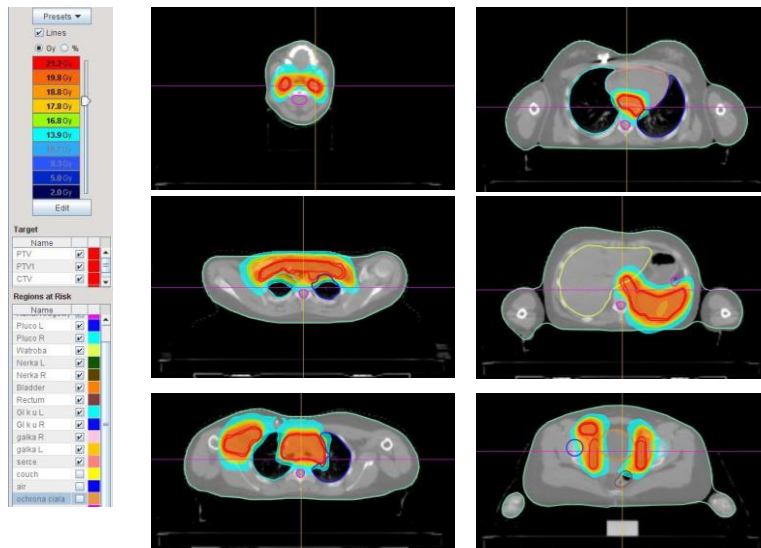
Oś mózgowo - rdzeniowa



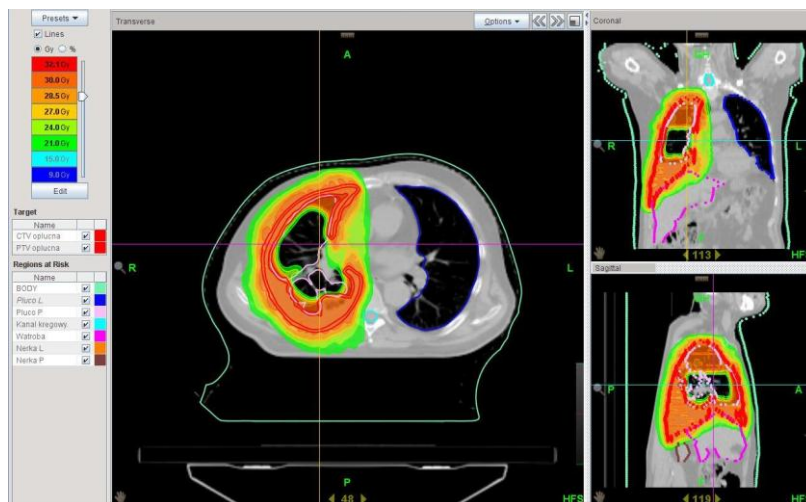
Chłoniak Hodgkina



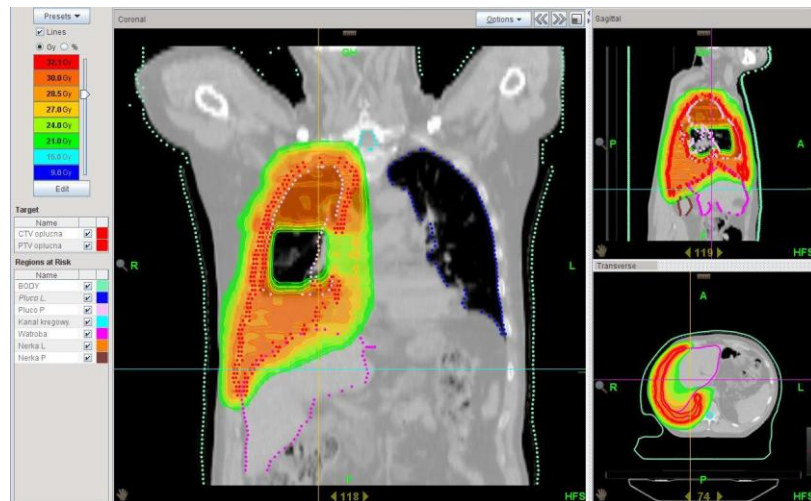
Chłoniak Hodgkina



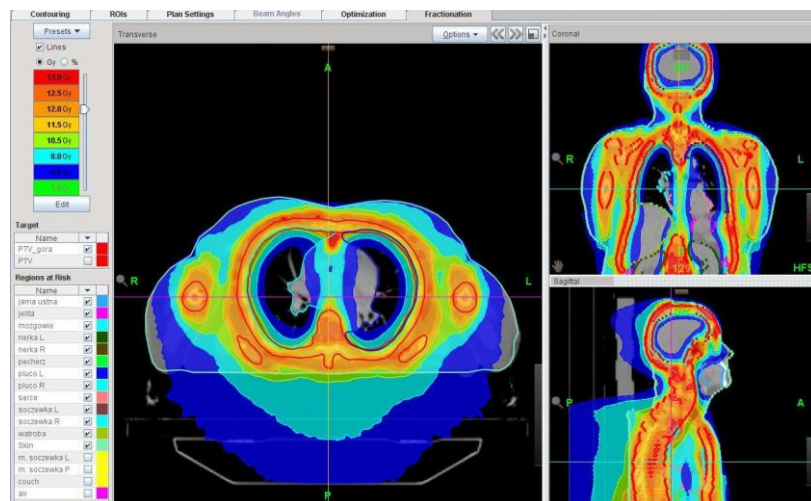
