

Prostata VMAT-Bestrahlung: 6 MV oder 15 MV??

Knut Merla

Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt

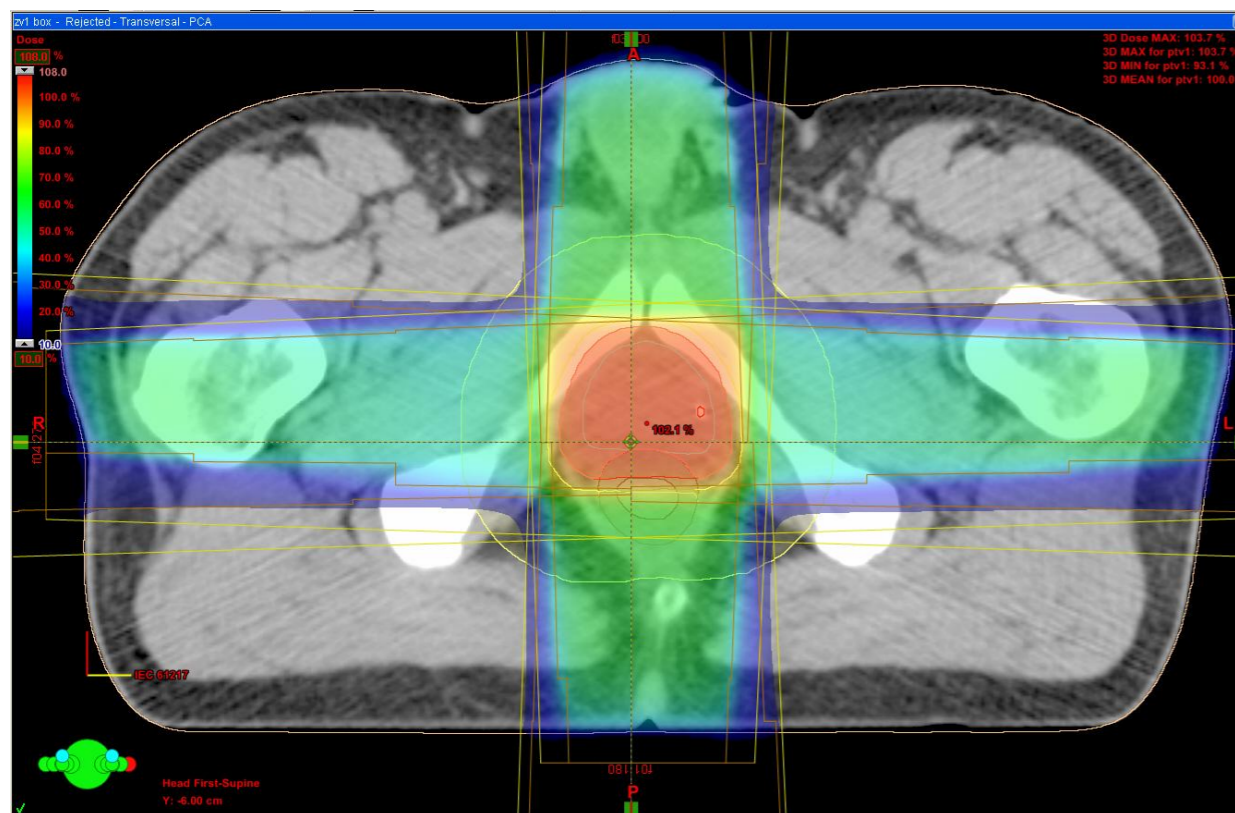
Abt. Strahlentherapie / Zentraler Klinikservice

