



# IMRT und Patientenbewegung

Anne Richter

**Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie**

Direktor: Prof. Dr. M. Flentje

AK IMRT Neuruppin 27. – 28.03.2008

# Einleitung

---

- Einleitung
- Literatur
  - *Untersuchungen  
zum Einfluss der Patientenbewegung bei IMRT*
  - *Strategien  
zur Berücksichtigung der Patientenbewegung*
- Zusammenfassung

# Überblick Literatur

Seco et al	IMRT Lunge	4D CT, Monte Carlo
Wertz et al	IMRT Prostata	wiederholte CT-Bildgebung
Han et al	IMRT Cervix	
Zhang et al	IMRT, IMPT Prostata	
Kuo et al	IMRT Leber	Fluenzänderung
Suzuki et al	IMRT HNO	Film, EPID
Seco et al	Segment-MU	model-basiert
Maleike et al	IMRT Prostata	model-basiert

# Einfluss der Patientenbewegung

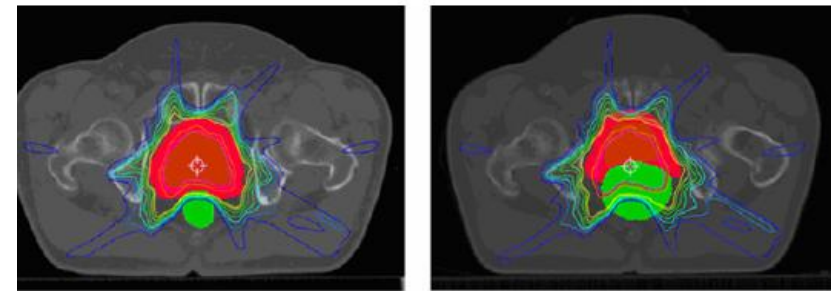
Wertz et al, Han et al, Zhang et al

- Interfraktionelle Bewegung von Prostata und Cervix-Ca Patienten
- wiederholte CT Studien
- Prostata

$$\Delta x = 7.6 \pm 4.2 \text{ mm}$$

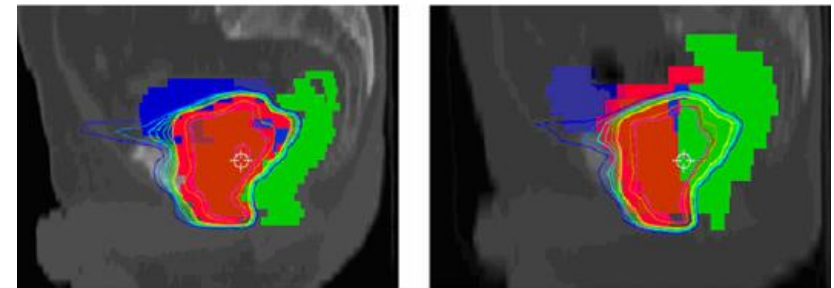
$$\Delta x_{Max} = 14.6 \text{ mm}$$

- Rektumfüllung beeinflusst Prostataposition



(a)

(b)



(d)

(e)