Międzybłonniak opłucnej



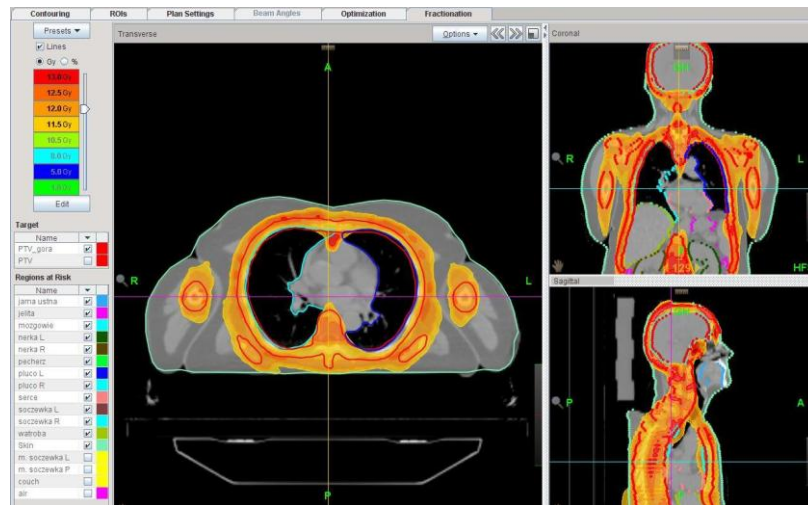
Międzybłoniak opłucnej



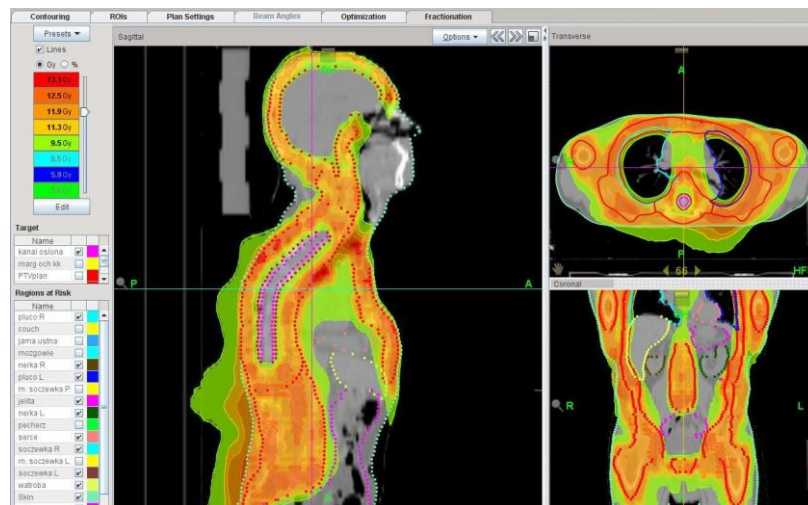
TMI - Total Marrow Irradiation



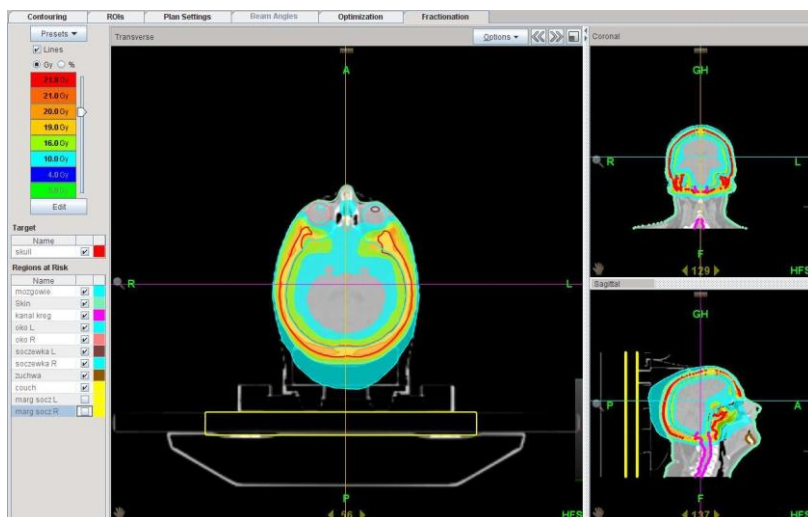
TMI - Total Marrow Irradiation