knut.merla@khdf.de

3D konformale Techniken

4-Felder Box

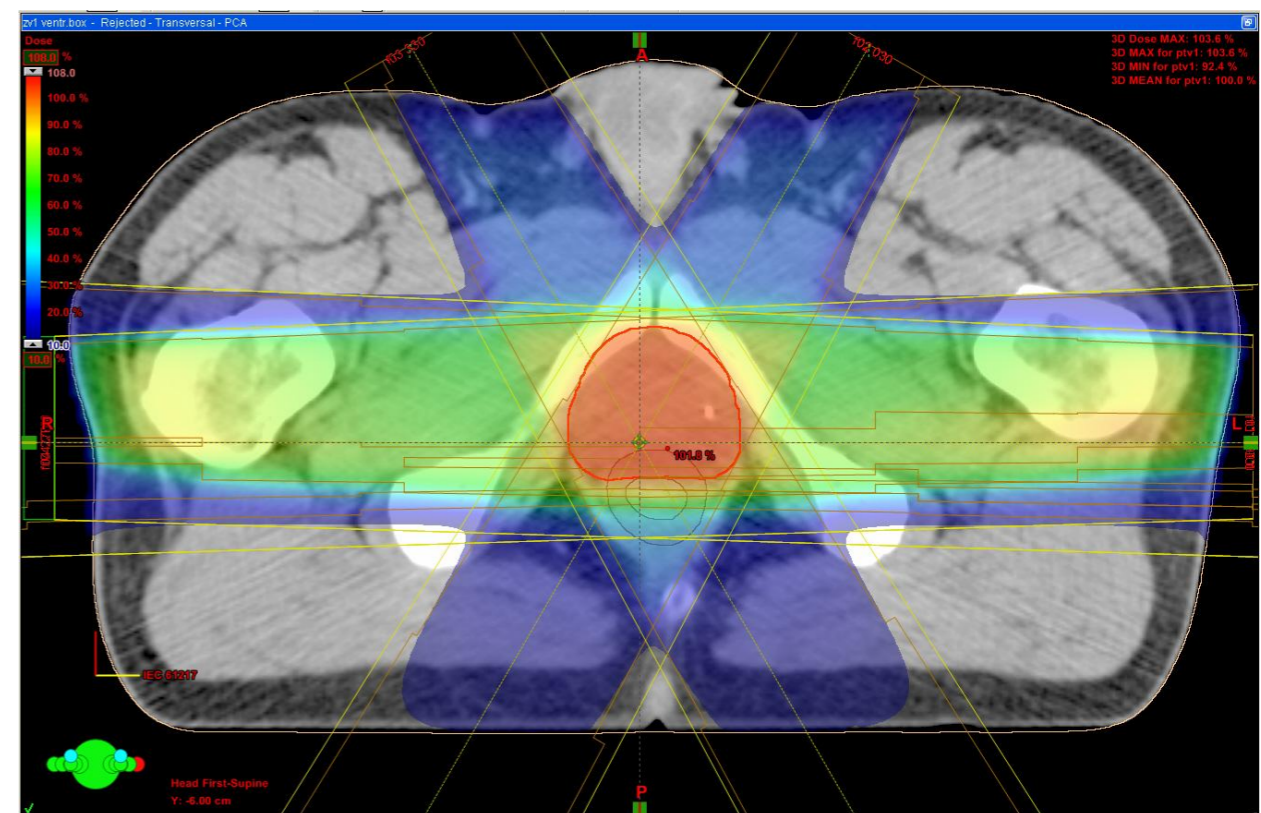
1998 ... 2001



15 MV: 272 MU

gewinkelte ventrale Felder

2001 ... 2007



15 MV: 334 MU

Historie

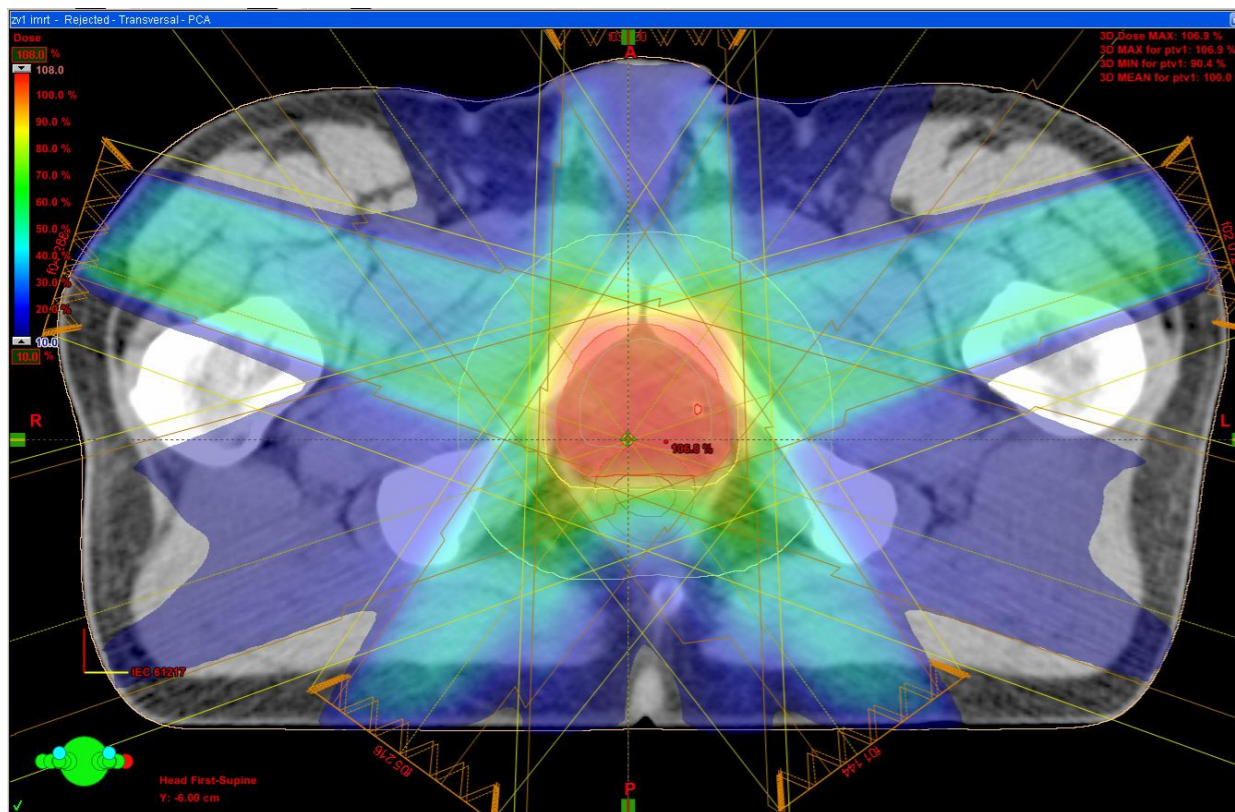
invers geplante Techniken

IMRT

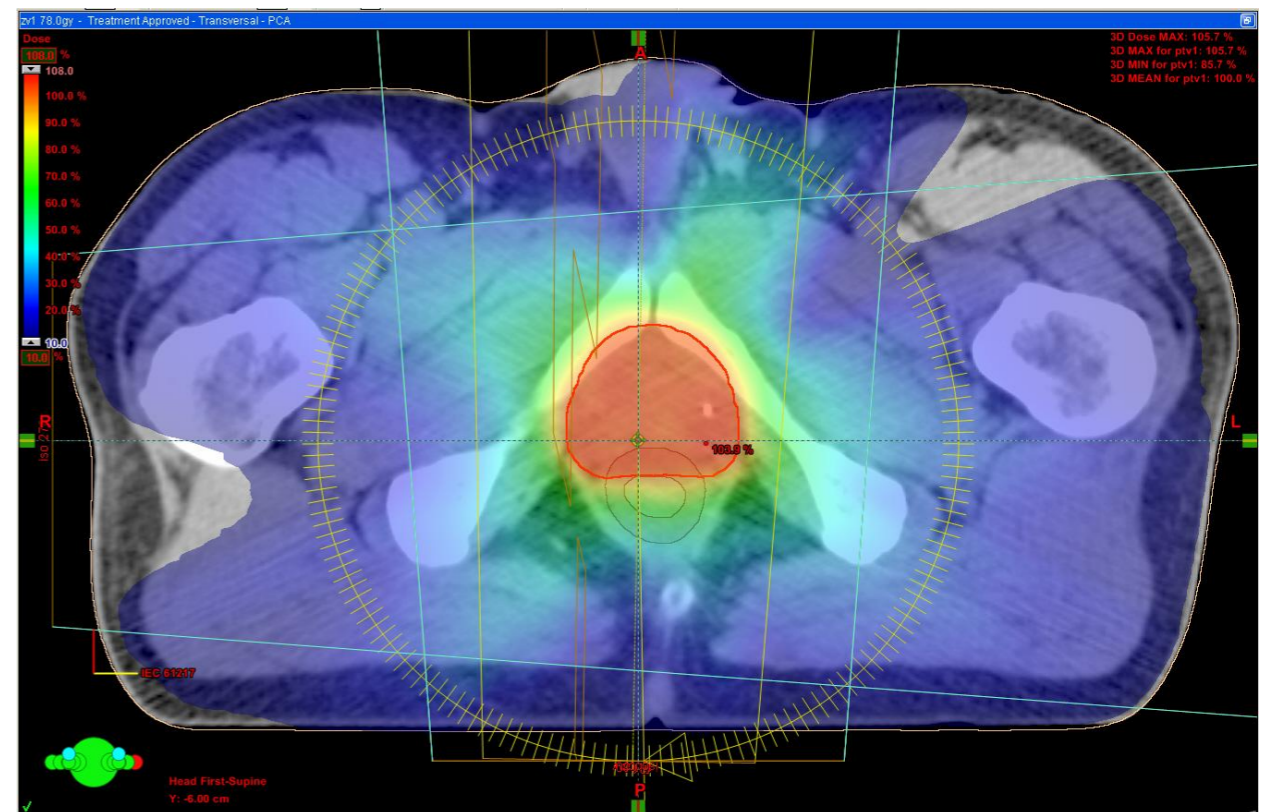
ab September 2007

VMAT (RapidArc 15MV)

ab Oktober 2010



15 MV: 712 MU



15 MV: 475 MU

Vorteile der inversen Techniken

- **Konformalere Bestrahlung**
 - **steilere Gradienten im Hochdosisbereich**
 - **bessere Schonung der Risikoorgane**
 - **einfache Implementierung integrierter Boostvolumina**
 - **verkürzte Bestrahlungszeiten**
 - (höherer Patientendurchsatz)
 - **verringerte intrafraktionelle Lagerungsabweichungen**
 - **Möglichkeiten zur Verringerung der Margins**
- **Möglichkeit zur Dosisescalation oder Reduktion von Nebenwirkungen**

Nachteile der inversen Techniken

- (ggf. mehr Feldrandrezidive)
 - **wesentliche Ausweitung des Niedrigdosisbereiches**
 - **signifikante Erhöhung der Anzahl MU**
 - **deutliche Zunahme der Strahlenexposition des Patienten in Bereichen entfernt vom PTV durch mehr Leck- und Streustrahlung**
- **Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Sekundärmalignomen !?!?**



