

STEREOTAKTİK VÜCUT RADYOTERAPİSİ

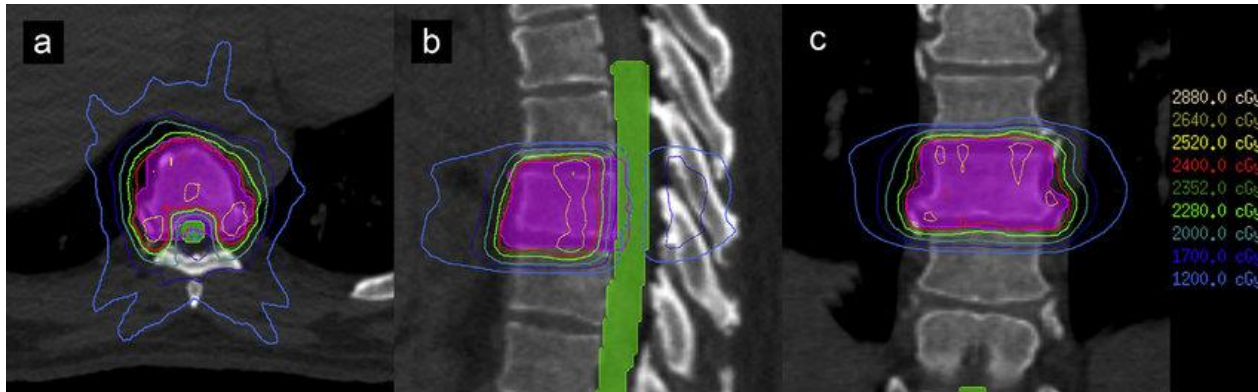
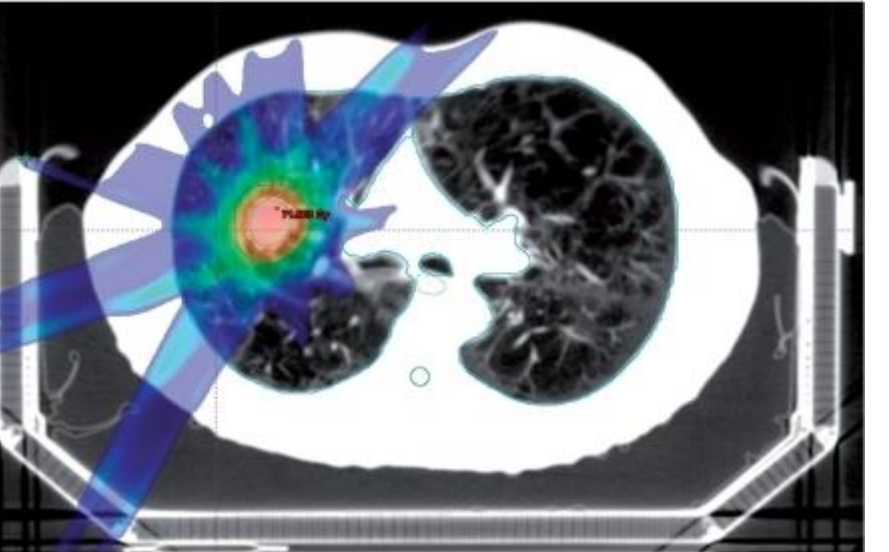
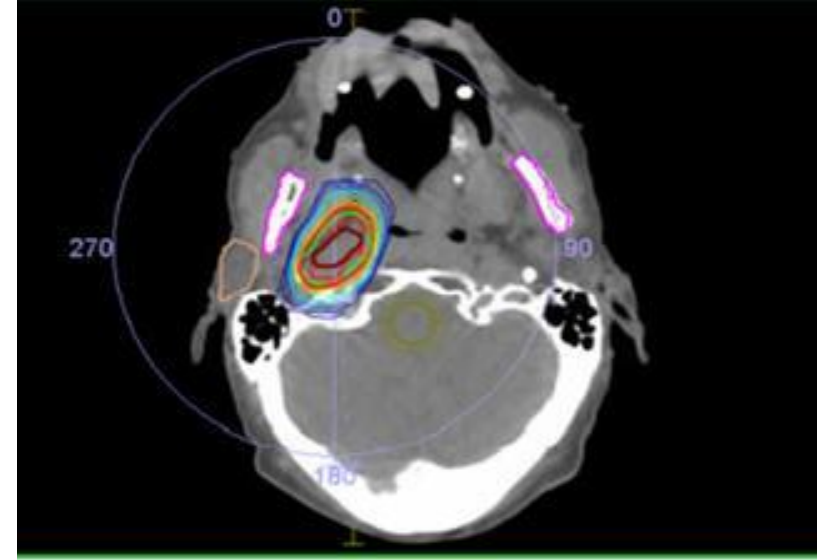
Öğr. Gör. Kerem Duruer

