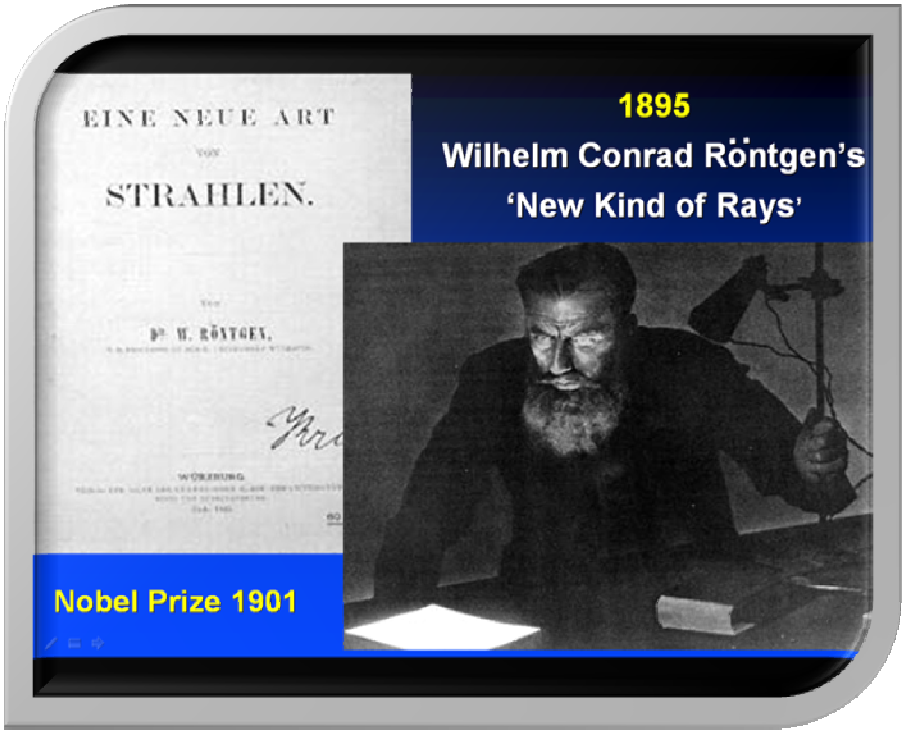
Nowe techniki radioterapii

Teleterapia protonami

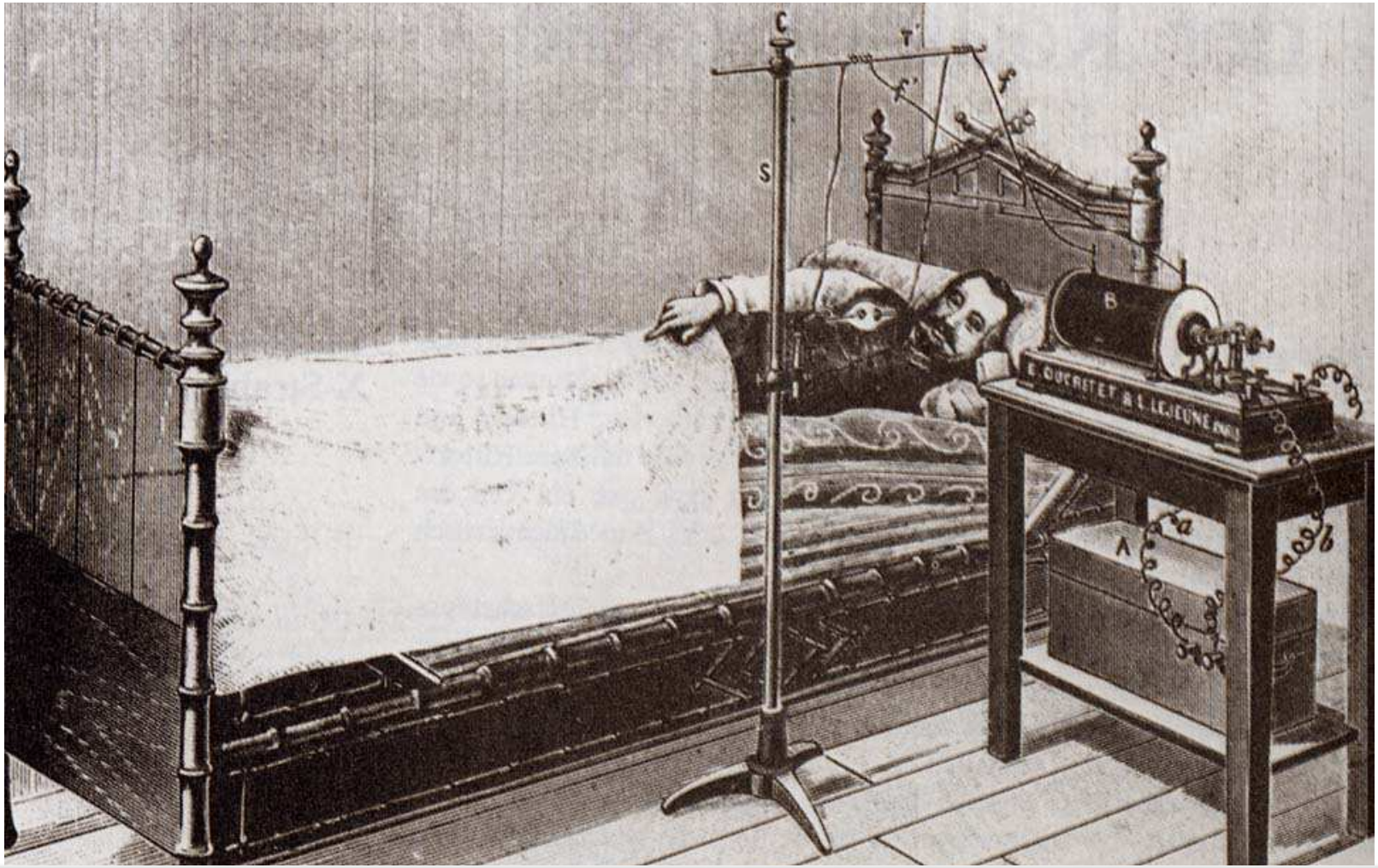
Andrzej Woźniak

Rinecker Protonen Therapy Center
Monachium

1895


EINE NEUE ART
STRAHLEN.
1895
Wilhelm Conrad Röntgen's
'New Kind of Rays'
Nobel Prize 1901

1921

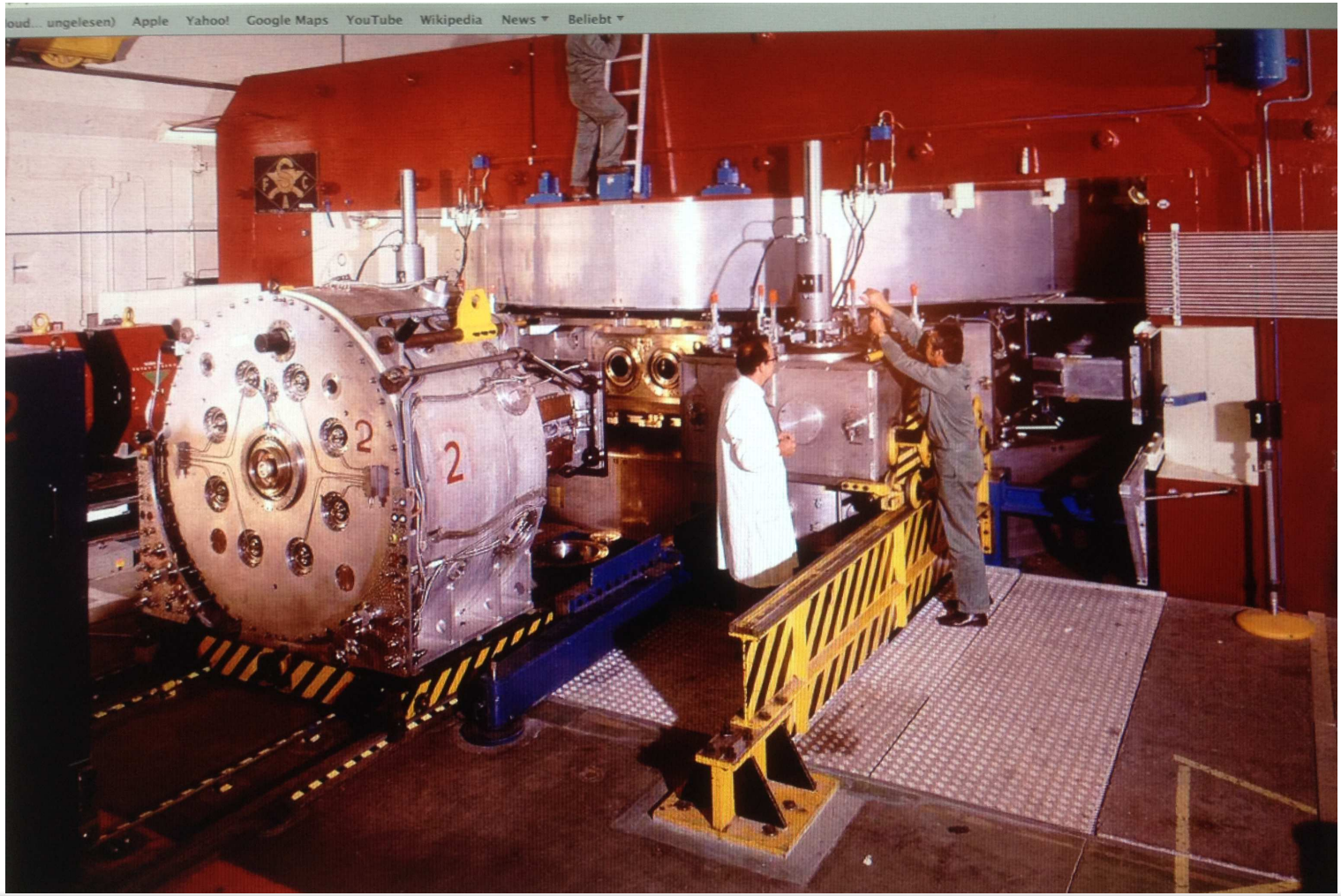


1958

LIFE
FRESH HOPE ON CANCER
12 PAGES ON THE NEWEST METHODS
TO SAVE YOU FROM MALIGNANCIES
2,000,000 VOLT
RADIATION FOR
CANCER PATIENT
MAY 5, 1958
25 CENTS