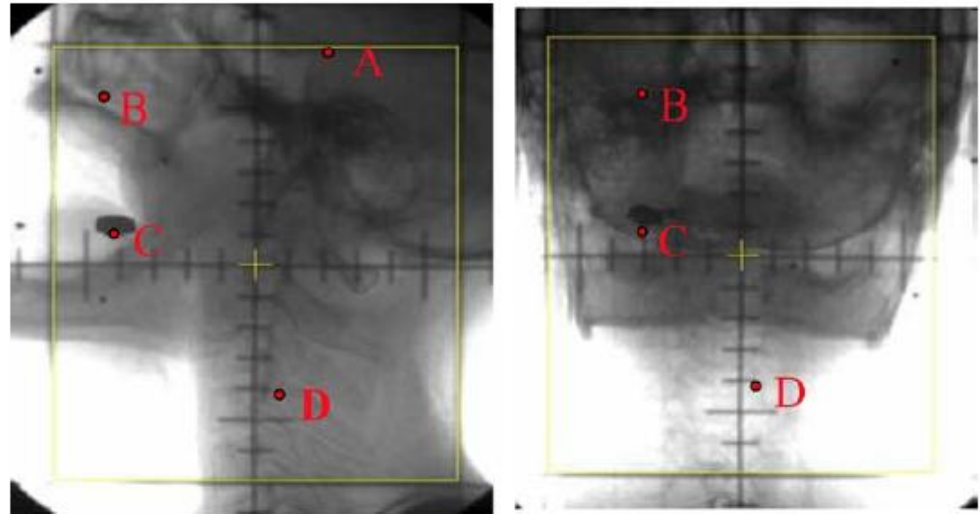
Wertz et al PMB2007

- $\Delta V(\text{Rektum, Dünndarm, Blase}) = 82, 180, 288\text{cm}^3$
- Blasenfüllung kontrollieren, angepasste Margins verwenden  
Bildgestützte Positionskorrektur

# Einfluss der Patientenbewegung

Suzuki et al

- 22 HNO Patienten
- Untersuchung
  - *Setup-Fehler*
  - *Organbewegung*
- Ergebnisse
  - *Setup-Fehler SD 0.7-1.3 mm*
  - *Intrafraktionelle Fehler SD 0.2-0.8mm*
- Margins berechnet nach Stroom1999 und McKenzie2002
  - *PTV margin 2.0-3.6mm → 5mm*
  - *PRV margin 1.6-2.4mm → 3mm*



Suzuki et al Green Journal 2006

# Einfluss der Patientenbewegung

Kuo et al

- 8 Leber-Ca Patienten, IMRT
- Untersuchung
  - Einfluss der Bewegung auf Fluenzänderung
  - Erfassung der Diaphragma Bewegung
- Ergebnisse
  - Fluenzveränderung  $\sim$  max. Bew.-Amplitude
  - Fluenzveränderung  $\sim$  Fluenzgradient



(a)



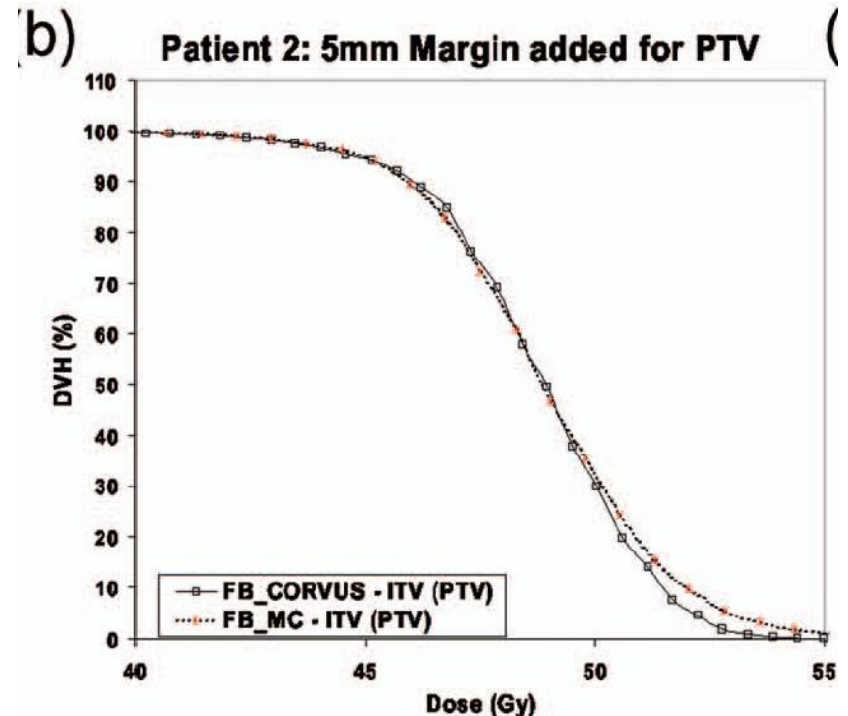
(d)

Kuo PMB 2007

# Einfluss der Patientenbewegung

Seco et al

- 3 Patienten mit Bronchial-Ca
- 3D und 4DCT Studien
- Dosisberechnung
  - *Pencil Beam*
  - *4D Monte Carlo Algorithmen*
- Ergebnisse
  - *Pencil Beam ungenau im Gewebe mit Dichteunterschieden*
  - *Große Dosisunterschiede (3-5%) zwischen 3DCT vs 4DCT*  
→ *besser 4DCT als Planungsgrundlage*