22.03.2019

GİRİŞ

Stereotaktik Vücut Radyoterapisi (SBRT); çok yüksek radyasyon miktarlarının görece olarak küçük tümörlere tek ya da birkaç fraksiyonda, stereotaktik ekipman ve metotlar kullanarak, mutlak bir doğrulukta pozisyonlama ve hedefleme ile verme işlemidir.

SBRT; abdominopelvik, torasik kavite, spinal ve paraspinal kavite bölgeleri boyunca erken evre primer ya da oligometastatik kanserlerin kontrolünde oldukça efektif bir radyoterapi prosedürü olarak da tanımlanabilir.



GİRİŞ

SBRT'yi standart konvansiyonel radyoterapiden ayıran en önemli özellik, yüksek miktardaki dozların birkaç fraksiyonda verilmesi ve bunun sonucu olarak da yüksek biyolojik efektif dozların (BED) oluşmasıdır.

Normal doku toksitesinin minimuma indirilebilmesi için hedefte oluşan yüksek dozun ve hedeften uzaklaşıncı da hızlı bir doz düşüşünün olduğunun doğrulanması gerekir.

Bu sebeplerden dolayı SBRT uygulamalarında tüm tedavi aşamaları boyunca yüksek bir seviyede doğruluktaki güvene ihtiyaç vardır



GİRİŞ



SBRT'de doğruluktaki güven; tedavi simülasyonu ve planlamasından ışın verilmesine kadar ki tüm aşamalarda modern; görüntüleme, simülasyon, tedavi planlaması ve tedavi cihazlarının tedavinin tüm aşamalarına entegrasyonu ile sağlanır.





GİRİŞ



SBRT Requires

- *Secure immobilization*
 - *Stereotactic body frame (?) Reliable IGRT friendly immobilization*
- *Well defined tissue (tumor and normal) delineation*
 - *Multi-modality, motion compensated imaging*
- *Reliable mechanisms for generating focused, sharply delineated dose distributions*
 - *Non-opposing, well collimated co-planar and non-coplanar beam arrangements*
 - *3DCRT or IMRT /VMAT techniques and optimal beam margins*
- *Reliable mechanisms to control/compensate organ motion*
 - *Breath hold techniques or gating*
- *Accurate and precise targeting*
 - *Image guided targeting*
- *Few fractions, high dose*

SBRT – 3D/IMRT

TABLE I. Comparison of typical characteristics of 3D/IMRT radiotherapy and SBRT.

Characteristic	3D/IMRT	SBRT
Dose/fraction	1.8–3 Gy	6–30 Gy
No. of fractions	10–30	1–5
Target definition	CTV/PTV (gross disease+clinical extension): Tumor may not have a sharp boundary.	GTV/CTV/ITV/PTV (well-defined tumors: GTV=CTV)
Margin	Centimeters	Millimeters
Physics/dosimetry monitoring	Indirect	Direct
Required setup accuracy	TG40, TG142	TG40, TG142
Primary imaging modalities used for treatment planning	CT	Multimodality: CT/MR/PET-CT
Redundancy in geometric verification	No	Yes
Maintenance of high spatial targeting accuracy for the entire treatment	Moderately enforced (moderate patient position control and monitoring)	Strictly enforced (sufficient immobilization and high frequency position monitoring through integrated image guidance)
Need for respiratory motion management	Moderate—Must be at least considered	Highest
Staff training	Highest	Highest+special SBRT training
Technology implementation	Highest	Highest
Radiobiological understanding	Moderately well understood	Poorly understood
Interaction with systemic therapies	Yes	Yes

SBRT'DE HASTA SEÇİM KRİTERLERİ



"That's not what I expected
when I asked for a second opinion."