1963

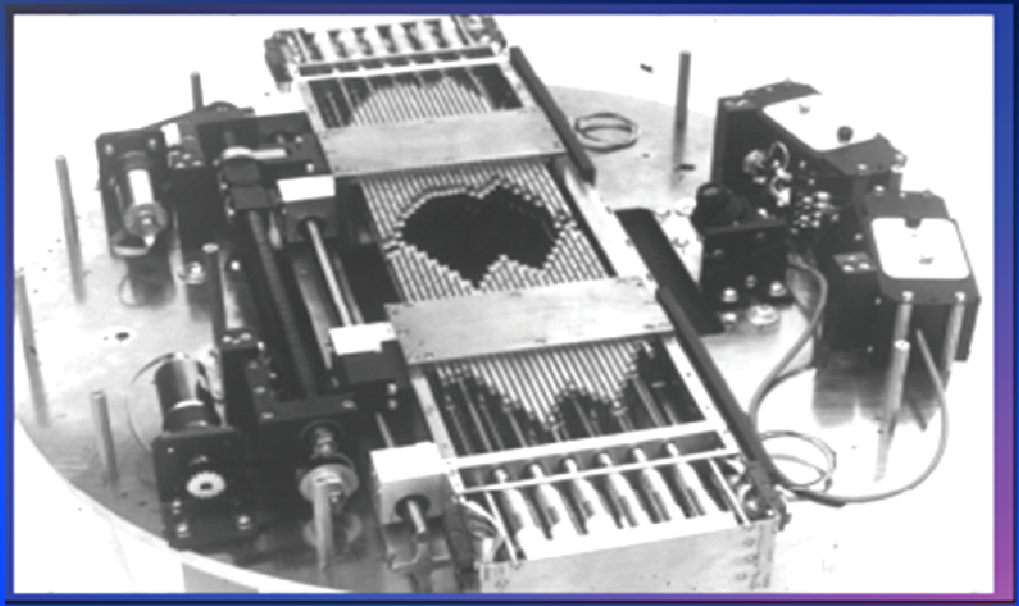
1970


oud... ungelesen) Apple Yahoo! Google Maps YouTube Wikipedia News Beliebt
2
2

1980

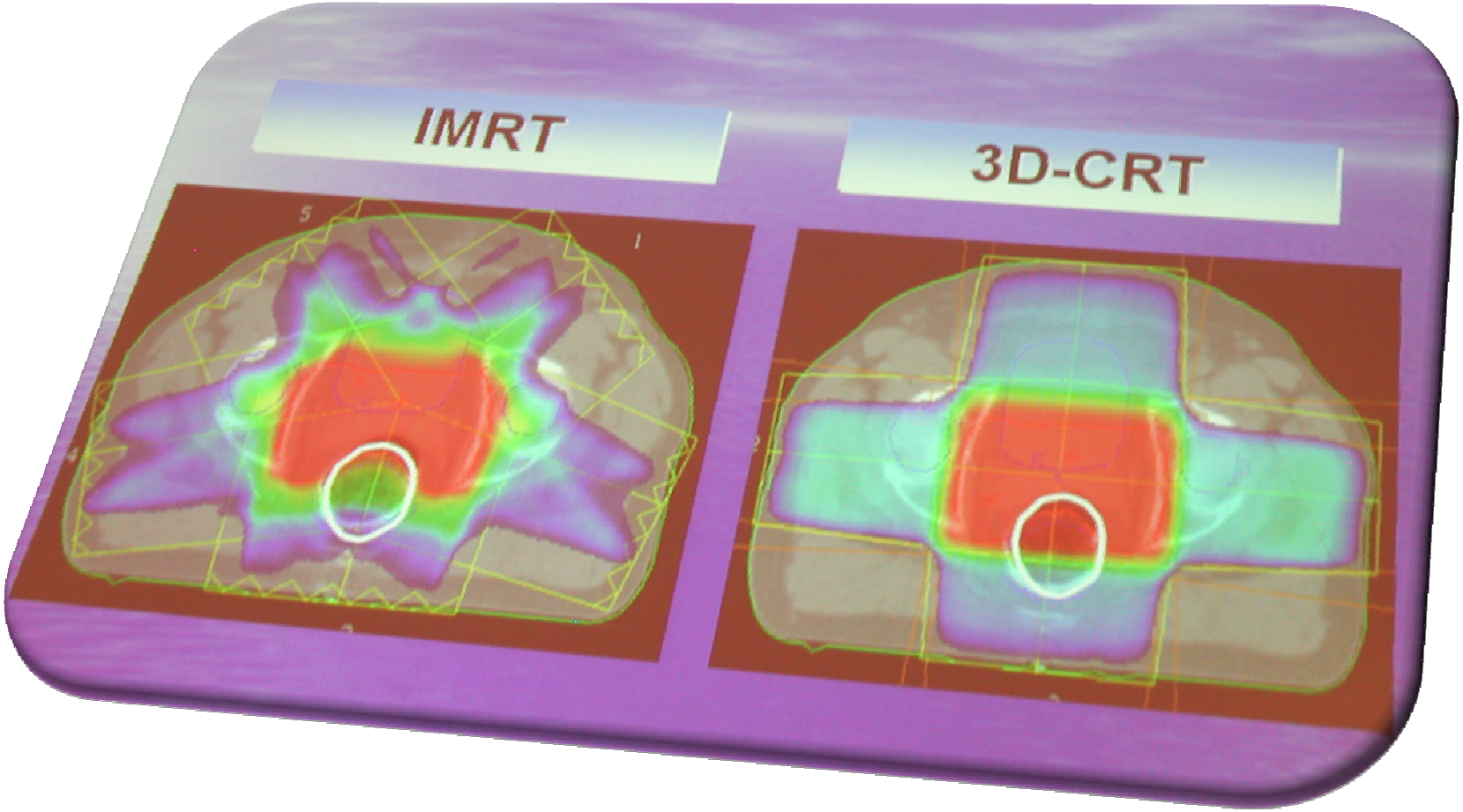
1990

Multi-Leaf Collimator

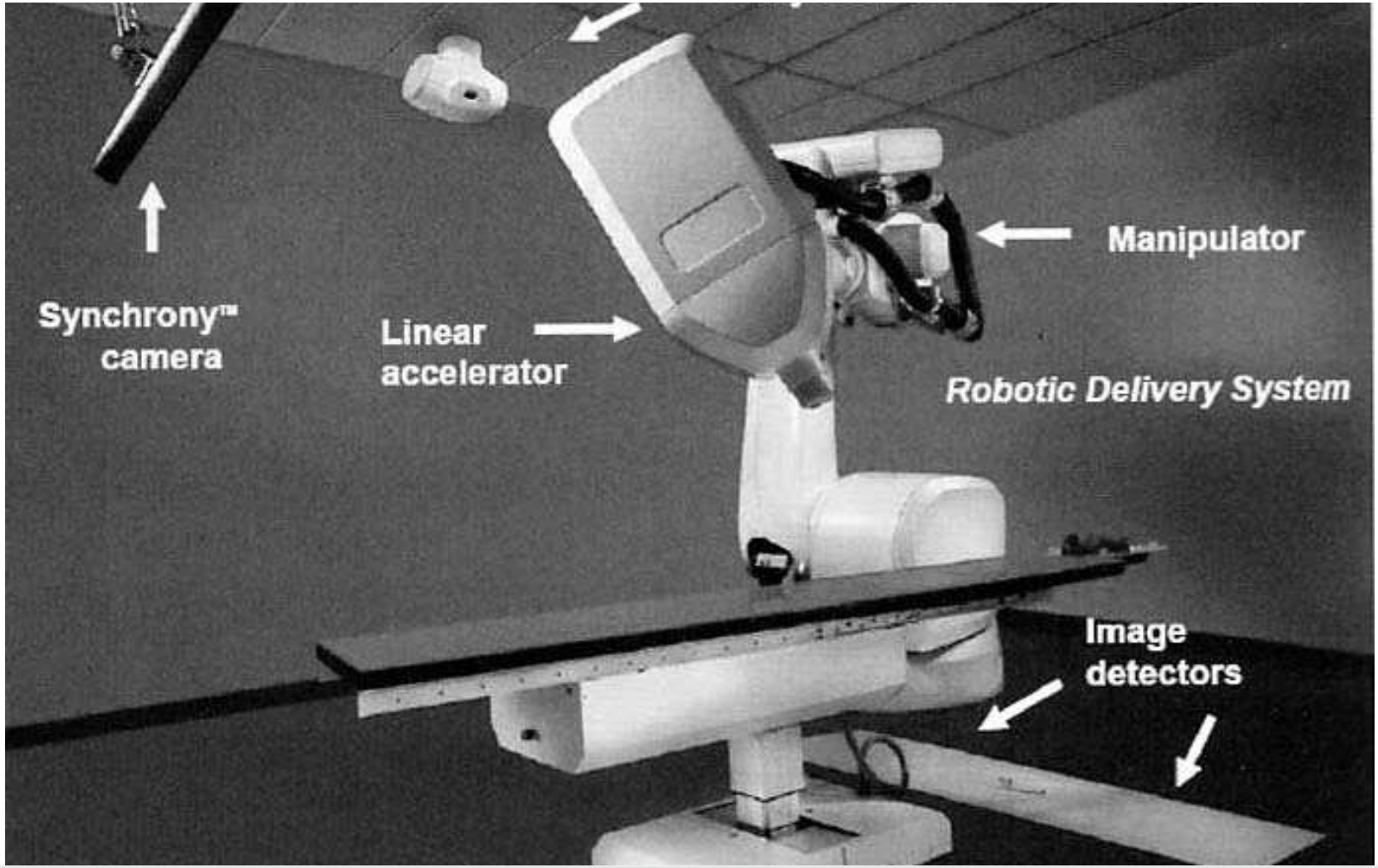


1990

1990



2005

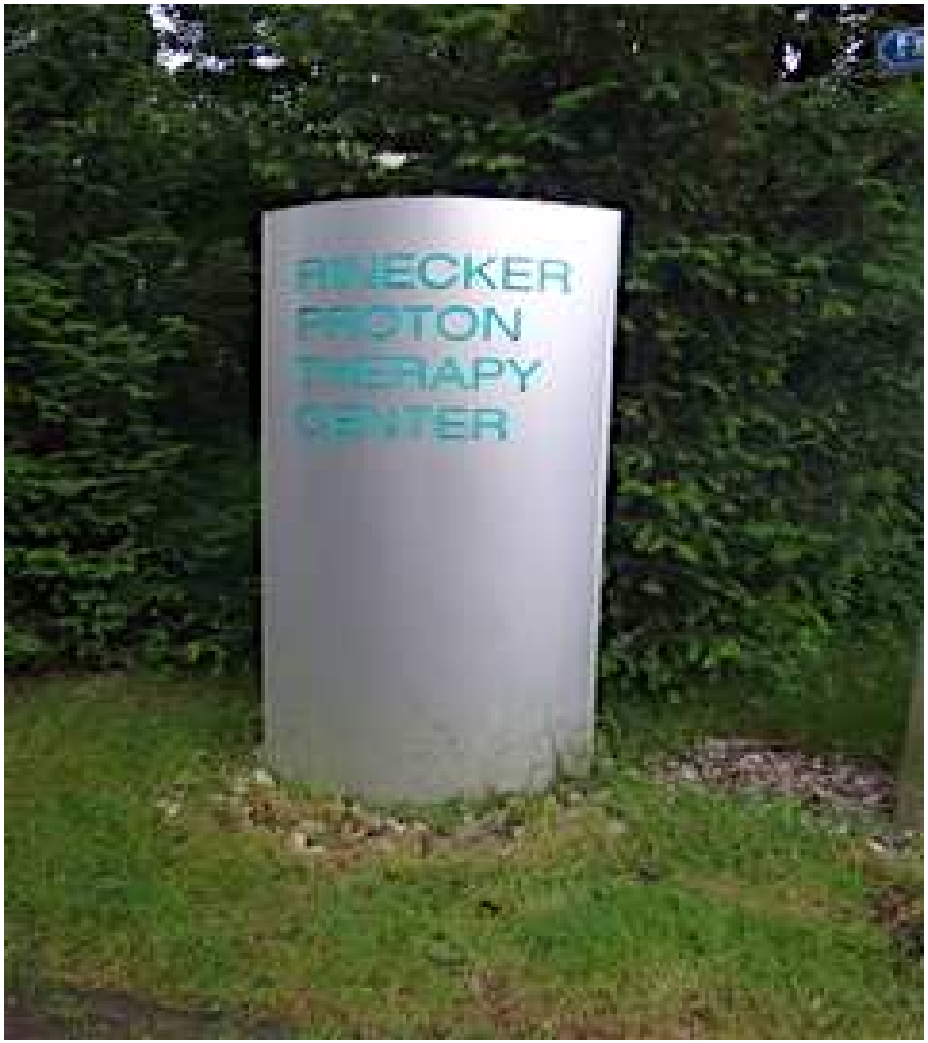

Synchrony™
camera
Linear
accelerator
Manipulator
Robotic Delivery System
Image
detectors