Strahlenschutzkommission

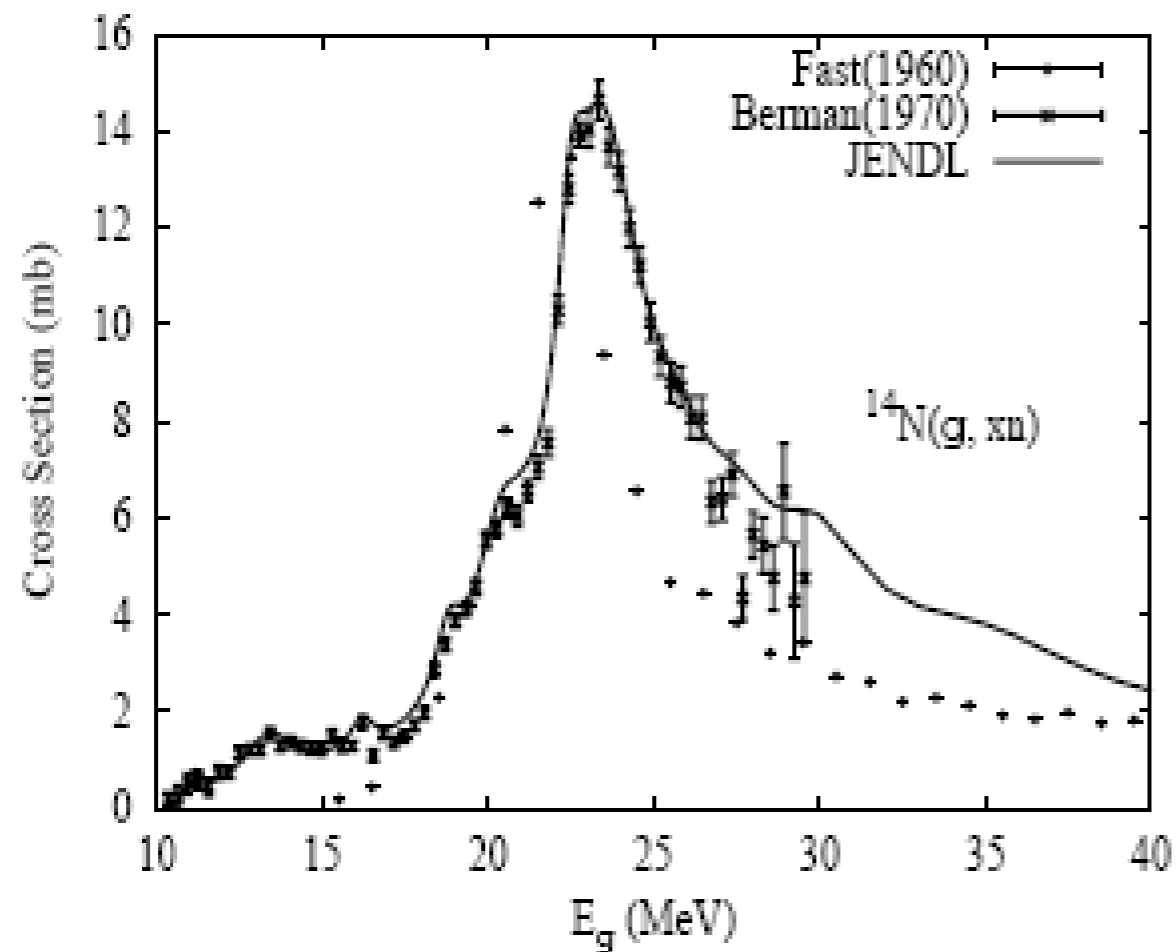
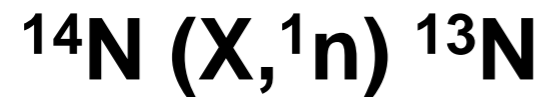
Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