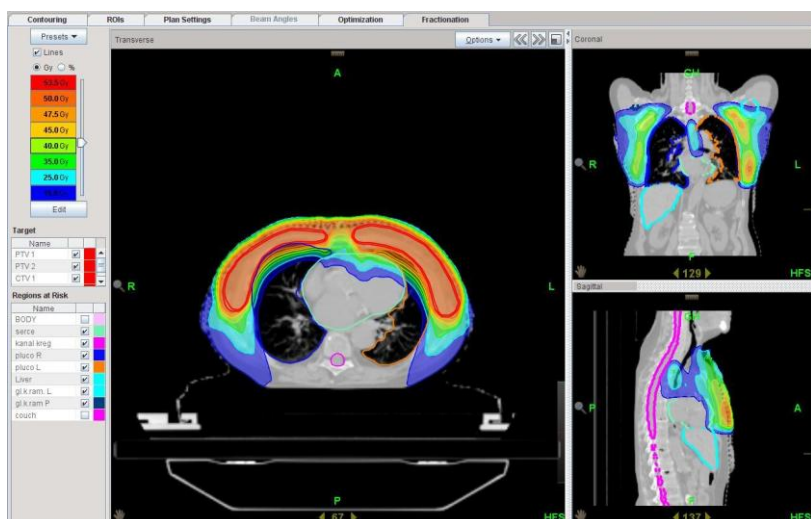
TMI - Total Marrow Irradiation



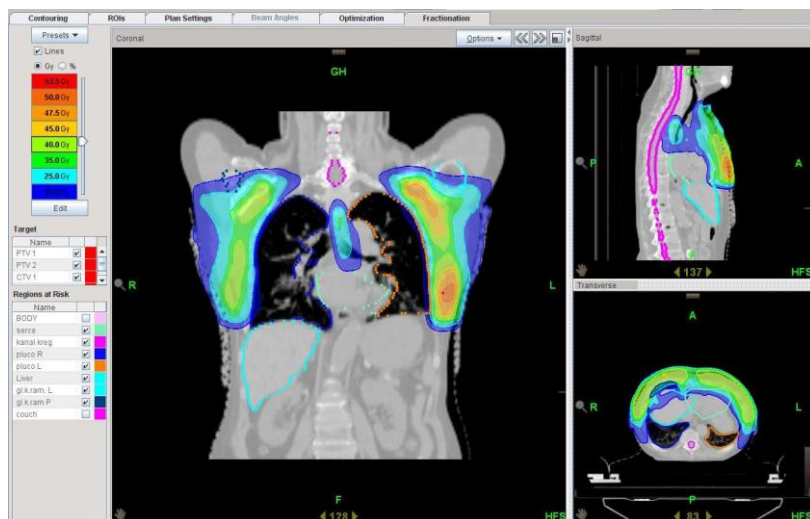
Paliatywne napromienianie czaszki



Jednoczesne napromienianie dwóch piersi



Jednoczesne napromienianie dwóch piersi



A na koniec QA