Teleterapia Protonami

RINECKER PROTON THERAPY CENTER

2009

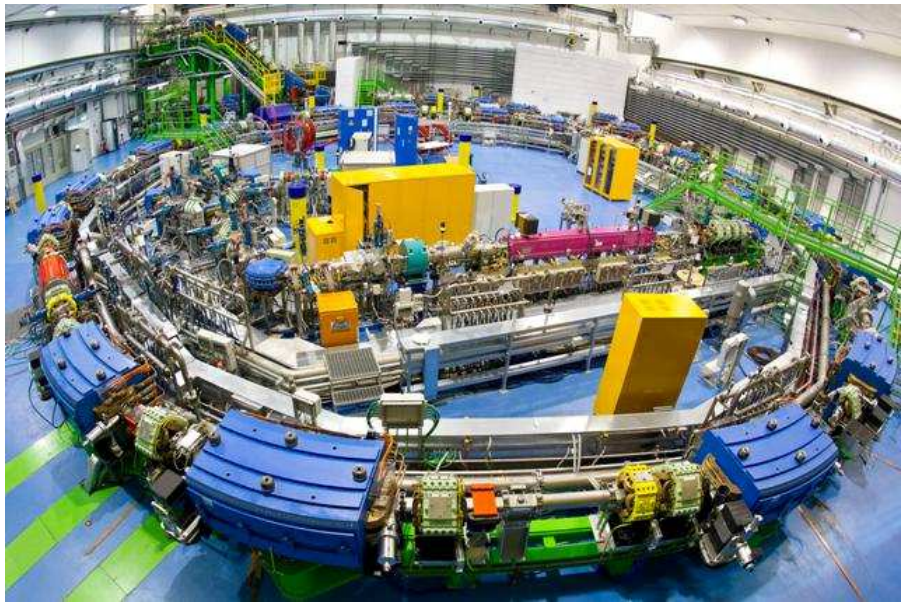
RINECKER PROTON THERAPY CENTER



RINECKER PROTON THERAPY CENTER

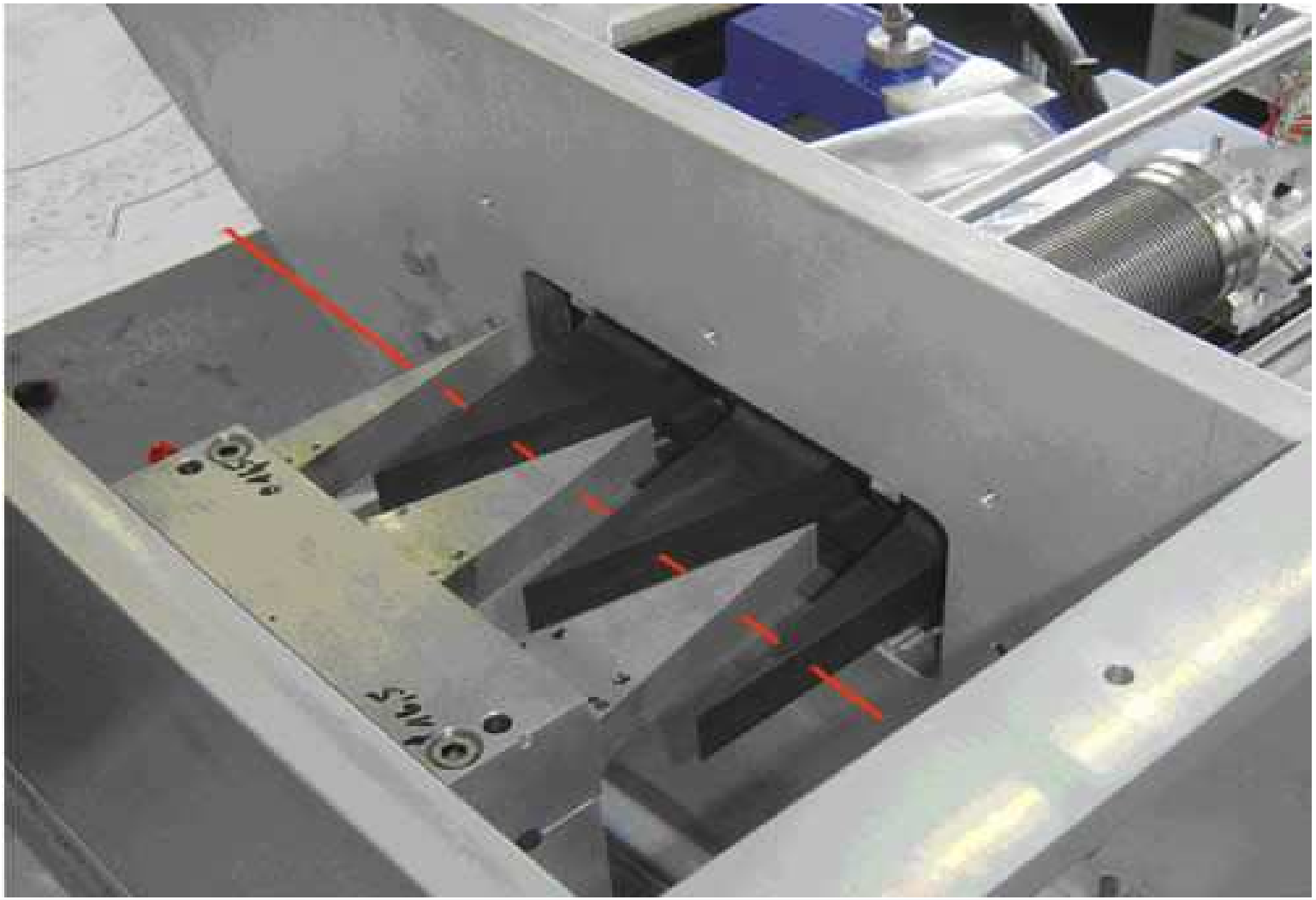
RINECKER PROTON THERAPY CENTER

Cyklotron

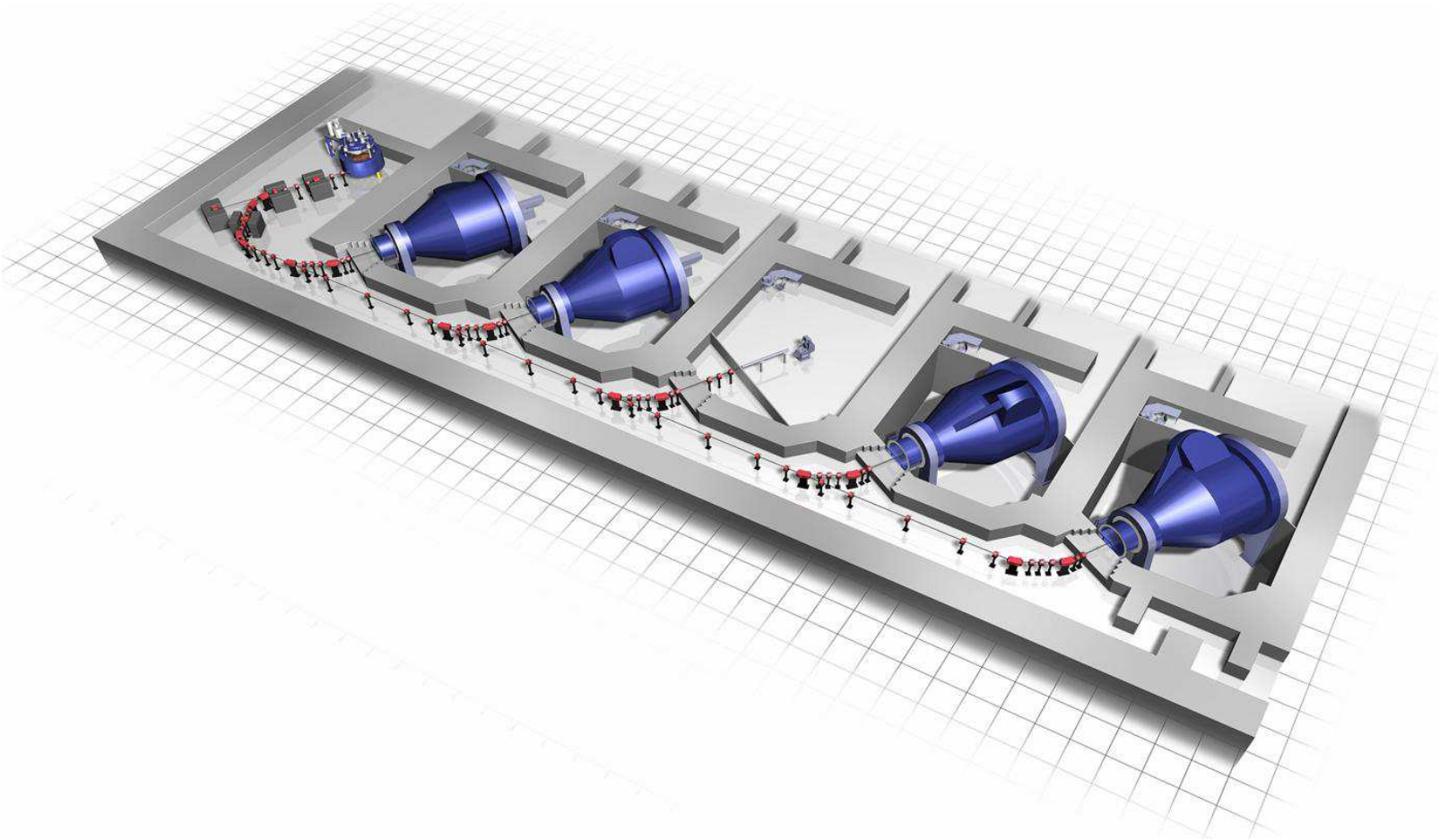


Beamline

Sterowanie energią protonów



Schemat stanowisk terapeutycznych



CENTRUM STEROWANIA

RINECKER PROTON THERAPY CENTER

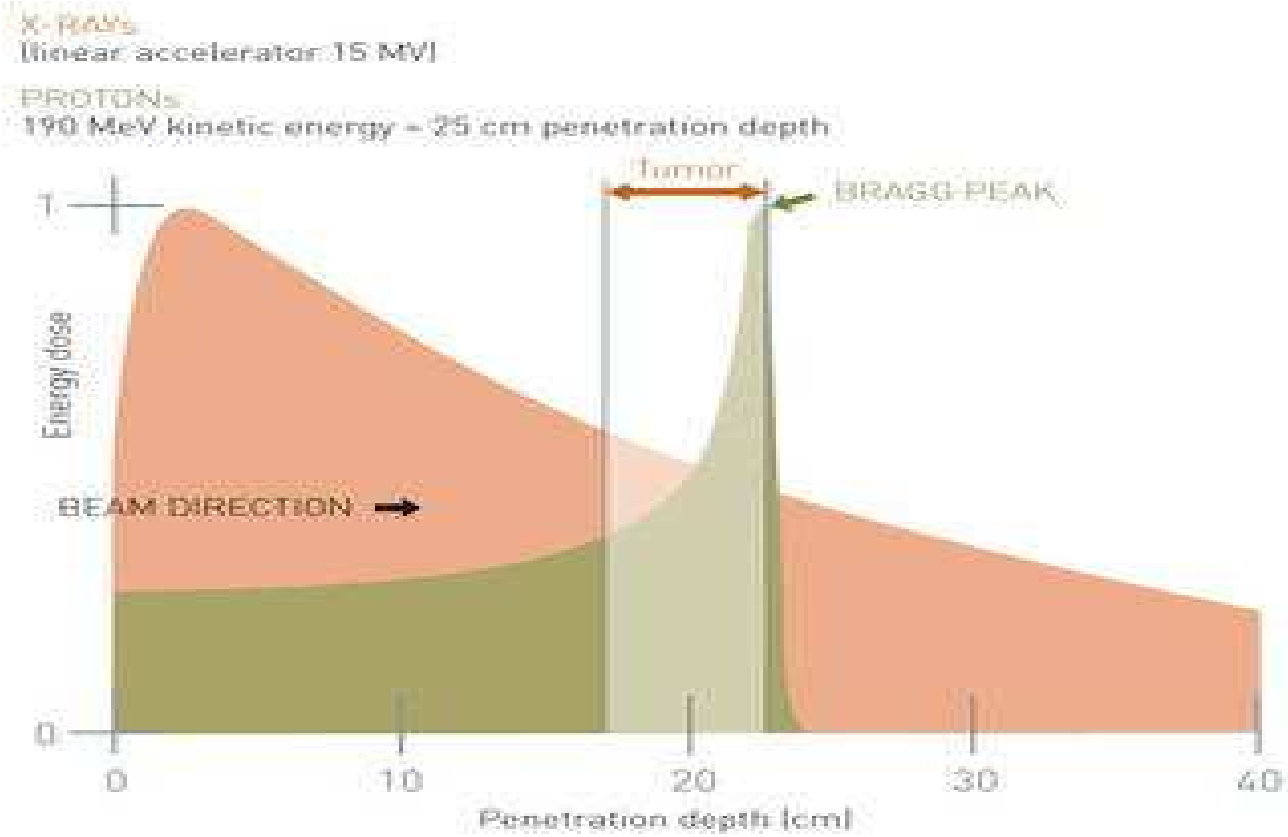
2009

Gantry

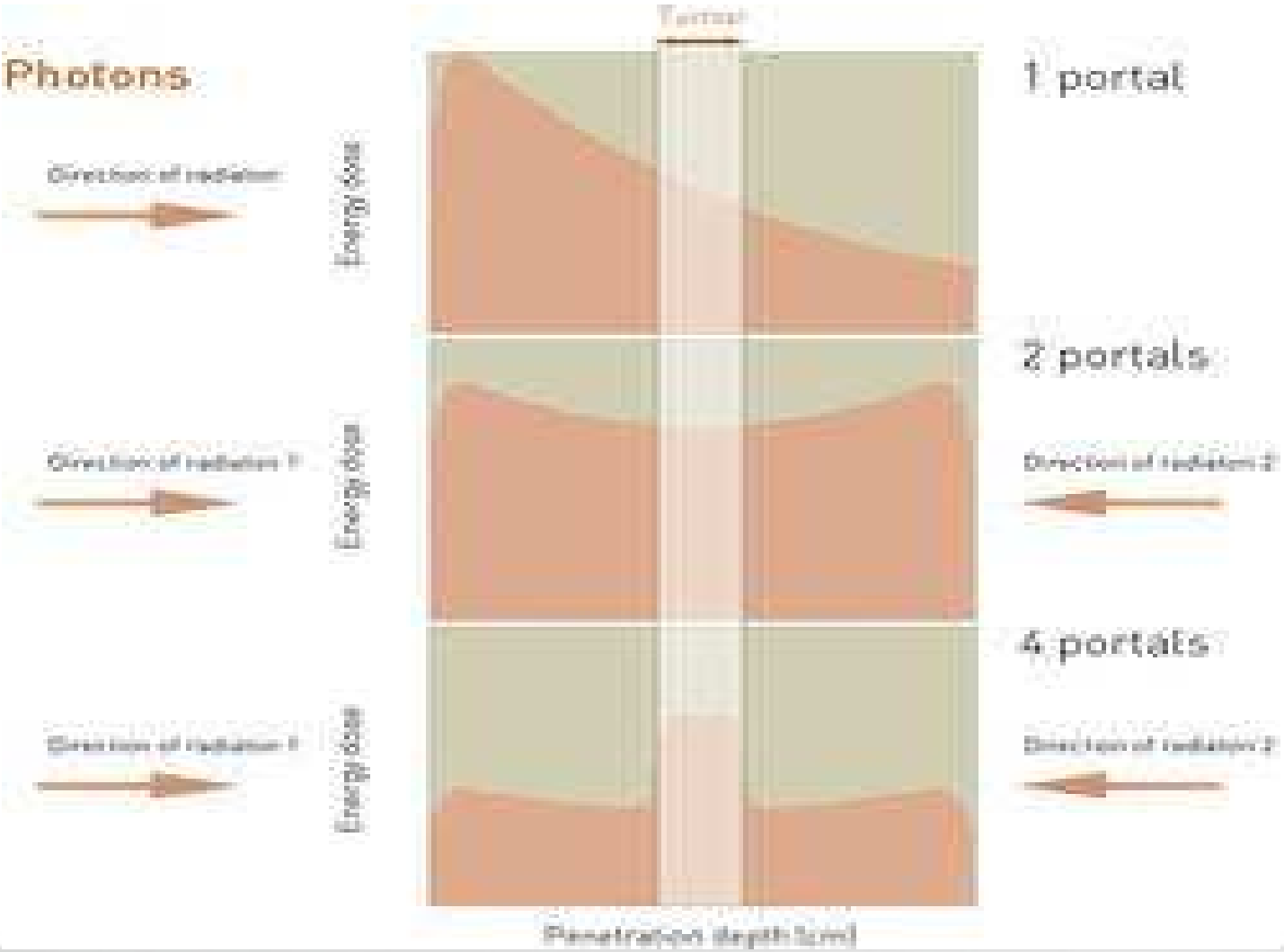
Gantry

Technika pod ziemią

Różnica w rozkładzie dawki fotonów i protonów



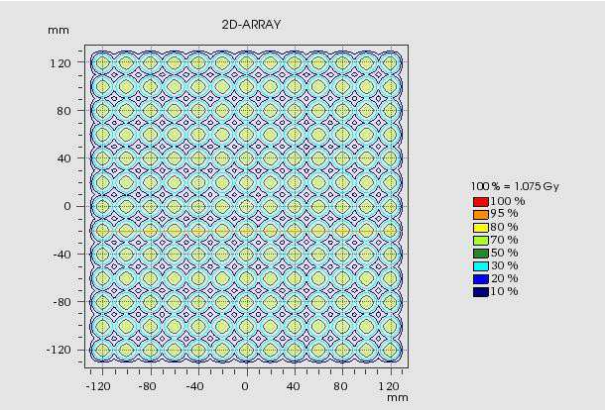
Local dose curve when protons penetrate the body. The clear increase in effect at the end of the proton path (Bragg Peak) compared with X-rays substantiates the considerable advantages of protons in the treatment of deep tumors.