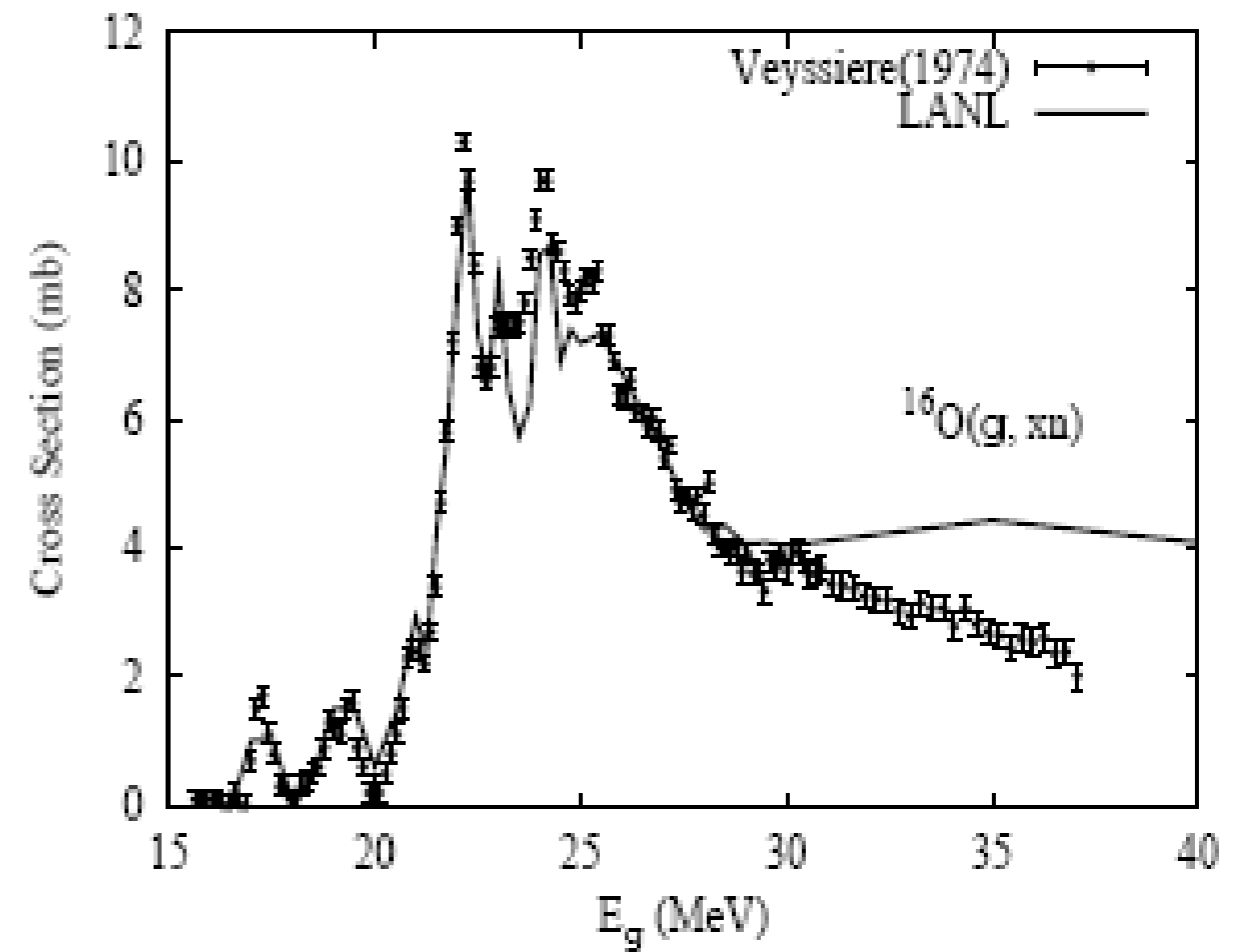
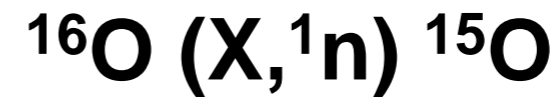
Bei identischer Bestrahlungstechnik wurde wegen der Neutronenkontamination das Sekundärtumorrisiko für eine IMRT mit 15 bis 18 MV gegenüber einer IMRT mit 6 MV als mindestens doppelt so hoch abgeschätzt (Followill et al. 1997; Hall und Wuu 2003; Hall 2006). Eine konventionelle 3D-Technik mit 18 MV wurde bezüglich des Sekundärtumorrisikos ähnlich einer IMRT mit 6 MV beurteilt (Ruben et al. 2008). Neuere Messungen (Becker et al. 2008) und Monte-Carlo-Simulationen (Kry et al. 2009) ergeben niedrigere Neutronendosen. Berücksichtigt man dies bei der Risikoabschätzung, so ergeben sich daraus zwar im Vergleich zu den früheren Abschätzungen geringere, aber dennoch erhöhte Risiken bei höheren Energien. Trotzdem sollte, da – wie eingangs ausgeführt – bezüglich der erzielbaren Planqualität bei typischen hochmodulierten IMRT-Techniken mit mehreren Einstrahlrichtungen nur ein geringer Vorteil durch Energien > 10 MV zu erzielen ist, vor dem Hintergrund dieser Unsicherheiten bei der Risikoabschätzung auf deren Verwendung im Rahmen der IMRT möglichst verzichtet werden.

Aktivierung der Luft

- verantwortliche Reaktionen



$$E_{\text{thr}} = 10,55 \text{ MeV}$$



$$E_{\text{thr}} = 15,66 \text{ MeV}$$

**Sollte man
RapidArc-Bestrahlungen
nur noch mit 6MV
durchführen???**

POINT/COUNTERPOINT

Suggestions for topics suitable for these Point/Counterpoint debates should be addressed to Colin G. Orton, Professor Emeritus, Wayne State University, Detroit: ortonc@comcast.net. Persons participating in Point/Counterpoint discussions are selected for their knowledge and communicative skill. Their positions for or against a proposition may or may not reflect their personal opinions or the positions of their employers.

IMRT should not be administered at photon energies greater than 10 MV

David S. Followill, Ph.D.
University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas 77030
(Tel: 713-745-8989, E-mail: dfollowi@mdanderson.org)

Dr. Fridtjof Nüsslin
Klinik für Strahlentherapie und Radiologische Onkologie, Technische Universität München,
Munich, Germany
(Tel: 49-89-41404517, E-mail: nuesslin@lrz.tum.de)

Colin G. Orton, Ph.D., Moderator

(Received 4 April 2007; accepted for publication 4 April 2007; published 4 May 2007)

Followil

- **SCR proportional Dosis, egal wie klein diese ist**
- **durch hohe Anzahl MU und hohe RBW ist Neutronendosis bedeutender Beitrag zur Äquivalentdosis**
- **obwohl Risikokoeffizienten stark unsicher, ist SCR bei X6 signifikant geringer als bei X18**
- **besonders bedeutsam bei jungen Patienten (< 45a)**
- **X6 als Standard; X>10 nur in Ausnahmen bei sorgfältiger Risiko-Nutzen-Abwägung**

POINT/COUNTERPOINT

Suggestions for topics suitable for these Point/Counterpoint debates should be addressed to Colin G. Orton, Professor Emeritus, Wayne State University, Detroit: ortonc@comcast.net. Persons participating in Point/Counterpoint discussions are selected for their knowledge and communicative skill. Their positions for or against a proposition may or may not reflect their personal opinions or the positions of their employers.