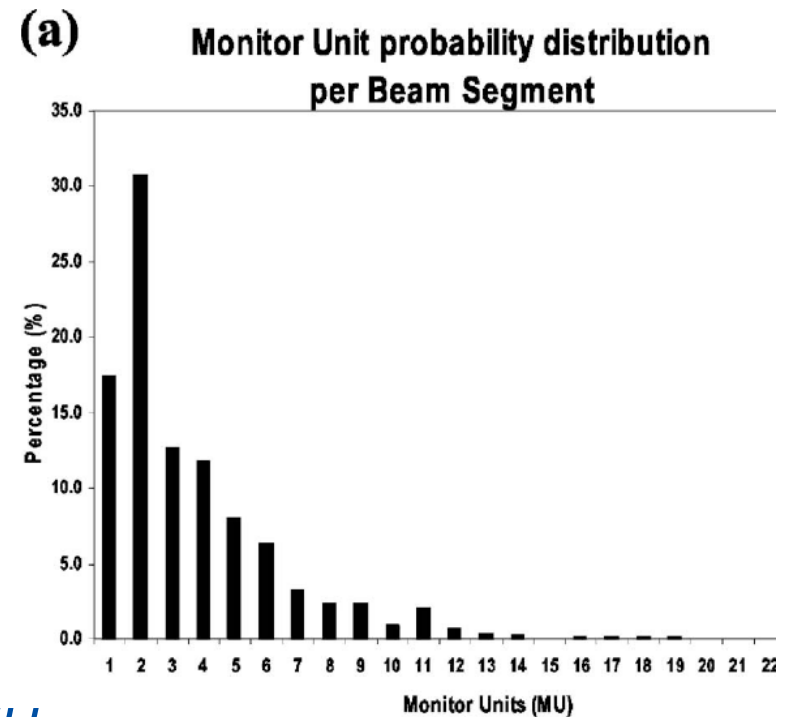


Seco Med. Phys.2008

# Einfluss der Patientenbewegung

Seco et al

- Dosisvariation mit Segment-MU
- Organbewegung modelliert
  - $\sin$ ,  $\sin 4$ ,  $\sin 6$
- Histogramm Segment-MUs
- Ergebnisse
  - Segmente mit weniger als 10-15MU
  - Dosisabweichung von 15-35%
- Segmente mit wenig MUs für bewegliche Zielvolumina vermeiden



Seco Med. Phys.2007



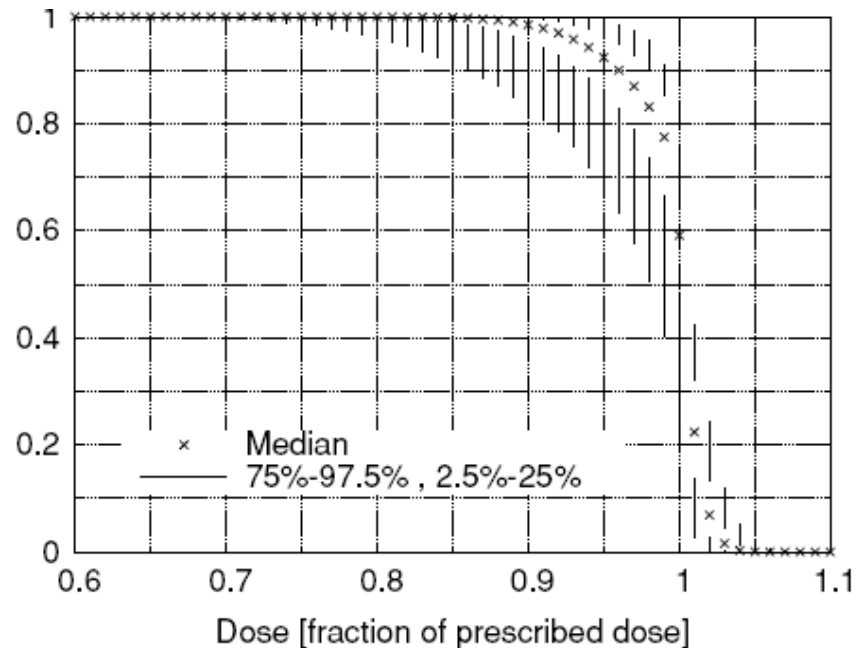
# Überblick Literatur - Strategien

Maleike et al	considering uncertainties for IMRT optimization
Mayo et al	Hybrid IMRT technique