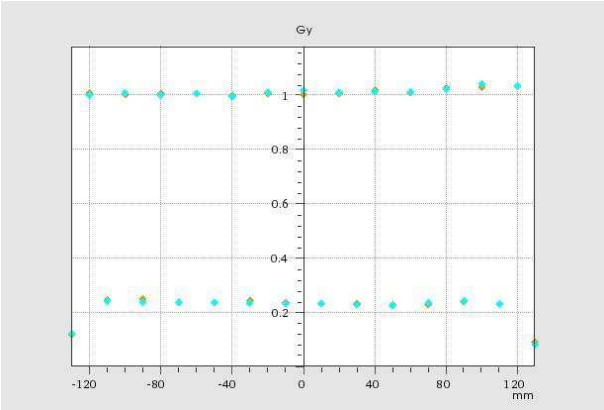

Photons
1 portal
2 portals
4 portals

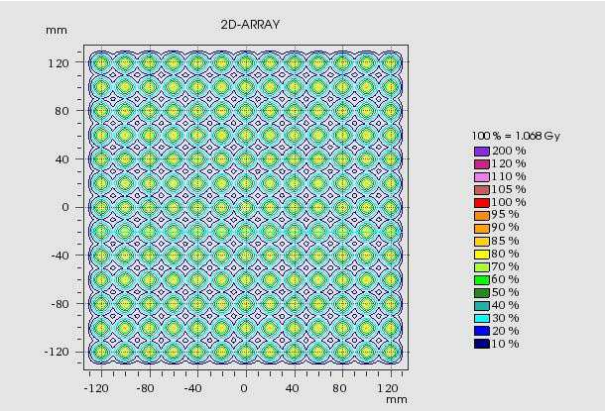
spot scaning

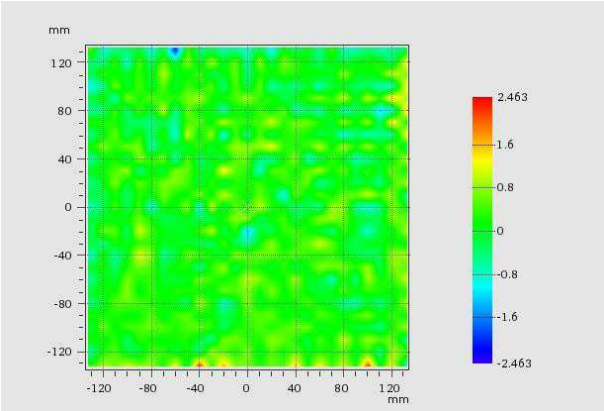
Settings

Passing criteria	DoN ≤ 1,0 %
Green	90,0 % to 100,0 %
Yellow	75,0 % to 90,0 %
Red	0,0 % to 75,0 %





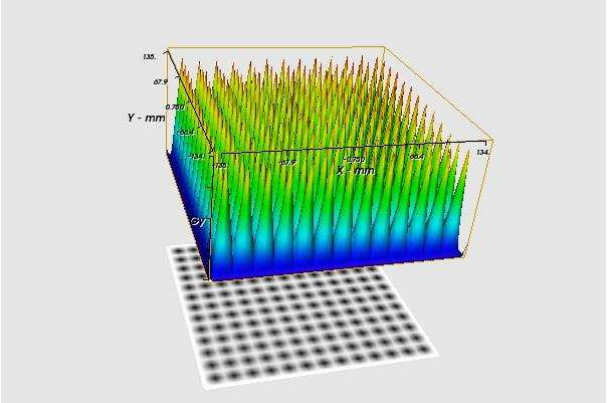


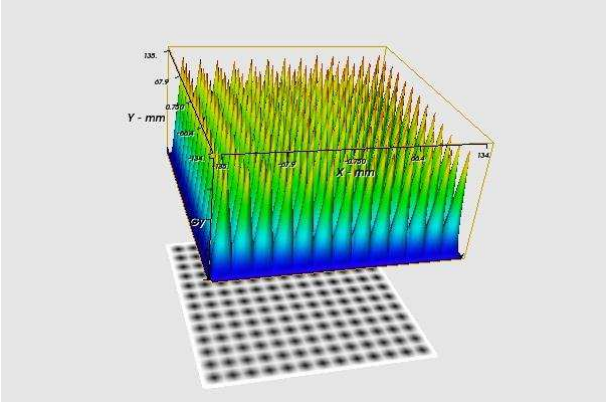


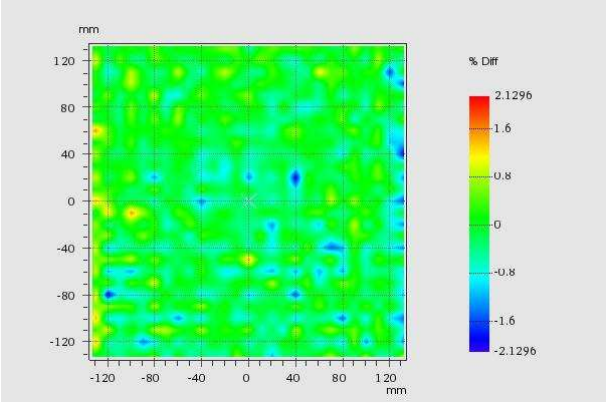
spot scaning

Settings

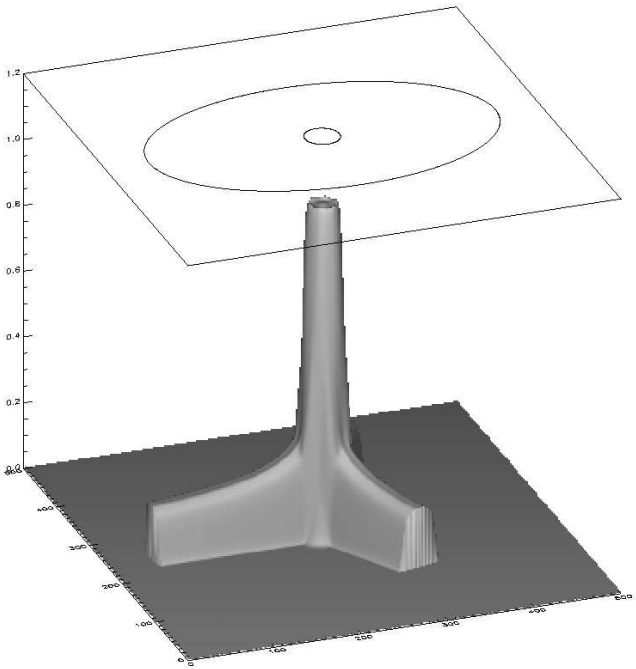
Passing criteria	DoN ≤ 1,0 %
Green	90,0 % to 100,0 %
Yellow	75,0 % to 90,0 %
Red	0,0 % to 75,0 %

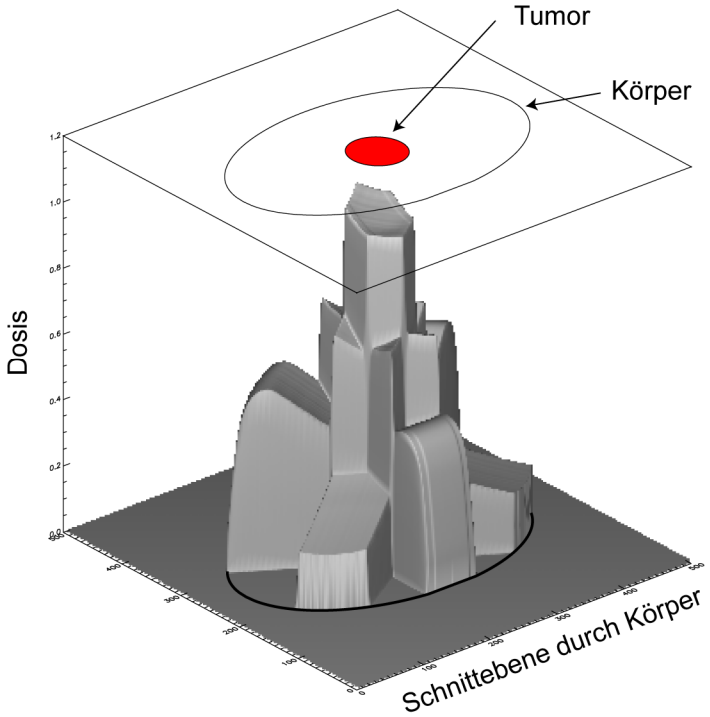




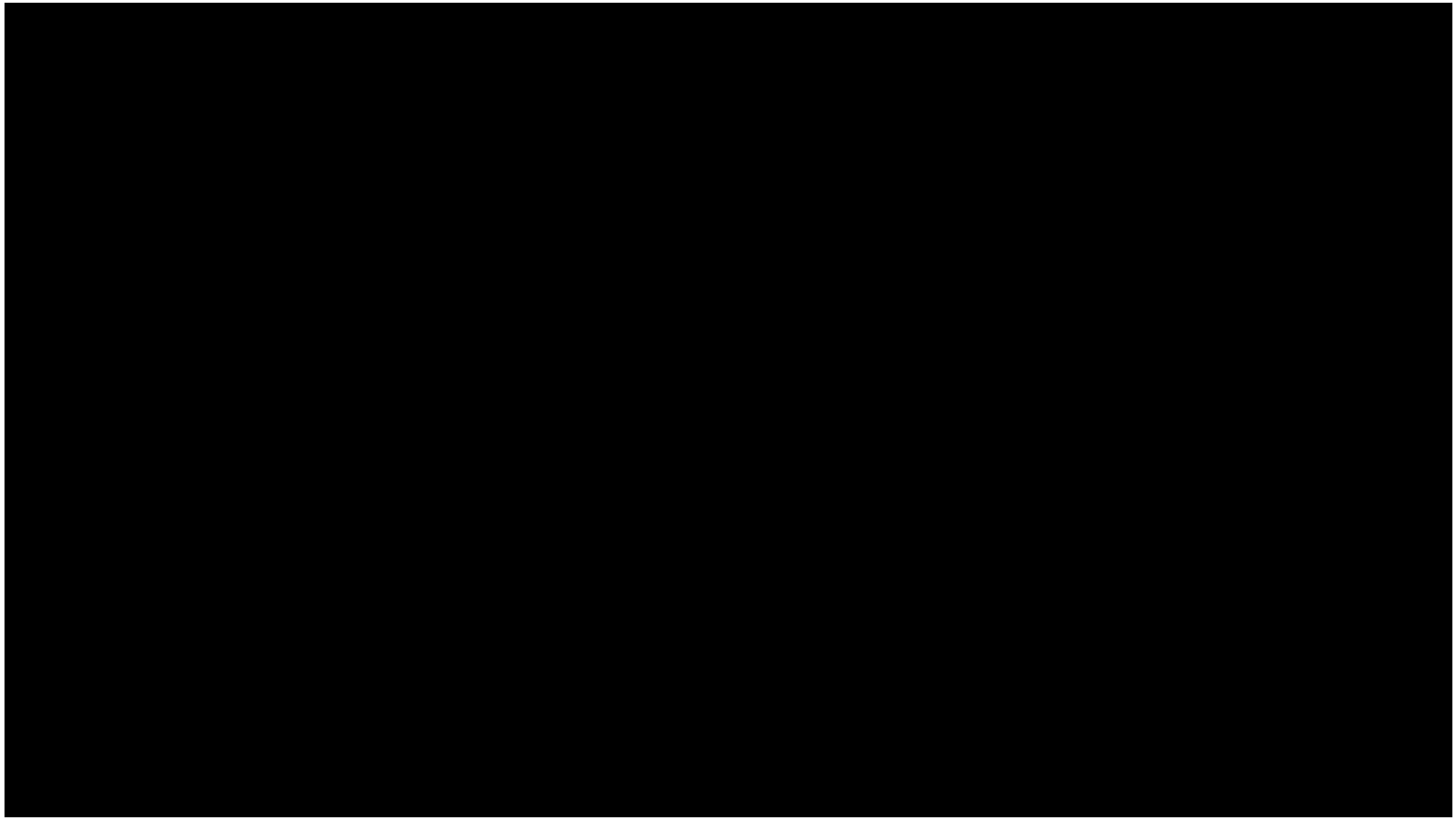


Rozkład dawki pojedyńczych pól protonów lub fotonów (IMRT)