IMRT should not be administered at photon energies greater than 10 MV

David S. Followill, Ph.D.

University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas 77030

(Tel: 713-745-8989, E-mail: dfollowi@mdanderson.org)

Dr. Fridtjof Nüsslin

Klinik für Strahlentherapie und Radiologische Onkologie, Technische Universität München, Munich, Germany

(Tel: 49-89-41404517, E-mail: nuesslin@lrz.tum.de)

Colin G. Orton, Ph.D., Moderator

(Received 4 April 2007; accepted for publication 4 April 2007; published 4 May 2007)

Nüsslin

- **bei X15 höhere Durchdringungsfähigkeit, ausgeprägterer Aufbaueffekt, geringere Hautdosis, steilere Dosisgradienten, bessere Konformalität**
- **SCR-Raten von 2...5% nicht strahlenbiologisch und -epidemiologisch bewiesen (nur 10% der SC durch RT induziert)**
- **X15 generell zu bevorzugen im Thorax- und Pelvisbereich**
- **selbst bei HNO, falls steiler Gradient zu OAR erforderlich; Reduktion der Hautdosis um 20%**

(Leckstrahlung bei Cyberknife 4..5 mal höher als bei X15-IMRT)



ELSEVIER

doi:10.1016/j.ijrobp.2009.01.051

BIOLOGY CONTRIBUTION

**EFFECT OF INTENSITY-MODULATED PELVIC RADIOTHERAPY ON SECOND
CANCER RISK IN THE POSTOPERATIVE TREATMENT OF ENDOMETRIAL AND
CERVICAL CANCER**

DANIEL R. ZWAHLEN, M.D.,*[†] JEREMY D. RUBEN, F.C.RAD.ONC., F.R.A.N.Z.C.R.,*
PHILLIP JONES, B.APP.SCI.,* FRANK GAGLIARDI, M.SC.,* JEREMY L. MILLAR, F.R.A.N.Z.C.R.,*
AND UWE SCHNEIDER, PH.D.[‡]

*Radiation Oncology, Alfred Hospital and Monash University, Melbourne, Australia; [†]Department of Radiation Oncology, University
Hospital Zurich; and [‡]Division of Medical Physics, Department of Radiation Oncology and Nuclear Medicine, Triemli Hospital,
Zurich and Vetsuisse Faculty, University of Zurich, Zurich, Switzerland



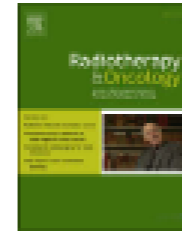
- Dosisberechnung für X6 und X18 in PTV-Nähe mit PBC
- Streuung und Neutronendosis außerhalb CT durch „homogenes Bad“ simuliert
- Abschätzung des Sekundärtumorrisikos (SCR) auf der Basis der Organ-Äquivalentdosen
- SCR für IMRT im Vergleich zu 3DCRT (X6 / X18):

kummulativ + 6% / +26%	OAR im Primärstrahl	+12% / + 5%
Haut +22% / +50%	OAR weit entfernt	ca. 0% / +600%
- 6MV-IMRT ist sichere Alternative zu 3DCRT
18MV-IMRT erhöht SCR durch Neutronen geringfügig

Effect of Photon-Beam Energy on VMAT and IMRT Treatment Plan Quality and Dosimetric Accuracy for Advanced Prostate Cancer

Marlies Pasler¹, Dietmar Georg², Holger Wirtz¹, Johannes Lutterbach¹

- retrospektive Studie mit 10 Patienten mit PCa+LAW
 - Vergleich 6 MV / 10 MV / 15 MV
 - Auswertung HI, CI, D_{mean}
 - geringfügig größeres Niedrigdosisgebiet bei 6 MV
($D_{\text{mean}}(\text{Body}) = 16,5\text{Gy} / 15,9\text{Gy} / 15,7\text{Gy}$)
 - kein Vorteil von 15 MV gegenüber 6MV und 10 MV
- 10MV werden generell für alle RapidArc-Anwendungen empfohlen



Secondary malignancy

Monte Carlo study shows no significant difference in second cancer risk between 6- and 18-MV intensity-modulated radiation therapy

Stephen F. Kry^{a,*}, Mohammad Salehpour^a, Uwe Titt^a, R. Allen White^b, Marilyn Stovall^a, David Followill^a

^a Department of Radiation Physics, The University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, TX, USA

^b Department of Biostatistics and Applied Math, The University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, TX, USA