QA

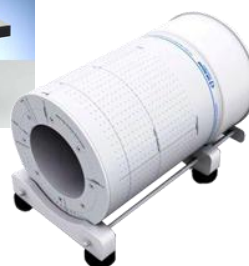
QA Dozymetria planów leczenia



Cheese phantom
Punktowy pomiar
(weryfikacja 1D)

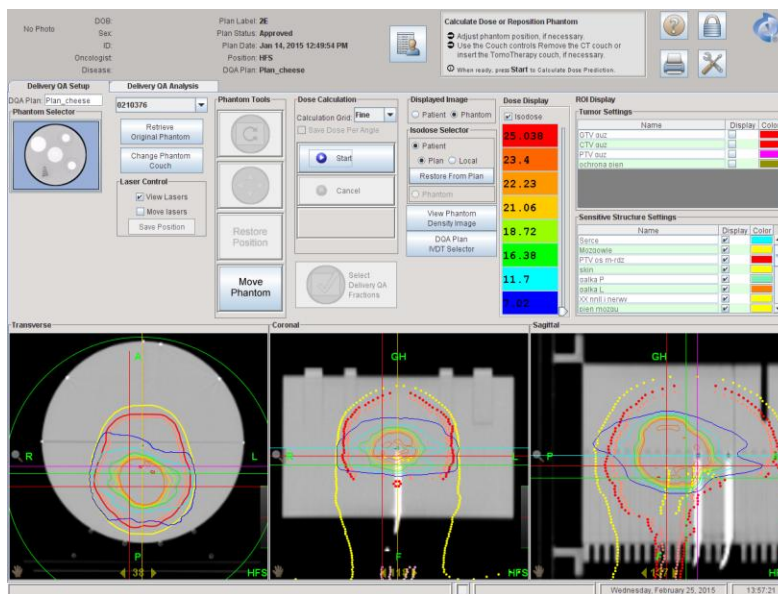


PTW Octavius
Pomiar matrycą
wielodetektorową
(weryfikacja 2D)