Technika skanowania



Zespół konsultacyjny d.s.leczenia nowotworów

Pierwsza wizyta

Pierwsza wizyta

Badania dodatkowe

Analiza nowych danych klinicznych

Druga wizyta

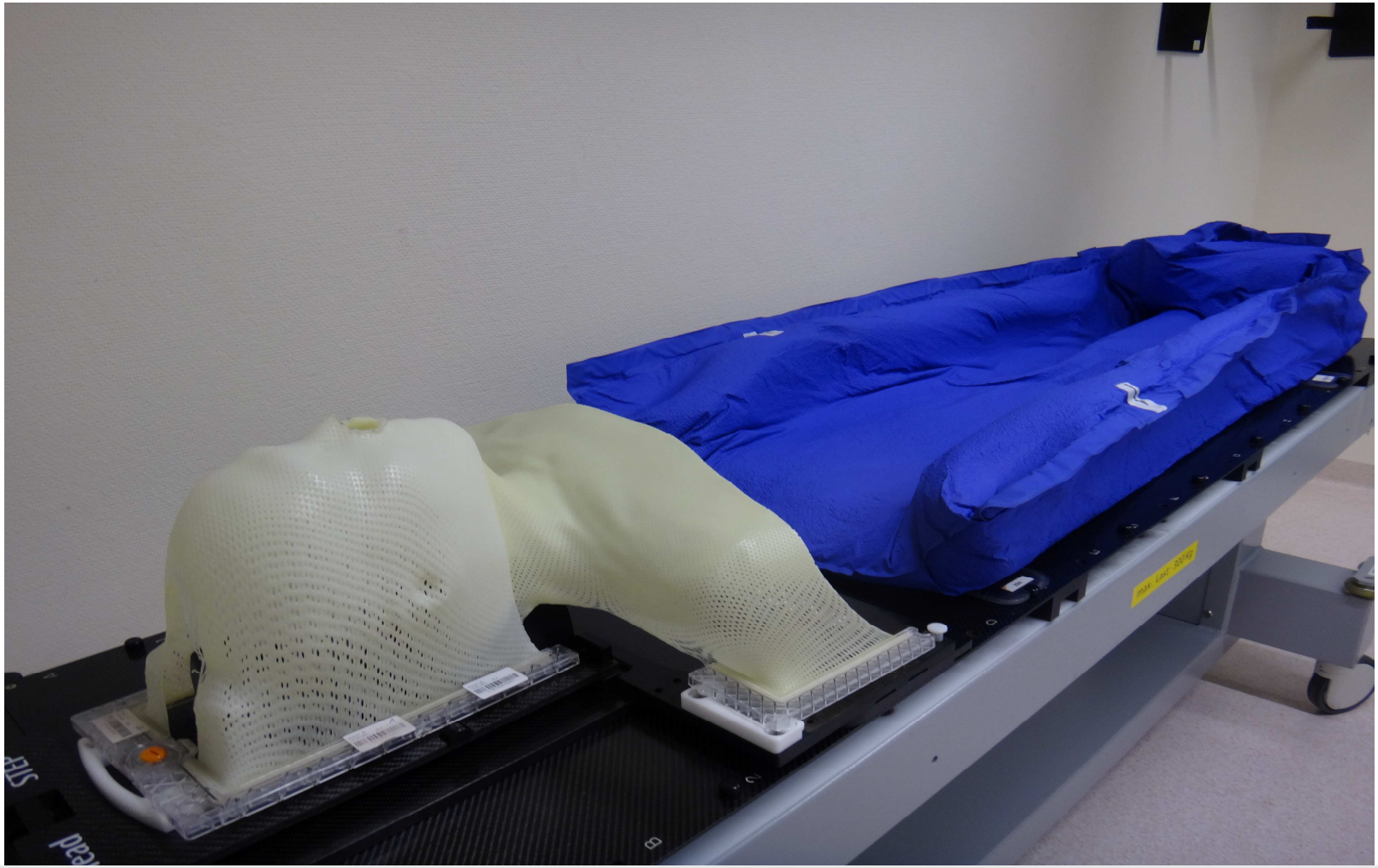
Rozmowa o celu, sposobie i ryzykach naświetlania

Druga wizyta

Pozycjonowanie pacjenta

Systemy stabilizujące pozycję na stole terapeutycznym

Systemy stabilizujące pozycję na stole terapeutycznym

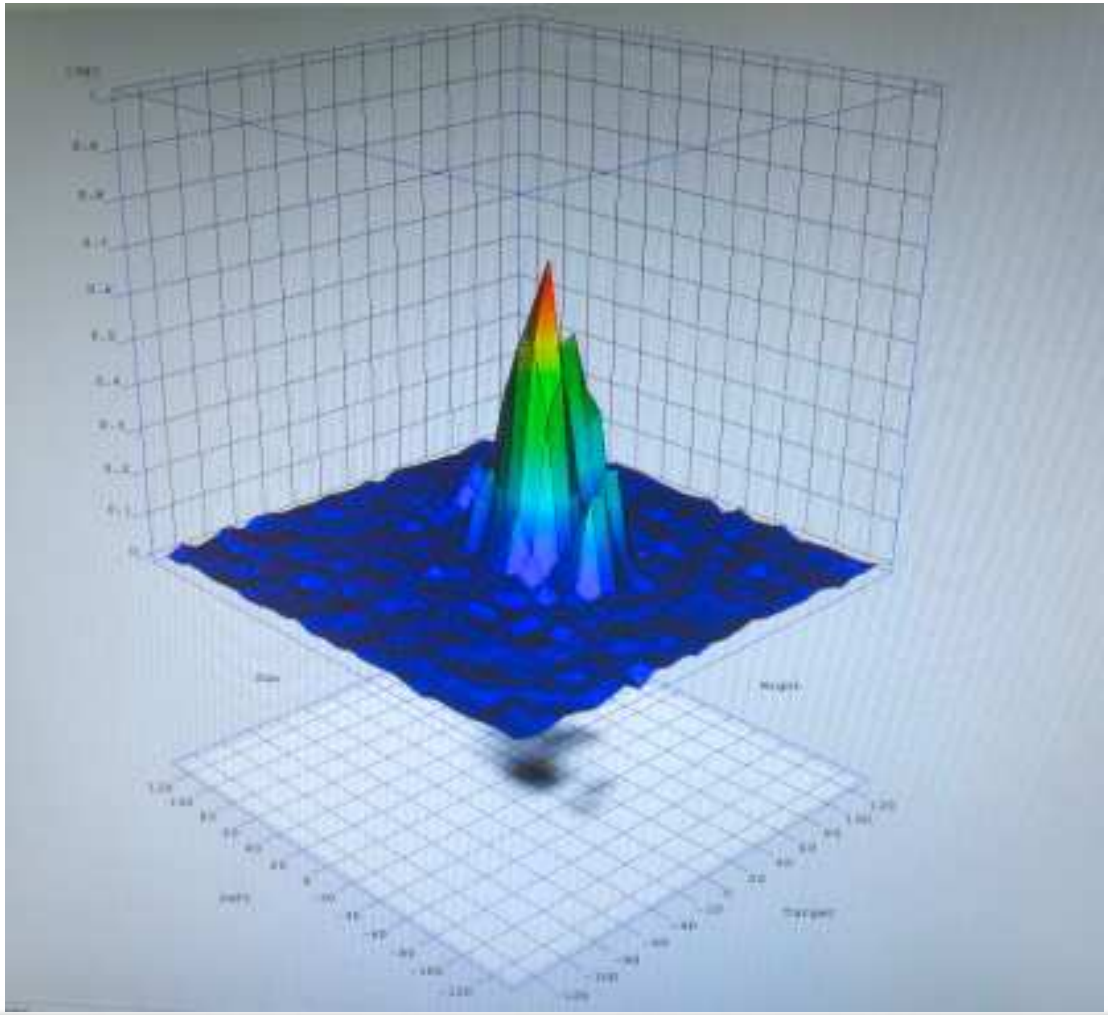


Opracowywanie planu naświetlania

Opracowywanie planu naświetlania

Kontrola rozkładu dawki

spot scaning



Protonoterapia u dzieci

Protonoterapia u dzieci

- Protonoterapię stosuje się priorytetowo u dzieci, ponieważ obniża ona znacząco prawdopodobieństwo zachorowania na nowotwór wtórny, spowodowany naświetlaniem, w późniejszym życiu dziecka.

Protonoterapia u dzieci

- Ponadto dzięki tej metodzie można zapobiec szkodliwemu oddziaływaniu promieniowania na narządy znajdujące się u dzieci w fazie wzrostu, np. na płytki wzrostowe oraz inne ważne życiowo struktury.

Protonoterapia u dzieci

- Terapia protonami pozwala tez zmniejszyć dawkę promieniowanie do poziomu pozwalającego na utrzymanie funkcji nie dotkniętych chorobą obszarów naświetlanych narządów (szczególnie w przypadku mózgu, oczu, uszu i podstawy czaszki).

Nowotwory obszarów głowy i szyi

- Po radioterapii konwencjonalnej „X” pacjenci odczuwają często suchość w ustach na skutek obciążenia promieniowaniem ślinianek. Pojawiają się problemy z mówieniem i jedzeniem, co rodzi konieczność dalszego leczenia, a zatem dalszych kosztów. Protonoterapia pozwala na zminimalizowanie ryzyka wystąpienia tego rodzaju powikłań