- **Monte-Carlo-Berechnungen von Photonen- und Neutronendosen an Positionen von OAR's in einem Alderson-Phantom**
- **parallel Messungen mittels TLD (Photonen) und Goldfolienaktivierung (Neutronen)**
- **SC-Risikokoeffizienten aus BEIR VII report**
- **höhere Dosis/MU bei X18 wird durch geringere erforderliche MU kompensiert**
- **SCR für OAR fernab PTV absolut 1,7% bei X6, 1,8% bei X18**
- **SCR für OAR im Feld bei X18 4% niedriger als bei X6**
- **Unterschiede damit wesentlich geringer als in früheren Arbeiten (40...100%)**

Conclusions: The risk of secondary malignancy associated with high-energy radiation therapy may not be as large as previously reported, and likely should not deter the use of high-energy beams.

The effect of 6 and 15 MV on intensity-modulated radiation therapy prostate cancer treatment: plan evaluation, tumour control probability and normal tissue complication probability analysis, and the theoretical risk of secondary induced malignancies

¹M HUSSEIN, MSc, ¹S ALDRIDGE, MSc, ²T GUERRERO URBANO, PhD, FRCR and ¹A NISBET, PhD

¹Department of Medical Physics and ²Department of Oncology, St Luke's Cancer Centre, Royal Surrey County Hospital NHS Foundation Trust, Guildford, Surrey, UK

- Messung von Organ-Äquivalentdosen im Aldersonphantom mittels TLD (Photonen) und FKSD (Neutronen)
- daraus Berechnung des SCR für ferne OAR mit Risikokoeff. aus ICRP-Report 103

Table 4. Calculated risk of developing a lifetime fatal secondary malignancy by organ site, given both as a percentage and a fraction

Organ	6 MV			15 MV (photon)			p-value	15 MV (corrected for neutron dose)
	Calculated risk (%)	SD	Risk of 1 in	Calculated risk (%)	SD	Risk of 1 in		Calculated risk (%)
Thyroid	0.01	0.002	10134	0.003	0.0003	34393	0.020	0.01
Lungs	0.14	0.019	701	0.07	0.01	1422	0.029	0.13
Oesophagus	0.05	0.008	2049	0.02	0.004	4305	0.035	0.06
Stomach	0.53	0.071	188	0.27	0.04	365	0.076	0.40
Liver	0.09	0.009	1131	0.04	0.01	2296	0.039	0.06
Colon	1.25	0.097	80	0.54	0.06	187	0.006	0.63
Skin	0.004	0.003	24651	0.003	0.01	36862	<0.001	0.10
Gonads	0.08	0.004	1253	0.03	0.003	3546	0.001	0.10
Leukaemia	0.25	0.06	394	0.18	0.10	566	0.151	0.18
Summe	2,40%			1,16%				1,67%

The effect of 6 and 15 MV on intensity-modulated radiation therapy prostate cancer treatment: plan evaluation, tumour control probability and normal tissue complication probability analysis, and the theoretical risk of secondary induced malignancies

¹M HUSSEIN, MSc, ¹S ALDRIDGE, MSc, ²T GUERRERO URBANO, PhD, FRCR and ¹A NISBET, PhD

¹Department of Medical Physics and ²Department of Oncology, St Luke's Cancer Centre, Royal Surrey County Hospital NHS Foundation Trust, Guildford, Surrey, UK

- Für Rektum und Blase Auswertung von Dosis-Volumen-Parametern und SCR-Abschätzung mit 3 unterschiedlichen Modellen

Results: There is a small increased theoretical risk of developing a fatal cancer from 6 MV compared with 15 MV, taking into account all the organs. Dose-volume parameters for the rectum and bladder show that 15 MV results in better volume sparing in the regions below 70 Gy

- Aber: Mangel an epidemiolog. Daten bezüglich Zweittumorinzidenz nach IMRT-Bestrahlungen

Conclusion: The choice to treat using IMRT at 15 MV should not be excluded, but should be based on risk versus benefit, considering the age and life expectancy of the patient together with the relative risk of radiation-induced cancer and NTCPs.

eigene Untersuchungen

- für 12 Pläne / 9 Patienten aus der aktuellen Bestrahlung Berechnung alternativer Bestrahlungspläne mit X6:
 - 3 Patienten mit PCa (78Gy)
 - 3 Patienten mit Bestrahlung der Loge (70,2 bzw. 66,6Gy)
 - 1 Patient mit Bestrahlung Prostata+LAW (50,4Gy / 78,0Gy)
 - 2 Patienten mit Bestrahlung Loge+LAW (50,4Gy / 70,2Gy)
- Auswertung mittels versch. Indices für Konformalität bzw. Inhomogenität und DVH-Parameter



➤ Sind X6-Pläne schlechter?