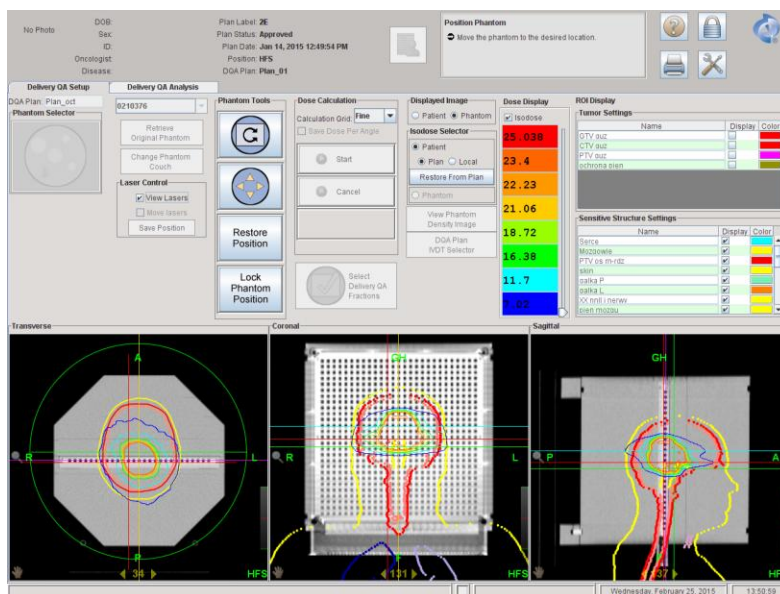


Sun Nuclear Arccheck
Pomiar matrycą cylindryczną
(weryfikacja 3D)

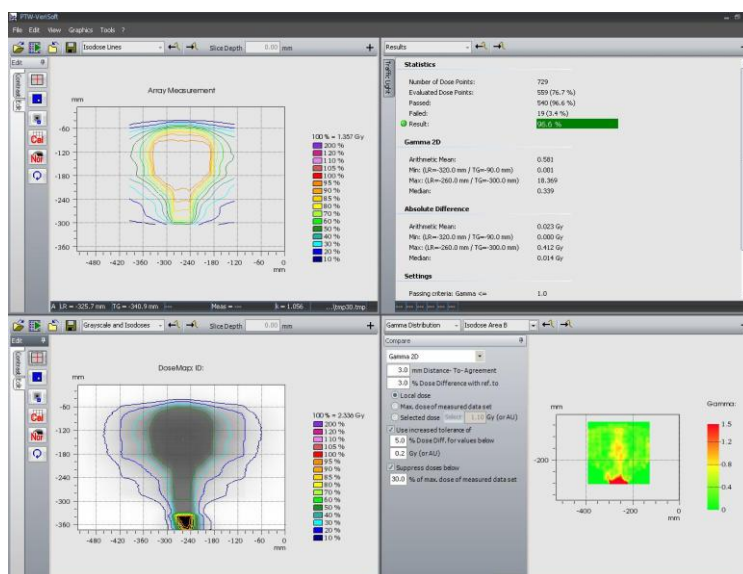
QA Dozymetria planów leczenia (weryfikacja 1D)



QA Dozymetria planów leczenia (weryfikacja 2D)



QA Dozymetria planów leczenia (weryfikacja 2D)



QA Aparatu TomoTherapy

Przyjęcie zasady odniesienie do „złotego standardu”

Testy:

- akceptacyjne
- stworzenie referencji

Rutynowe testy:

- dzienne
- miesięczne
- kwartalne
- roczne

Testy poserwisowe



Fantom wodny



Cheese phantom

QA Aparatu TomoTherapy

Kryteria oceny poprawności działania aparatu

Raport AAPM Task Group 148

TABLE II. Recommendations and tolerance limits for daily quality assurance procedures.

Daily test	Purpose	Tolerance limit	Report section
Output—Rotational or static	Consistency	3%	V.B.2.d
Image/laser coordinate coincidence	Accuracy	2–1 mm (non-SRS/SBRT-SRS/SBRT)	VI.B.1.b
Image registration/alignment	Accuracy	1 mm	VI.B.1.c
Red laser initialization	red=green laser	1.5–1 mm (non-SRS/SBRT-SRS/SBRT)	V.B.4.b

TABLE IV. Recommendations and tolerance limits for quarterly quality assurance procedures.

Quarterly test	Purpose	Tolerance limit	Report section
<i>Synchronicity</i>			
Gantry angle	Correct and consistent	1°	V.B.3.a
Couch speed uniformity	Uniform	2% dose nonuniformity	V.B.3.b
Couch translation per gantry rotation	Synchrony	1 mm per 5 cm	V.B.3.c
<i>MVCT</i>			
Dose	Monitor image dose	Consistency with baseline	VI.B.3

QA Aparatu TomoTherapy

TABLE V. Recommendations and tolerance limits for annual quality assurance procedures.