Nowotwory ślinianek

Nowotwory ślinianek

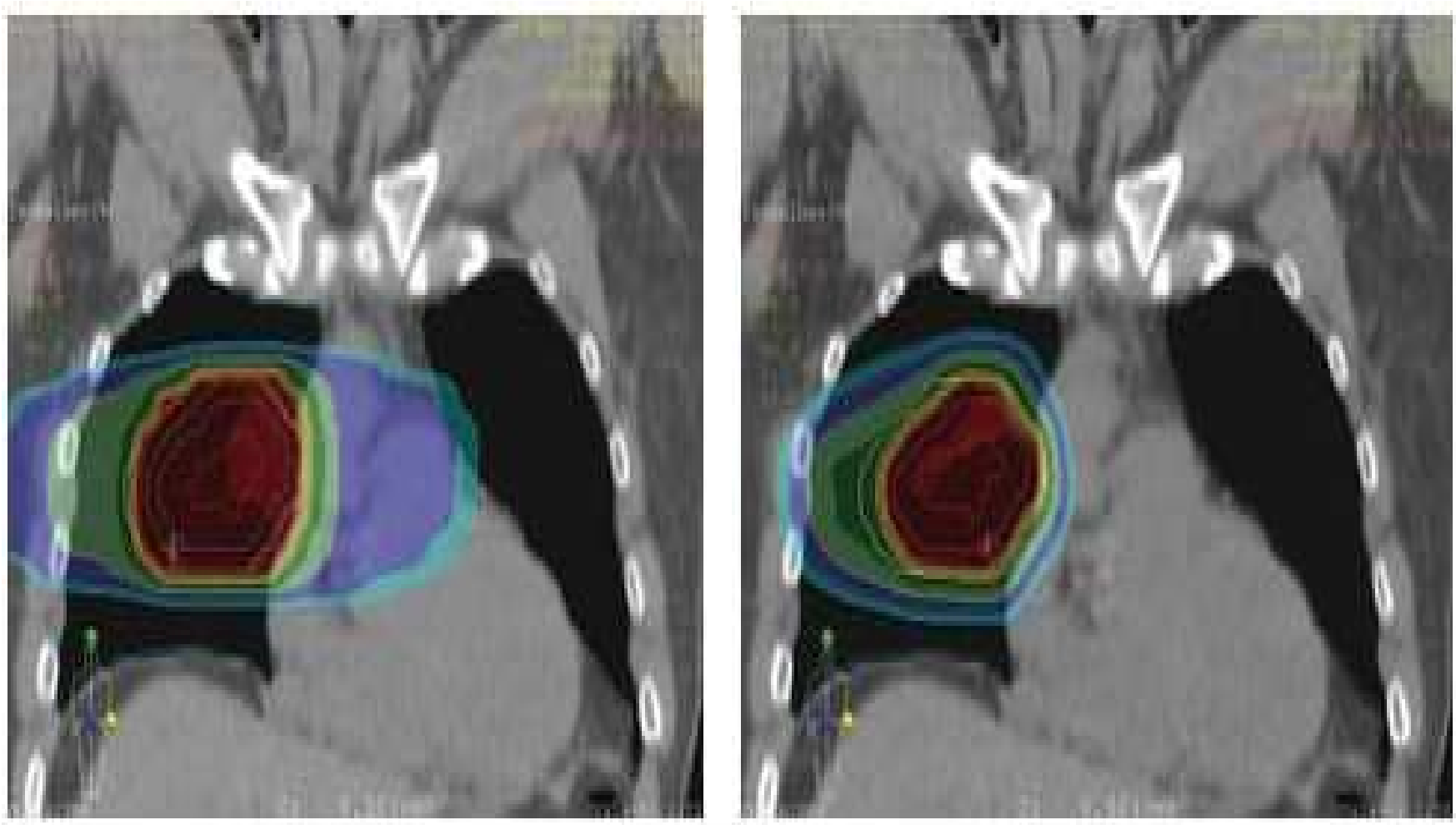
Nowotwory mózgu i podstawy czaszki

- Stosowanie radioterapii konwencjonalnej „X” często jest utrudnione ze względu na obecność w pobliżu leczonego nowotworu tkanek wrażliwych na promieniowanie takich jak: nerw wzrokowy, nerw słuchowy, przysadka mózgowa, pień mózgu czy nerwy czaszkowe.
- Za pomocą wiązki protonowej udaje się z reguły te narządy ryzyka przed negatywnymi skutkami ochronić

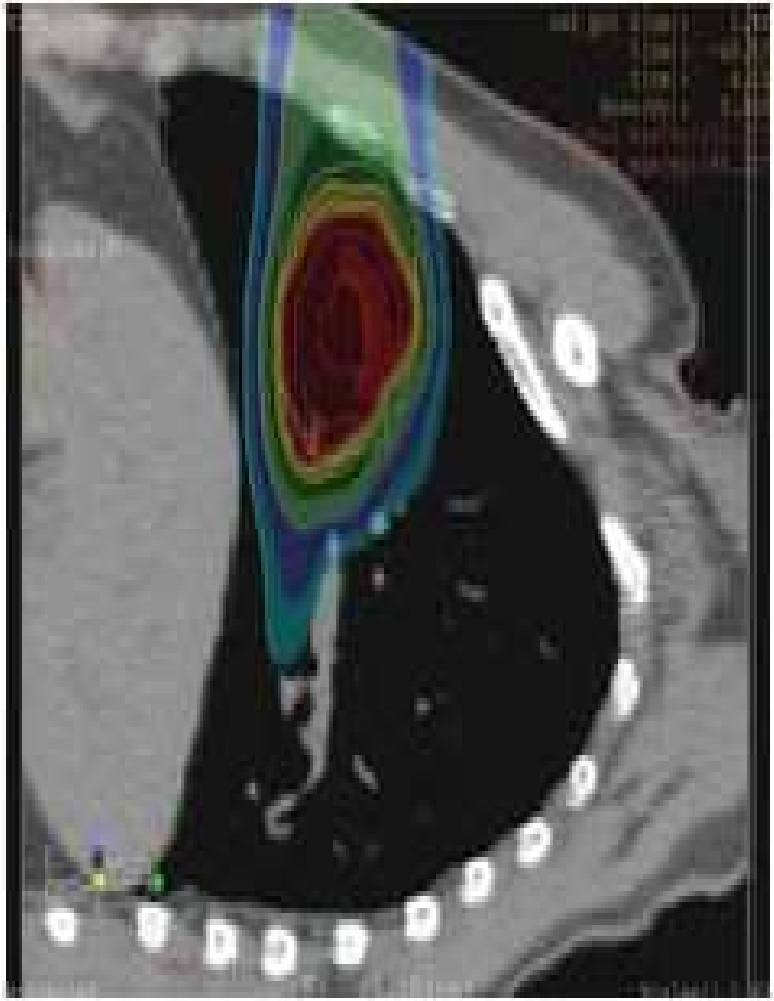
Nowotwory płuc i wątroby

- W przypadku nowotworów obu tych narządów protonoterapia pozwala na znaczne ograniczenie szkodliwego promieniowania w zdrowych obszarach płuca i wątroby. Badania porównawcze prowadzone w centrum terapii protonowej w Loma Linda w USA pokazują, że naświetlanie raka płuc wiązką protonową daje lepsze efekty niż zabieg operacyjny.