- SBRT ile tedavi görmüş hastaların büyük çoğunluğu akciğer, karaciğer ve spinal tümörlere sahip hastalardır.
- Çoğu araştırmacı seçim kriterlerini düzgün sınırlı tümörlerde maksimum **5 cm çapa** kadar sınırlamış olsa da, bazı araştırmacılar bunu 7 cm'ye kadar genişletmişlerdir.
- SBRT sırasında küçük hacimli komşu organların (OAR) risk altında kalması beklentisi olsa bile, hasta uygunluğunun değerlendirilmesi açısından normal doku fonksiyonunun ve doz dağılımının dikkatlice incelenmesi gerekir.
- Ana bronşlar, trakea, özefagus, gastrik duvar, bağırsak, kan damarları ya da spinal korda yakın tümörlerde büyük bir dikkat gerekmektedir.

SİMÜLASYON-GÖRÜNTÜLEME VE TEDAVİ PLANLAMA

- En uygun görüntüleme modalitesi görüntülenecek olan doku tipine bağlı olarak seçilmelidir.
- Genel olarak CT, SBRT için en primer görüntüleme modalitesidir. CT, pulmoner nodüllerin, parankimal hastalıkların ve akciğer hastalıklarının tanımlanmasında kullanılabilir.
- MR beyin tümörlerinin görüntülenmesinde altın standarttır ve giderek prostat, spinal tümörler, göğüs ve solid abdominal tümörlerin SBRT'sinde kullanımı artmaktadır.
- ^{18}F (^{18}FDG) PET, CT ile karşılaştırıldığında hassasiyeti ve spesifitesini giderek arttırmaktadır. Fakat PET içerisindeki doğal uzaysal ayırma gücündeki sınırlamalardan dolayı, bu sistem tümörün kesin olarak çizildiği bir sistem olmaktan çok tümörün yerinin belirlendiği bir sistem olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Şuan PET/CT sistemi geniş olarak akciğer kanserleri, baş-boyun tümörleri, kolon kanseri, karaciğer kanseri, melenoma, lenfoma ve over kanserinde kullanılmaktadır.