# Strategie

## Maleike et al Planbewertung

- Stochastische Beschreibung der Dosisverteilung
- DVH als Box Plot
- 3 Fehlertypen
  - *Bewegungsamplitude*
  - *Systemat. + zufällige Fehler*
- Voxel bewegt sich in Dosiswolke und akkumuliert Dosis



Maleike et al PMB 2006

## Adaptive IMRT-Planung

- Information zur Variation der Anatomie → modifizierte Zielfunktion

# Strategie

Mayo et al

- Hybrid Technik
- Bronchial und Oesophagus-Ca Patienten
- Vergleich Hybrid, IMRT und 3D Technik

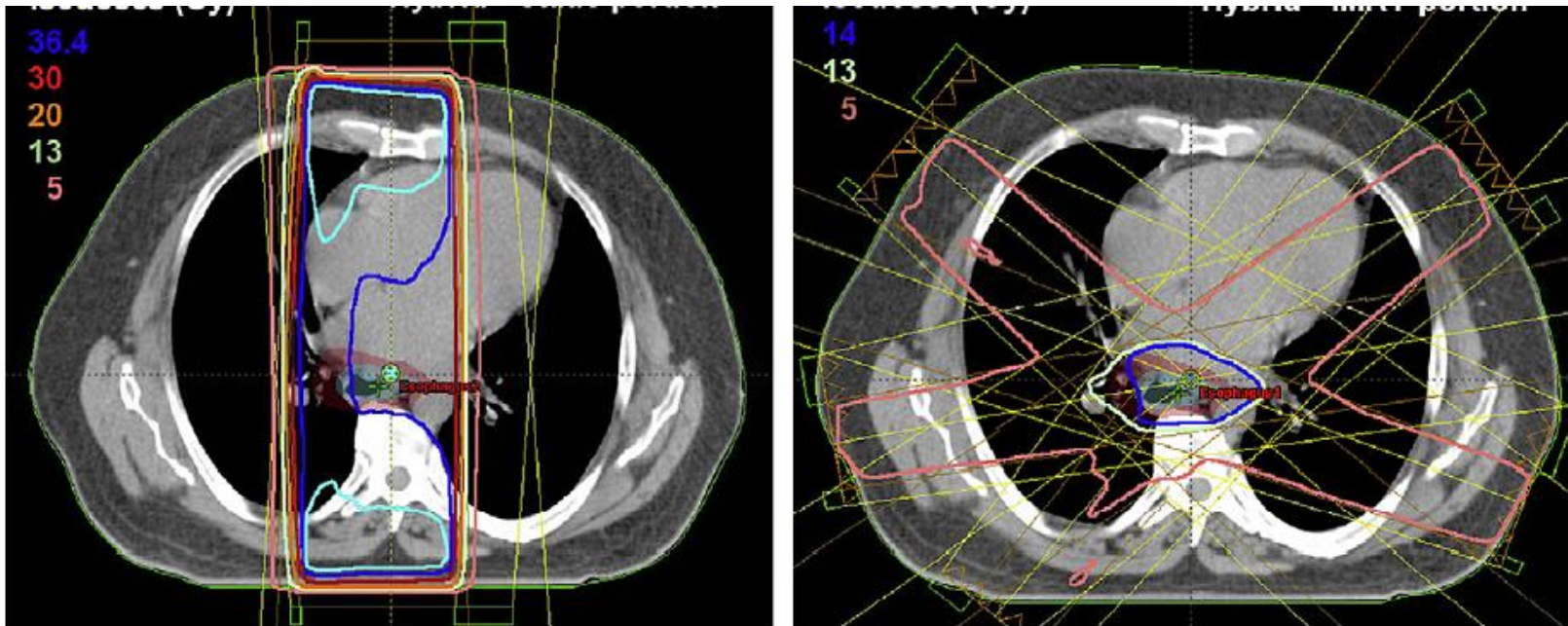


Fig. 1. The static (a) and intensity-modulated radiation therapy (IMRT) (b) portions of a hybrid IMRT plan.