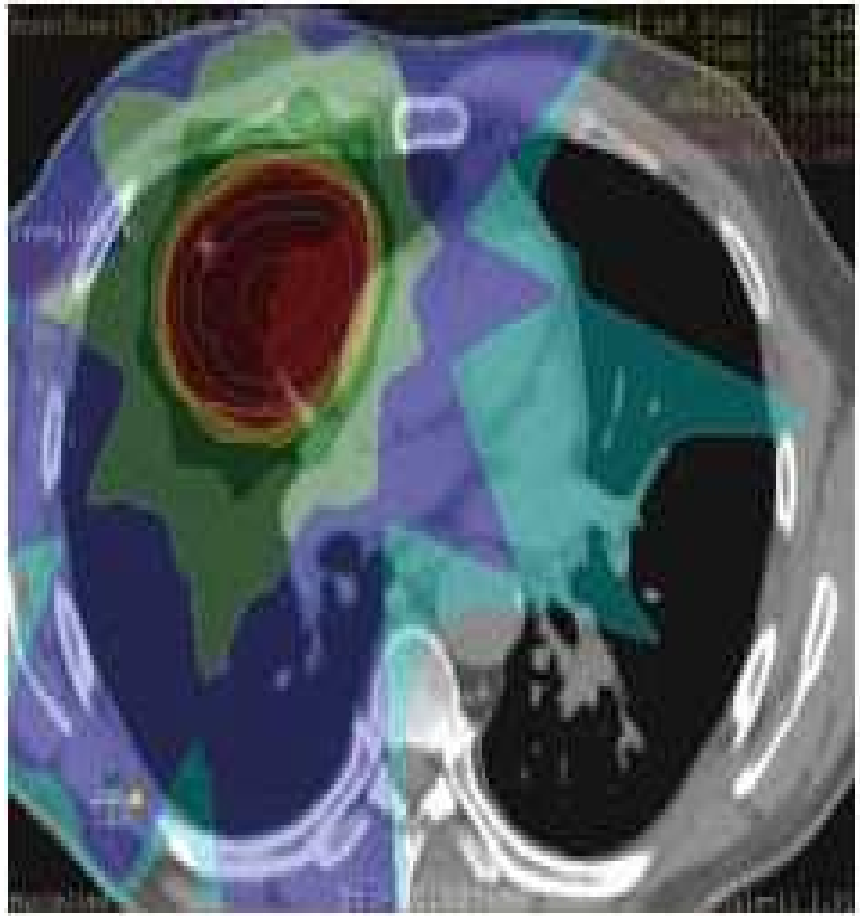
Nowotwory płuc

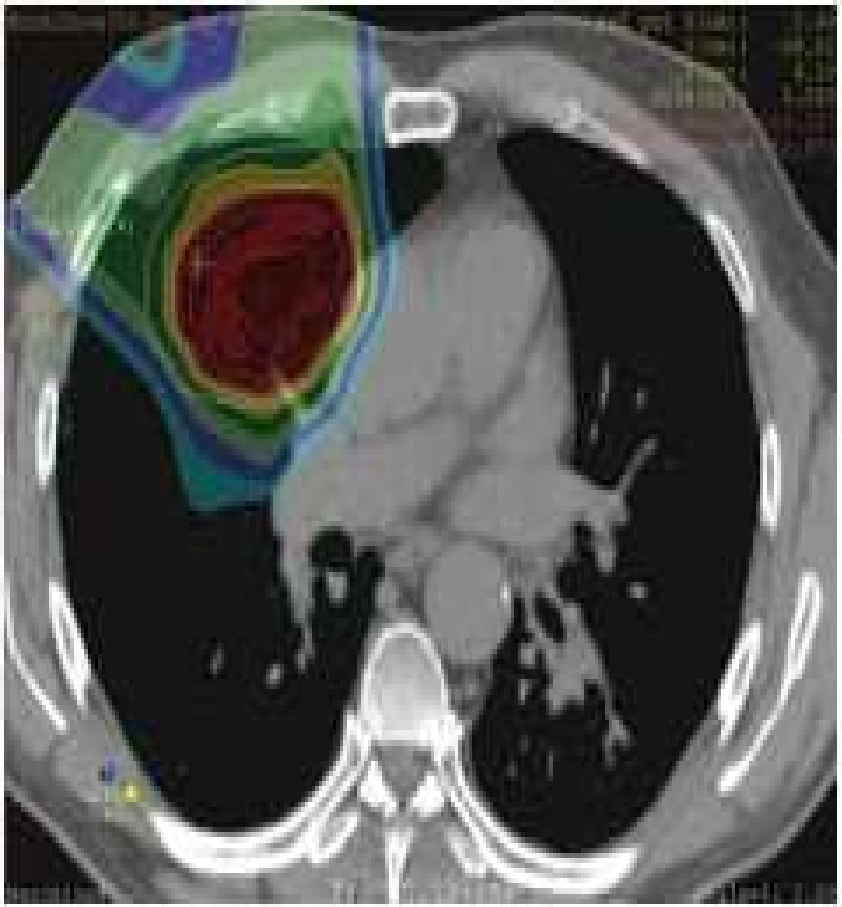


Nowotwory płuc



Nowotwory płuc

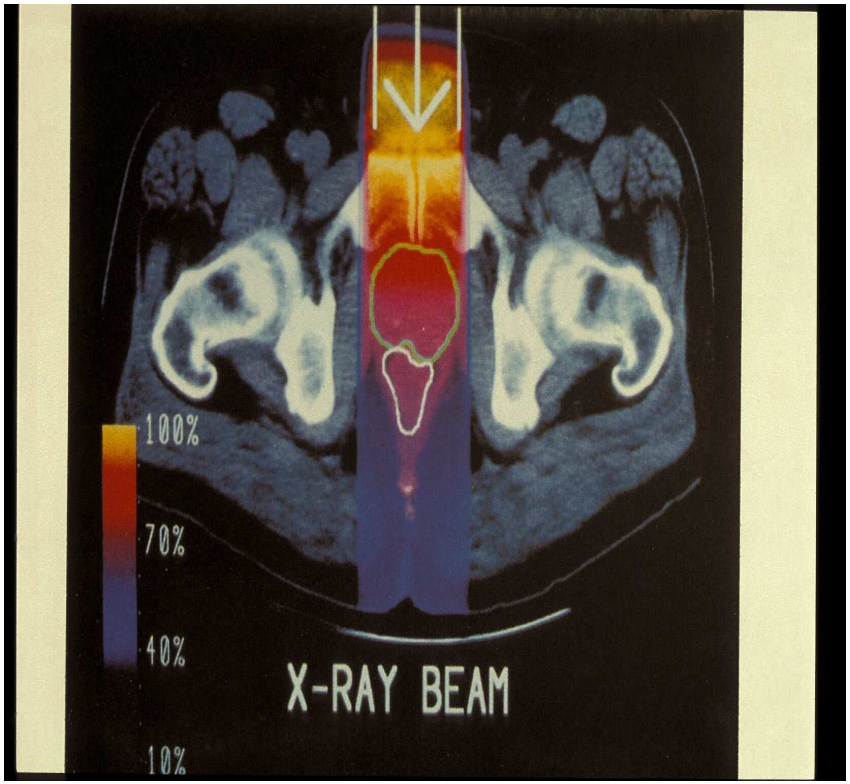


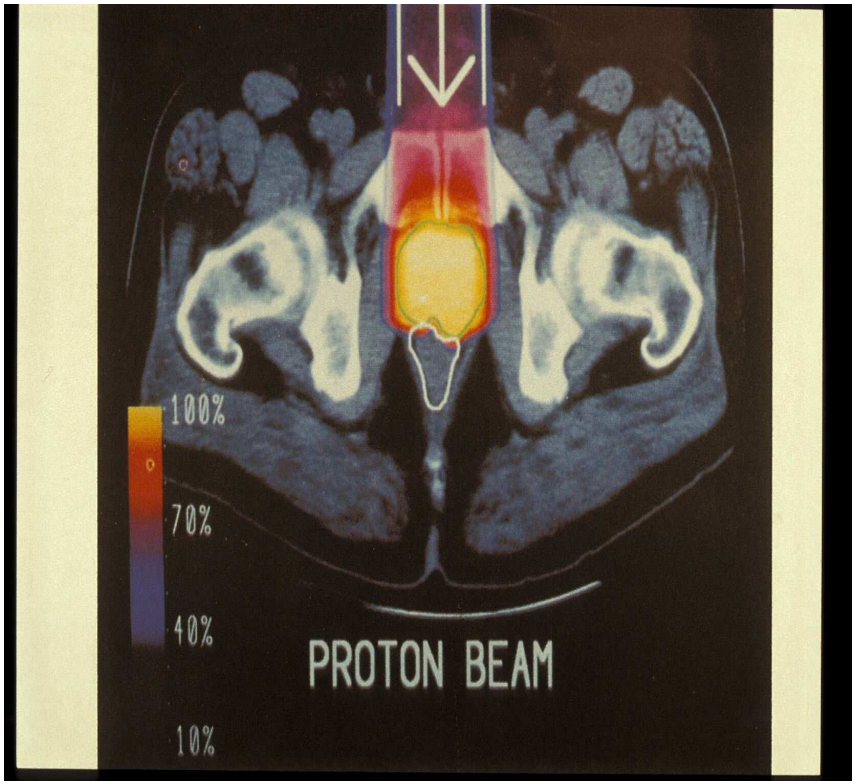


Nowotwory prostaty

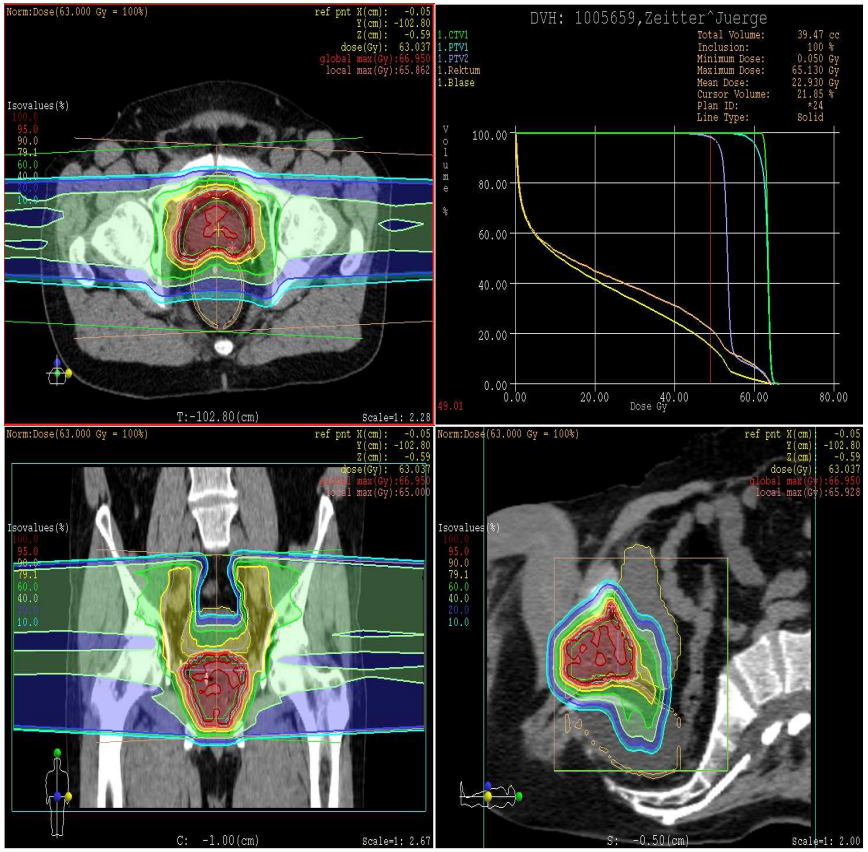
- Stosowane w Centrum RPTC skanowanie wiązką protonową idealnie skupia dawkę promieniowania na obszarze docelowym naświetlania, czyli na prostacie. W porównaniu z metodą radioterapii przy pomocy konwencjonalnego promieniowania jonizującego „X”, skanowanie prostaty protonami zmniejsza ilość promieniowania, które dociera do zdrowej tkanki, o 67-80%. Skanowanie wiązką protonową zastosowane jako metoda pojedyncza (tzw. monoterapia) pozwala na osiągnięcie takiego samego lub lepszego efektu leczniczego jak w przypadku połączenia radioterapii „X”
- z brachyterapią HDR.