SİMÜLASYON-GÖRÜNTÜLEME VE TEDAVİ PLANLAMA

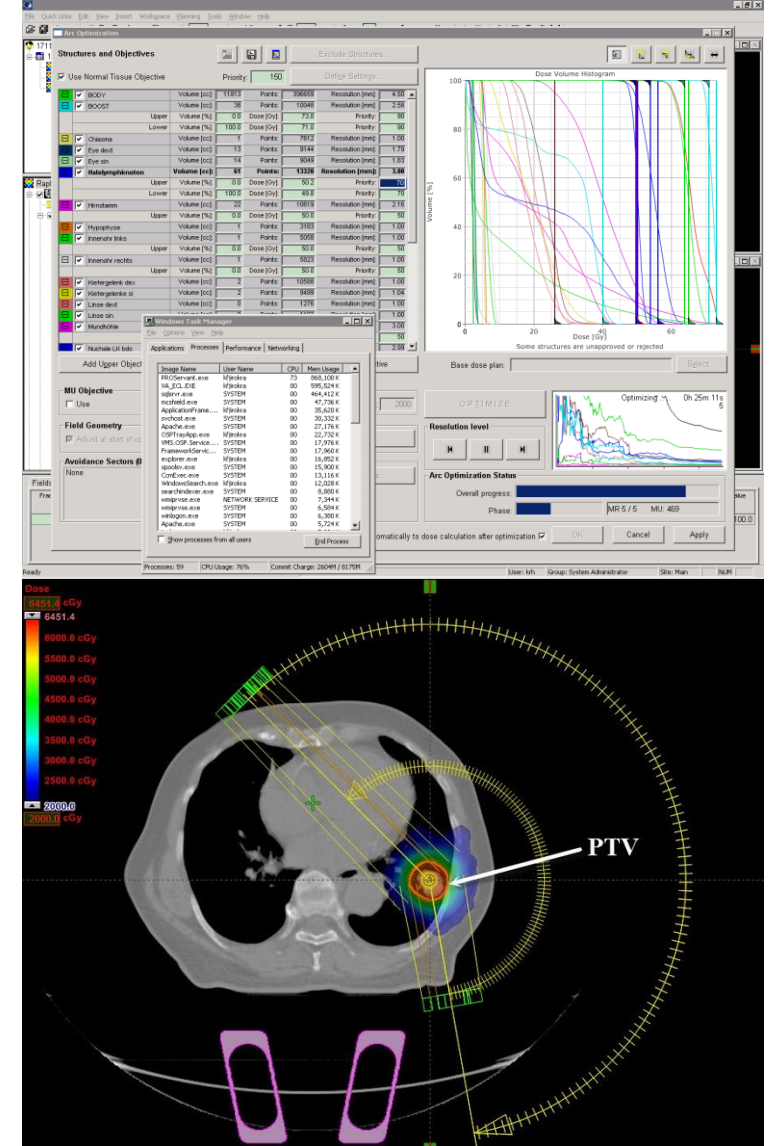
AAPM Tavsiyeleri

- Görüntüleme sisteminden bağımsız olarak, hastanın simülasyonu mutlaka hastanın tedavi pozisyonu ile aynı olmalıdır.
- Simülasyon alanı tüm hedef ve risk altındaki organların geometrik ve dozimetrik bilgilerinin alınabilmesine olanak verecek şekilde açılmalıdır.
- Tipik bir tarama uzunluğu tedavi alan sınırlarının en az 5-10 cm süperior ve inferiyörüne kadar uzanmalıdır.
- Non-coplanar tedavi teknikleri için, tarama uzunluğu hedef sınırlarının süperior/inferior doğrultusunda 15 cm kadar açılabilir
- Hedef ile birlikte, risk altındaki tüm organlar tarama alanı içerisine dahil edilmelidir ki bu sayede tedavi planlama sisteminde (TPS) doz volüm histogramları (DVH) değerlendirilebilsin.
- Çoğu klinik vakada SBRT uygulamaları için tomografik kesit kalınlığı **1-3 mm** olarak seçilmesi tavsiye edilir*.



TEDAVİ PLANLAMASI

- Yüksek doz alan sağlam doku hacmini minimize etme gerekliliğinden dolayı sadece iyi tanımlanmış (well-defined) hedefler SBRT vakası olarak değerlendirilmelidir. SBRT’de (özellikle metastatik akciğer, karaciğer ve paraspinal vakalarda) genellikle GTV ve CTV aynı olarak değerlendirilir.
- Solunum hareketi ya da organ dolumu nedeniyle CTV’nin boyut ve yer değişimi sonucu genellikle CTV’ye internal bir marj eklenir ve bunun sonucunda da **ITV (internal target volüm)** oluşturulur.



DOZ HETEROJENİTESİ, GRADYENTİ VE FALL-OFF'U VE DEMET GEOMETRİSİ

Geleneksel radyoterapi ile kıyaslandığında SBRT'deki doz reçetelendirilmesi sıklıkla düşük izodozlara ve hedef kenarındaki penumbra için küçük ya da hiç marj verilmeyecek şekilde yapılır. SBRT'deki mantık hedef hacmin hemen dışındaki fall-off'u geliştirmek ve bu sayede de hedefin dışındaki riskli organın korumasını arttırmaktır. Bu yaklaşım hedef içerisindeki doz heterojenitesini arttıracaktır (K.K. Herfarth ve ark, 2000, I.Lax ve ark., 1994). Fakat bu durum fonksiyonel normal dokuya dahil olmayan hedeflerde; SBRT için, konvansiyonel fraksiyone radyoterapinin aksine kabul edilebilir bir durumdur. Normal doku içerisinde bir döküntü olmadığı sürece, hedef içerisindeki sıcak noktaların klinik olarak istenildiği görülmektedir. Varsayıma göre **tümörün merkez bölgesi içerisinde oluşan sıcak noktalar, özellikle bu bölgede bulunan radyorezistant hipoksik hücrelerin yok edilmesinde avantaj sağlayabilir.**

If beam margin is close to beam penumbra (5-6 mm) →
Homogeneous PTV dose, Maximum dose about 110% of Prescription Dose (PD).
Dose fall off outside PTV is slow