Mayo in Press IJROBP

# Fazit

---

- Einfluss von Blasen- und Rektumfüllung
  - *Angepasste Sicherheitssäume*
- Bewegliche Zielvolumina (Thorax)
  - *Segmente mit wenig MUs vermeiden*
  - *Hybridtechnik*
  - *4D CT als Planungsgrundlage*
- Dosisberechnungsalgorithmus
  - *Monte Carlo*
- Bildgestützte Verifikation der Patientenposition





# Suzuki

- Sp-INTER                      mean of setup errors for one patient
- $\mu_{\text{INTER}}$                       mean of Sp INTER for all patients
- $\Sigma_{\text{INTER}}$                       SD of Sp INTER for all patients
- $\sigma_{\text{p INTER}}$                       SD of setup errors for one patient from fraction to fraction
- $\sigma_{\text{INTER}}$                       RMS of  $\sigma_{\text{p INTER}}$  for all patient
  
- Sp intra                      mean of organ motions during 15 minutes for one patient
- $\mu_{\text{intra}}$                       mean of Sp intra for all patients
- $\Sigma_{\text{intra}}$                       SD of Sp intra for all patients
- $\sigma_{\text{p Intra}}$                       SD of organ motion for one patient from interval to interval
- $\sigma_{\text{Intra}}$                       RMS of  $\sigma_{\text{p Intra}}$  for all patient
  
- $\Sigma_{\text{total}} = \sqrt{\Sigma_{\text{INTER}}^2 + \Sigma_{\text{intra}}^2}$
- $\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sigma_{\text{INTER}}^2 + \sigma_{\text{intra}}^2}$
  
- PTVmargin =  $2 \Sigma_{\text{total}} + 0.7 \sigma_{\text{total}}$
- PRV =  $1.3 \Sigma + 0.5\sigma$

# Seco2007

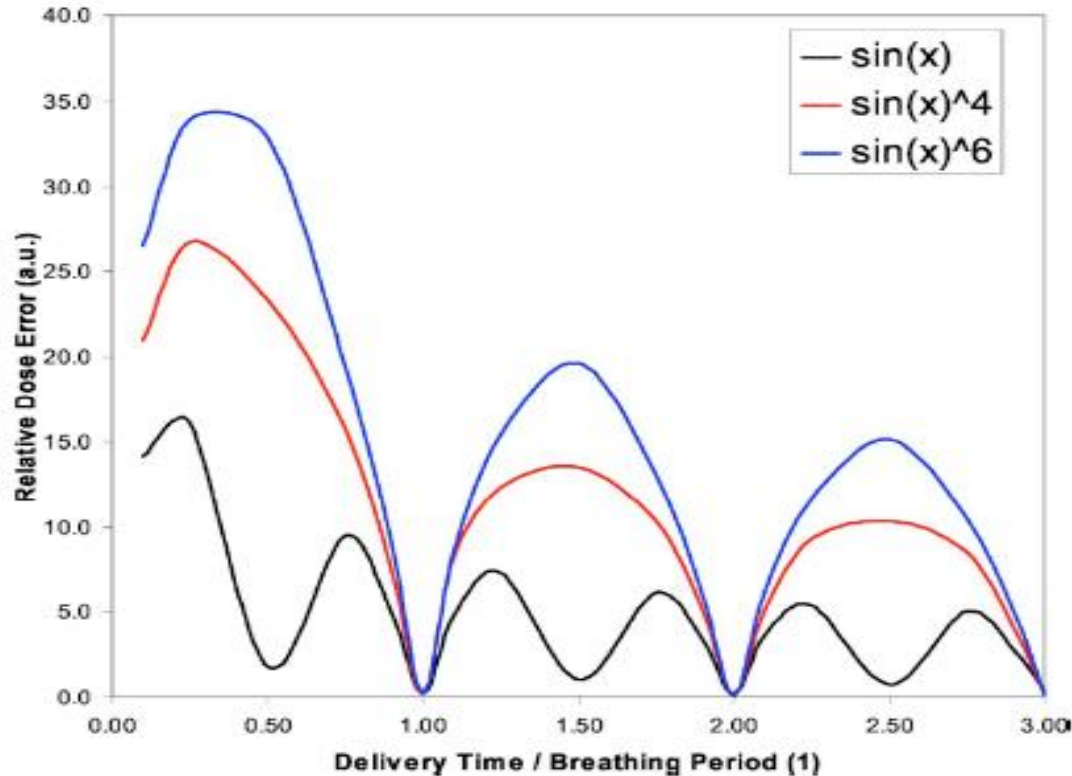


FIG. 8. Standard deviation of the intrafraction dose variation due to organ motion presented for the  $\sin(x)$ ,  $\sin^4(x)$ , and  $\sin^6(x)$  motion, where X axis represent the ratio of delivery time to breathing period (DB). As an example, for breathing period of 4 s and dose rate of 500 MU/min, a DB value of 1 or 0.5 corresponds approximately to 33 or 17 MU intensity per beam segment.