Annual test	Purpose	Tolerance limit	Report section
Mechanical alignments			
y-jaw centering	Source to y-jaw alignment	0.3 mm at source	VB.1.a
x-alignment of source	Source to MLC alignment	0.34 mm at source	VB.1.b
y-jaw divergence/beam centering	Source alignment with axis of rotation	0.5 mm at iso	VB.1.c
y-jaw/gantry rotation plane alignment	y-jaw alignment with axis of rotation	0.5°	VB.1.d
Treatment beam field centering	Common center	0.5 mm at iso	VB.1.e
MLC lateral offset	MLC alignment with center of rotation	1.5 mm at iso	VB.1.f
MLC twist	Alignment with beam plane	0.5°	VB.1.f
Beam parameters			
Beam quality (each slice width)	Agreement with model	1% PDD ₁₀ or TMR ₁₀	VB.2.a
Transverse profile (each slice width)	Agreement with model	1% average difference in field core	VB.2.b
Longitudinal profiles (each slice width)	Agreement with model	1% of slice width at FWHM	VB.2.c
TG-51 calibration	Calibration	1%	VB.5
Misc.			
Axial green laser (distance and twist)	Nominal distance to iso	1 mm/0.3°	VB.4.b
Sagittal/coronal green laser	Alignment with axis of rotation	± 1 mm	VB.4.b
MVCT			
Imaging/treatment/laser coordinate coincidence	accurate location of dose	2-1 mm (non-SRS/SBRT-SRS/SBRT)	VLB.1.b
Treatment planning system			
<i>CT data import</i>			
Dimension of object in TPS	Agreement with physical dimension	1 kVCT voxel	IV.B.2
CT voxel dimensions	Correct transfer	Pass/fail	IV.B.2
CT orientation	Correct transfer	Pass/fail	IV.B.2
CT gray scale values	Correct transfer	Pass/fail	IV.B.2
Associated text info	Correct transfer	Pass/fail	IV.B.2
<i>Structure set import</i>			
Dimension of structure	Agreement with contouring software	1 kVCT voxel	IV.B.2
Location of structure	Agreement with contouring software	Pass/fail	IV.B.2
Orientation of structure	Agreement with contouring software	Pass/fail	IV.B.2
<i>Dosimetric verification</i>			
Point dose in low gradient area	Agreement with TPS	Within 3%	IV.B.3
Point dose in high gradient	Agreement with TPS	3%/3 mm	IV.B.3

Główne zalety systemu Tomotherapy

- Możliwość napromieniania targetu o długości do 135 cm
- Brak łączeń
- Prostota i szybkość planowania /napromieniania
- Helikalny sposób dostarczania promieniowania i prędkość listków
- Skomplikowane targety
- Obszary chronione wewnątrz targetu
- System weryfikacji położenia pacjenta – CTtrue / MVCT



Dziękuję za uwagę !



Bibliografia:

1. <http://www accuray.com>
 2. <http://www.ptw.de>
 3. Podręcznik planowania tomo wersja 105947 A (POL)
 4. QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148a
 5. Prezentacja MVCT Image Guidance and QA, Robert Staton, *PhD DABR MD Anderson Cancer Center Orlando, ACMP Annual Meeting 2011*
 6. Optimization of tomotherapy treatment planning for patients with bilateral hip prostheses, *Chapman et al. Radiation Oncology 2014,9:43*
 7. Stability of the Helical TomoTherapy Hi·Art II detector for treatment beam irradiations, *Journal of Applied Clinical Medical Physics* , Vol. 15 , No. 6 , 2014
 8. Prezentacja Tomoterapia Planowanie i weryfikacja dozymetryczna w RT, *Łukasz Dolla, IO Gliwice*
 9. Materiały własne
-