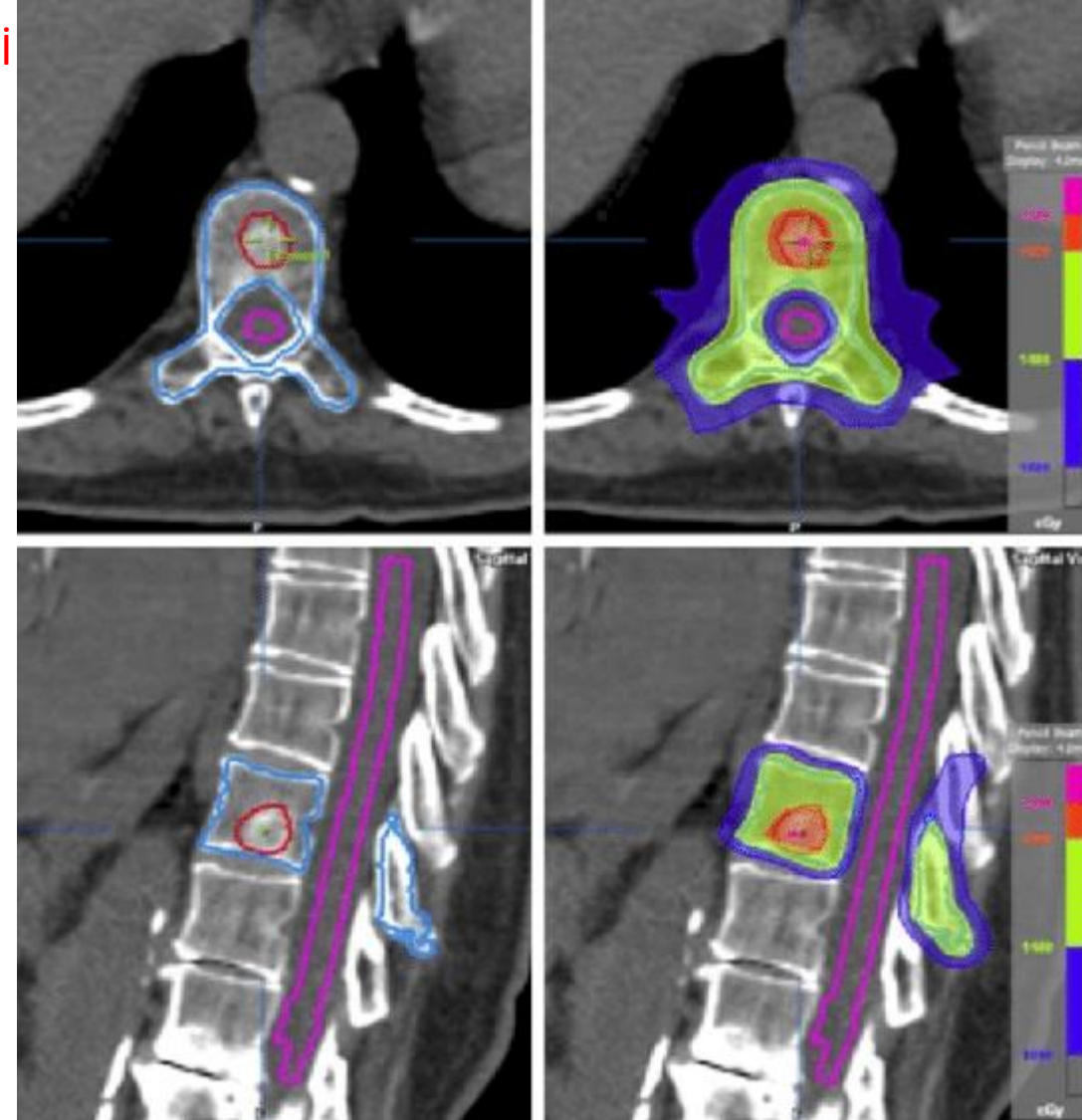


If beam margin is much less than beam penumbra (0-2 mm) →
Inhomogeneous PTV dose, Maximum dose ~ 125% or more of PD.
Dose fall off outside PTV is fast