# Mayo in Press

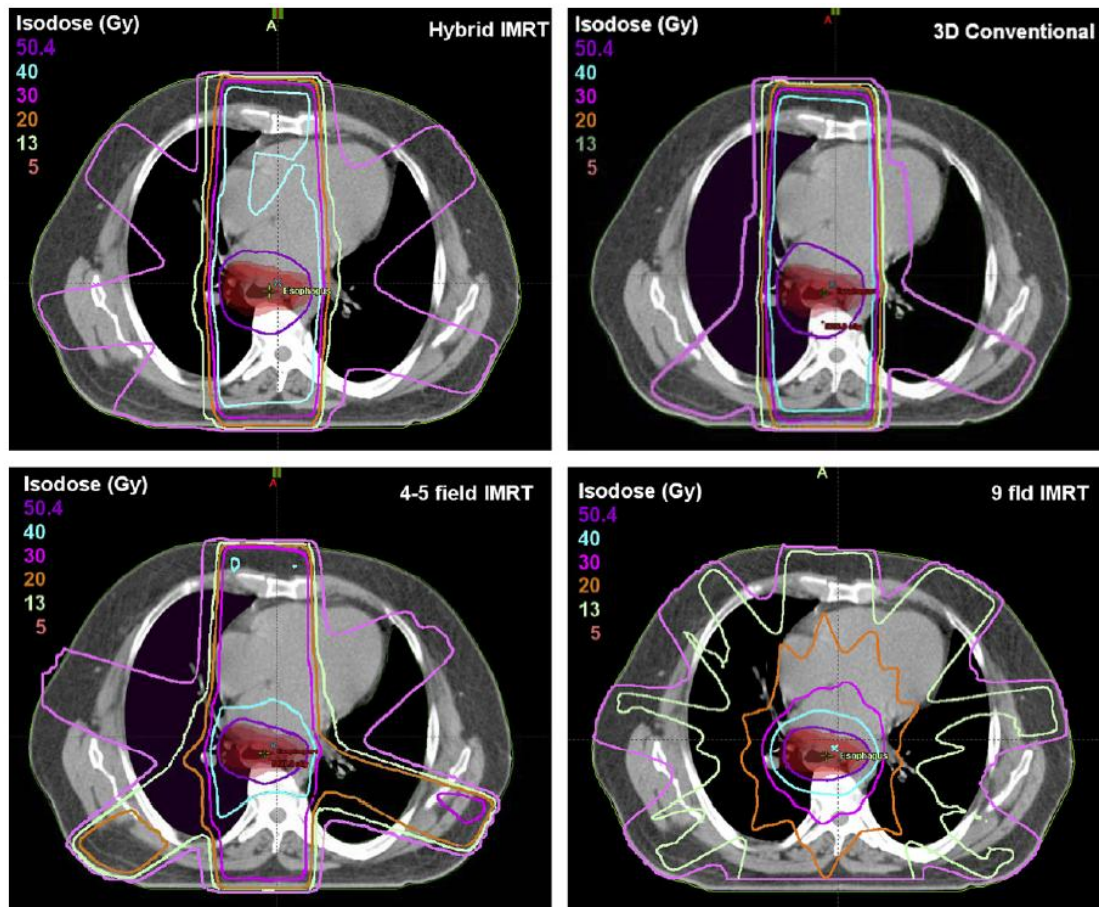


Fig. 2. Isodose distributions from the four planning techniques examined: hybrid intensity-modulated radiation therapy (a), three-dimensional (3D) conformal (b), IMRT with four or five fields (c), and IMRT with nine-fields (d). The hybrid IMRT plan is the sum of the static and IMRT plans illustrated in Fig. 1.