Homogenitätsindex

$$HI(\text{RTOG}) = D_{\max} / D$$

optimal: 1,00

$$HI = D(V5\%) / D(V95\%)$$

*wobei $D(Vx\%)$ die Dosen bedeuten,
die 5% bzw. 95% des PTV erhalten*

optimal: 1,00

	X15	X6
PCa	1,06	1,06
P-Loge	1,07	1,08
m.LAW	1,04	1,05

	X15	X6
PCa	1,06	1,06
P-Loge	1,06	1,06
m.LAW zv1	1,07	1,08
m.LAW zv2	1,05	1,05

Kein signifikanter Unterschied

Konformitätsindex

$$CI(RTOG) = V(D95\%) / V_{PTV}$$

wobei

- $V(D95\%)$ das gesamte, von der 95%-Isodose umschlossene Volumen
- V_{PTV} das PTV-Volumen ist

optimal: 1,00

$$CI(50\%) = V(D50\%) / V_{PTV}$$

wobei

- $V(D50\%)$ das gesamte, von der 50%-Isodose umschlossene Volumen
- V_{PTV} das PTV-Volumen ist

optimal: 1,00

	X15	X6
PCa	1,05	1,04
P-Loge	1,06	1,07
m.LAW zv1	1,58	1,58
m.LAW zv2	1,09	1,07

	X15	X6
PCa	3,33	3,22
P-Loge	3,29	3,50
m.LAW zv1	5,15	5,52
m.LAW zv2	12,49	12,67

Kein signifikanter Unterschied

sonst. Volumen-basierte Indices

Lesion Coverage Factor

$$CVF = V_{PTV}(D95\%) / V_{PTV}$$

wobei

- $V_{PTV}(D95\%)$ das von der 95%-Isodose umschlossene PTV-Volumen
- V_{PTV} das gesamte PTV-Volumen ist

optimal: 1,00

Healthy Tissue Conformity Index

$$HTCI = V_{PTV}(D95\%) / V(D95\%)$$

wobei

- $V_{PTV}(D95\%)$ das von der 95%-Isodose umschlossene PTV-Volumen
- $V(D95\%)$ das gesamte, von der 95%-Isodose umschlossene Volumen ist

optimal: 1,00

	X15	X6
PCa	0,99	0,98
P-Loge	0,98	0,98
m.LAW zv1	1,00	1,00
m.LAW zv2	0,98	0,98

	X15	X6
PCa	0,94	0,94
P-Loge	0,92	0,92
m.LAW zv1	0,60	0,60
m.LAW zv2	0,90	0,89

Bezüglich Homogenität und PTV-Konformalität keine signifikanten Unterschiede zwischen X6 und X15

Rektumbelastung

D_{mean} in Gy

mittlere Dosis in der Rektumwand

optimal: min.

D_{mean}	X15	X6
PCa	40,2	41,4
P-Loge	45,9	46,5
m.LAW	48,7	49,9

$V (D > 47\text{Gy})$ in %

Volumenanteil der Rektumwand, die Dosen größer als 47Gy erhält

maximal zulässig: 53%

$V (D > 47\text{Gy})$	X15	X6
PCa	32,1	34,9
P-Loge	47,3	47,8
m.LAW	50,7	48,6

$V (D > 75\text{Gy})$ in %

Volumenanteil der Rektumwand, die Dosen größer als 75Gy erhält

maximal zulässig: 15%

$V (D > 75\text{Gy})$	X15	X6
PCa	7,9	8,1
P-Loge	0	0
m.LAW	4,4	4,7

X6 zumeist etwas schlechter, aber keine Grenzwertüberschreitungen

Blasenbelastung

D_{mean} in Gy

mittlere Dosis in der Blasenwand

optimal: min.

V (D>47Gy) in %

Volumenanteil der Blasenwand, die Dosen größer als 47Gy erhält

anzustreben: max. 53%

D _{mean}	X15	X6
PCa	27,9	27,9
P-Loge	42,3	42,5
m.LAW	51,0	51,2

V (D>47Gy)	X15	X6
PCa	25,8	25,4
P-Loge	52,7 39,7...66,8	53,0 39,0...67,0
m.LAW	55,7 52,6...61,9	56,1 50,3...64,4

• bei PCa-Bestrahlung beide Energien gleichwertig

• bei Bestrahlung der P-Loge bzw. mit LAW mit X6 etwas höhere Richtwert-
überschreitungen

mögliche Lösungsansätze

ärztliche Forderung: **“bester Plan”!!**

PCA:

- X6 zu X15 gleichwertig; selten Grenzwertprobleme
- **genereller Übergang zu X6**

Prostataloge bzw. Mitbestrahlung der LAW:

- X6 bezüglich PTV-Erfassung gleichwertig (HI, CI)
- häufiger Grenzwertprobleme bei Blasenwand
- 4 mögliche Szenarien:
 - weiterhin X15
 - auch generell Übergang zu X6 (Dosisvorgabe für Blasenwand ist nur Richtwert)
 - Versuch X6, bei Grenzwertproblemen Übergang zu X15
 - **Wahl der Energie in Abhängigkeit des Patientenalters bzw. sonstiger prognostischer Faktoren**

KHDF: <60a: Versuch X6, > 60a: X15



**I think we should invest
in this PSA company.**

Vielen Dank!

Sollte man RapidArc-Bestrahlungen nur noch mit 6MV durchführen???

Vor- und Nachteile von 6 MV gegenüber 15 MV

- keine Neutronenbelastung
- ungünstigere Tiefendosisverteilung
- flacherer Randabfall