Nowotwory prostaty

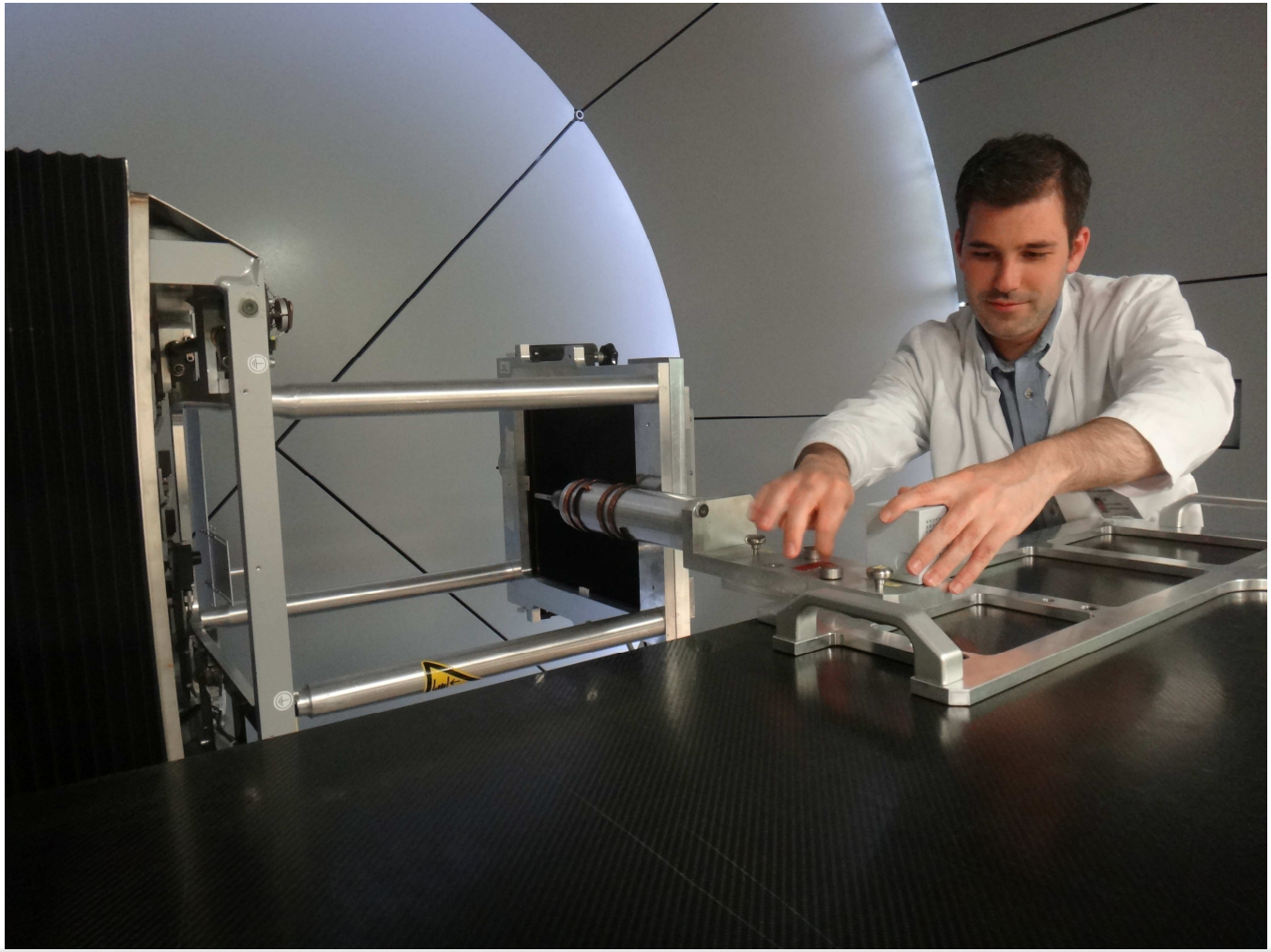




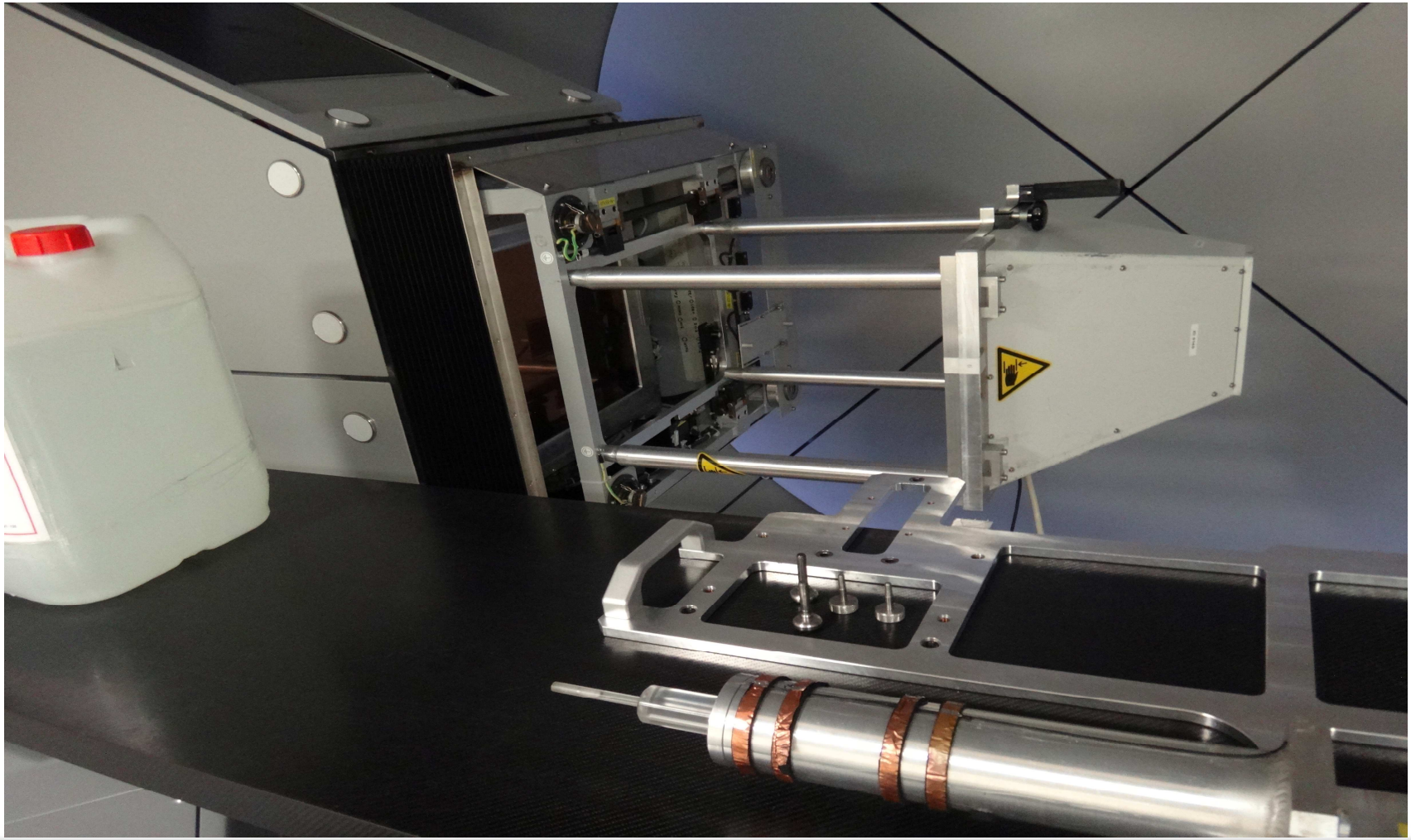
Nowotwory prostaty



Kontrola ogniska wiązki protonów



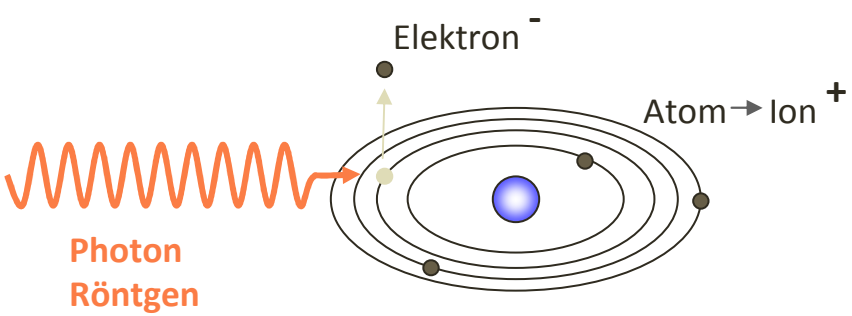
Kontrola zasięgu wiązki protonów

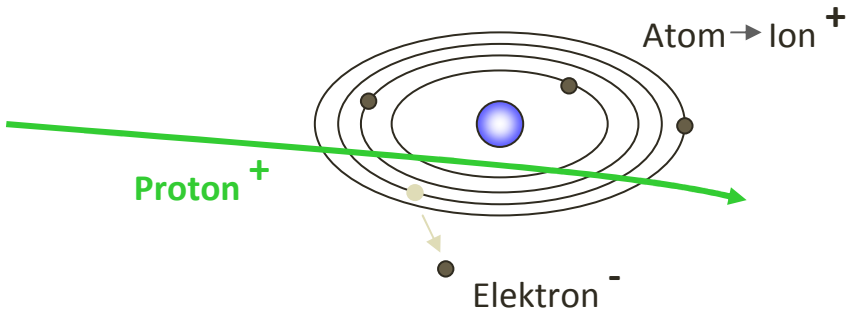


Moulage

ODDZIAŁYWANIE FOTONÓW I PROTONÓW NA KOMÓRKĘ

PHYSIKALISCHER EFFEKT





ALTERNATIV

BIOLOGISCHER EFFEKT

Radikalbildung
in der Zellflüssigkeit

$$H_2O \xrightarrow[\text{Proton}]{\text{Photon}} H_2O^+ + e^-$$

$$H_2O^+ \longrightarrow H^+ + OH$$

$$e^- + H_2O \longrightarrow H + OH^-$$

Schädigung der DNS

Biologische Wirkung
auf alle Zellen

IDENTISCH

Prace naukowe porównawcze

Randomized Trial Comparing Conventional-Dose With High-Dose Conformal Radiation Therapy in Early-Stage Adenocarcinoma of the Prostate: Long-Term Results From Proton Radiation Oncology Group/American College of Radiology 95-09

Anthony L. Zietman, Kyounghwa Bae, Jerry D. Slater, William U. Shipley, Jason A. Efstathiou, John J. Coen, David A. Bush, Margie Lunt, Daphna Y. Spiegel, Rafi Skowronski, B. Rodney Jabola, and Carl J. Rossi

Zweiarmige randomisierte Studie mit unterschiedlichen Gesamtdosen

393 Patienten mit Low- und Intermediate Risk Karzinome PSA < 15 ng/ml,T1a bis T2b

Arm A: 50,4 Gy mit Photonen und 19,8 Gy Boost mit Protonen → 70,2 Gy

Arm B: 50,4 Gy mit Photonen und 28,8 Gy Boost mit Protonen → 79,2 Gy

Prace naukowe porównawcze

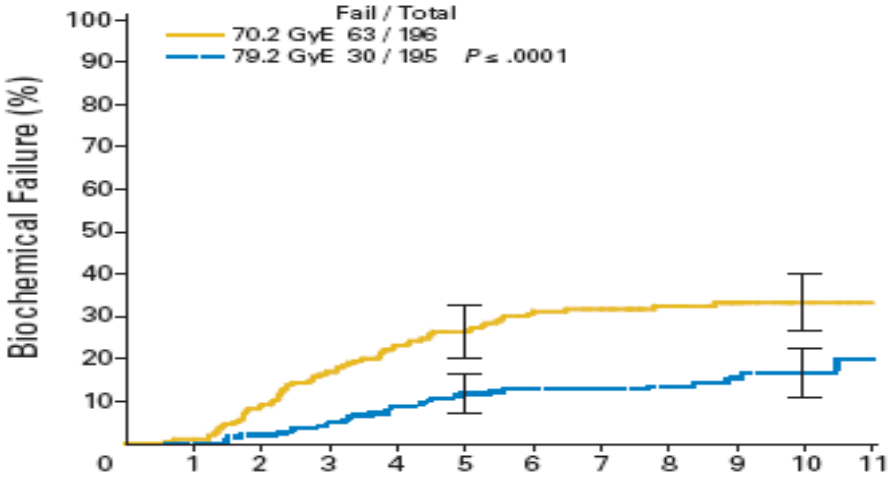


Table 2. Acute and Late GU and GI Toxicity

	Assigned Dose																
	70.2 GyE (n = 196)								79.2 GyE (n = 195)								
	Grade 1		Grade 2		Grade 3		Grade 4		Grade 1		Grade 2		Grade 3		Grade 4		
Toxicity	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	*P*
Acute																	
GU	72	37	100	51	5	3	0	0	56	29	117	60	4	2	1	1	.0745
GI	76	39	87*	44	2	1	0	0	50	26	123*	63	2	1	0	0	.0006*
Late																	
GU	82	42	44	22	4	2	0	0	88	45	52	27	3	2	0	0	.7934
GI	68	35	25	13	0	0	0	0	79	41	46	24	2	1	0	0	.0895

Abbreviations: GU, genitourinary; GyE, Gray equivalents.
*Testing grade 1 versus others using χ^2 test.

Prace naukowe porównawcze

EARLY OUTCOMES FROM THREE PROSPECTIVE TRIALS OF IMAGE-GUIDED PROTON THERAPY FOR PROSTATE CANCER

NANCY P. MENDENHALL, M.D.,* ZUOFENG LI, D.SC.,* BRADFORD S. HOPPE, M.D.,* ROBERT B. MARCUS, JR., M.D.,* WILLIAM M. MENDENHALL, M.D.,* R. CHARLES NICHOLS, M.D.,* CHRISTOPHER G. MORRIS, M.S.,* CHRISTOPHER R. WILLIAMS, M.D.,† JOSEPH COSTA, D.O.,† AND RANDAL HENDERSON, M.D., M.B.A.*

*University of Florida Proton Therapy Institute, Jacksonville, FL; and †Division of Urology, College of Medicine, University of Florida, Jacksonville, FL

Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 82, No. 1, pp. 213–221, 2012

Prace naukowe porównawcze

Prostate Advanced Radiation Technologies Investigating Quality of Life (PARTIQoL): A Phase III Randomized Clinical Trial of Proton Therapy vs IMRT for Low or Intermediate Risk Prostate Cancer

Efficacy of PBT vs. IMRT
Disease Specific Quality of Life
Cost Effectiveness of PBT vs. IMRT
Radiation Dose and Bowel, Urinary and Erectile Function
Identification and Evaluation Biomarkers of PCa Behavior
Long Term Survival

Prace naukowe porównawcze

- **IPI Studie** (Ion Prostate Irradiation)

- Low- und Intermediate Risk Karzinome
- Arm A: Protonen oder Arm B: Kohlenstoffionen

- Dosis: 20 x 3,3 Gy → 66,0 Gy

- Randomisierte Studie mit 92 Patienten

- Studienziele:
- Toxizität

Prace naukowe porównawcze

- **PROLOG-Studie** (Prostatalogenbestrahlung mittels Protonen nach Prostatektomie)

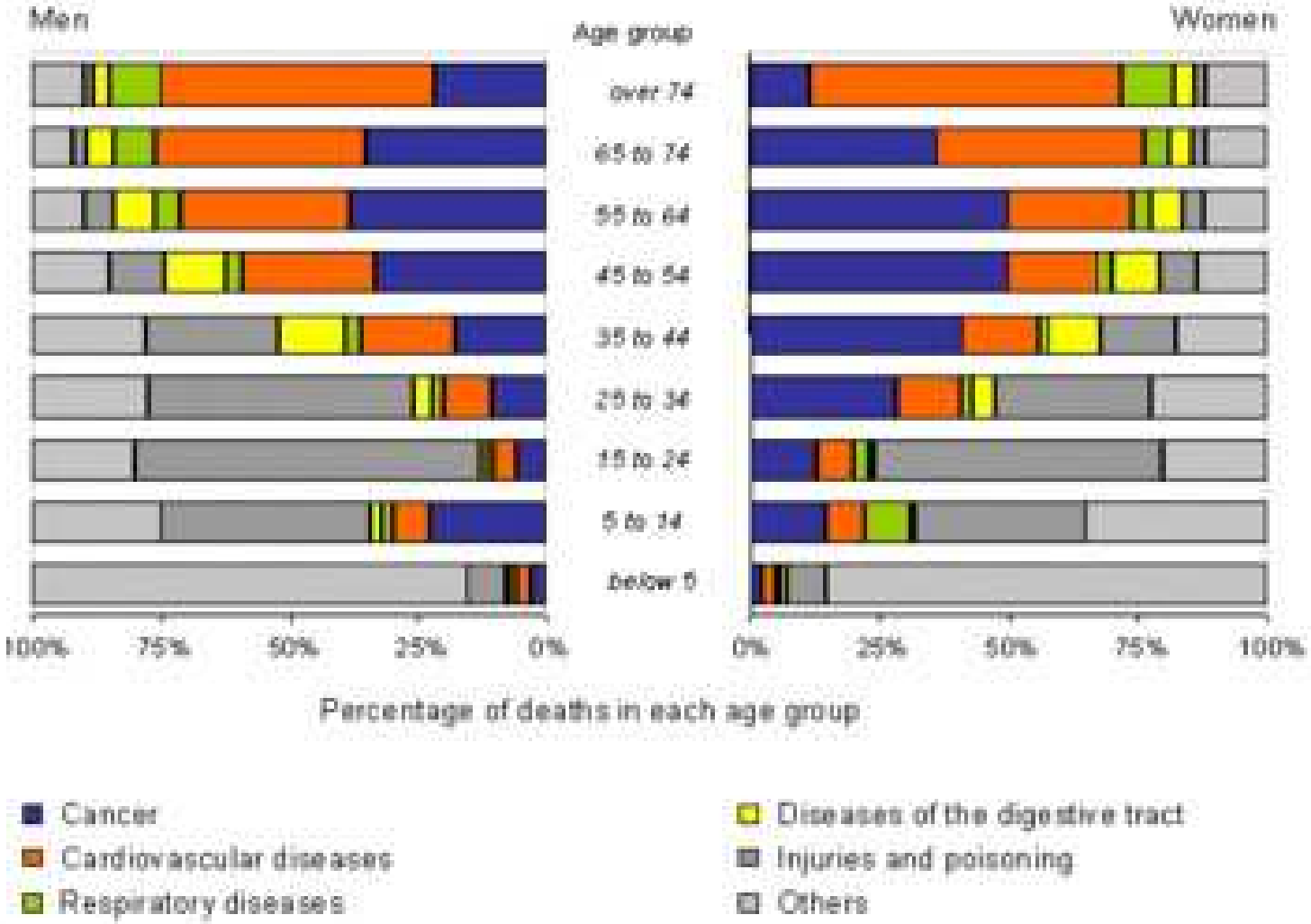
- Bestrahlung der Prostataloge mit 18 x 3 Gy → 54 Gy

- Die PROLOG-Studie ist eine monozentrische prospektive Phase-II-Studie mit dem Ziel der **Evaluierung der Sicherheit und Durchführbarkeit eines hypofraktionierten Bestrahlungsansatzes** mittels bildgeführter Protonen-therapie bei Patienten mit einem **hohen Risiko für ein Lokalrezidiv nach Prostatektomie**

Prace naukowe porównawcze

- A Phase III **Prospective Randomized Trial of Standard-fractionation vs. Hypo-fractionation** with Proton Radiation Therapy for Low Risk Adenocarcinoma of the Prostate
- Arm A:
- 44 x 1,8 GyE → 79, 2 GyE
- Arm B:
- 5 x 7,6 GyE → 38,0 GyE

- Studienziele:
- PSA-Kontrollraten nach 5 Jahren
- Toxizität


Men
Age group
Women
over 74
65 to 74
55 to 64
45 to 54
35 to 44
25 to 34
15 to 24
5 to 14
below 5
100%
75%
50%
25%
0%
0%
25%
50%
75%
100%
Percentage of deaths in each age group
Cancer
Cardiovascular diseases
Respiratory diseases
Diseases of the digestive tract
Injuries and poisoning
Others

FACIT

- szybki rozwój Teleterapii skłania pacjentów do wyboru alternatywnych niż dotychczasowe metod leczenia. Protonoterapia wykazała swoją przewagę nad dotychczasowymi metodami dzięki redukcji objawów ubocznych.

- ocena skuteczności ze sobą metod radioterapii **(IMRT, Cyberknife , terapii protonami, terapii ciężkimi jonami, Brachyterapii HDR, Brachyterapii LDR)** będzie możliwa na bazie prospektywnych i randomizowanych prac naukowych, których przeprowadzanie w onkologii nie jest proste.

- Oczekuje się, ze w miarę rozwoju i upraszczania wymogów technicznych i personalnych koszty stosowania protonoterapii pozwolą ją stosować u wszystkich pacjentów.

Dziękuję za uwagę