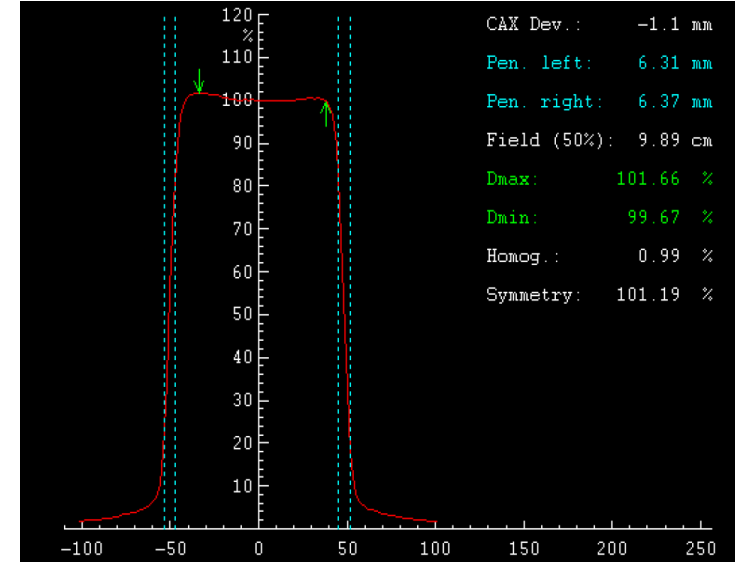
DOZ HETEROJENİTESİ, GRADYENTİ VE FALL-OFF'U VE DEMET GEOMETRİSİ

İntrakranial radyocerrahiye benzer olarak, çoklu çakışmayan ışın demetlerinin kullanımı hızlı bir şekilde doz fall-off'u yaratmaya yardımcı olacaktır. Bunun için radyasyon sarımının sağlanması amacıyla eş merkezli farklı yönlerden gelen demetlerin kullanımına ihtiyaç olacaktır. OAR'ların (spinal kord ya da hassas mukoza gibi seri organlar) hedeften yeterince ayrılması şartıyla, hedefin dışındaki doz dağılımının gradyenti (eğimi) ideal olarak izotropik olur ve hedefin yüzeyinden homojen olarak bir doz düşüşü gözlemlenir (L. Papiez, 2003).

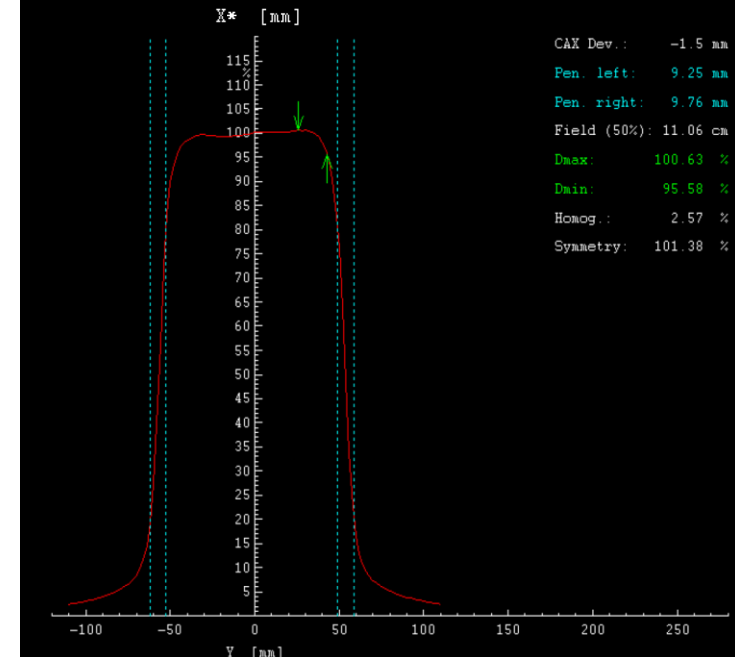


DOZ HETEROJENİTESİ, GRADYENTİ VE FALL-OFF'U VE DEMET GEOMETRİSİ

- Doz düşüşünü etkileyen diğer parametreler; demet enerjisi ve demet şekillendirilmesinin çözünürlüğüdür (örn: multilif kolimatörün lif genişliği).
- Çoğunlukla SBRT'de kullanılan küçük alanlarda artan enerji ve bunla birlikte artan lateral elektron transportuyla birlikte ortam içerisinde daha geniş penumbra oluşur.
- Akciğer dokusu gibi düşük yoğunluklu ortamlarda bu etki daha belirgin hale gelir.
- Çoğu modern tedavi cihazında mevcut olan **6 MV foton** enerjisi akciğer SBRT uygulamalarında demet penetrasyonu ile penumbra arasındaki uyumu sağlayacaktır.



6 MV*

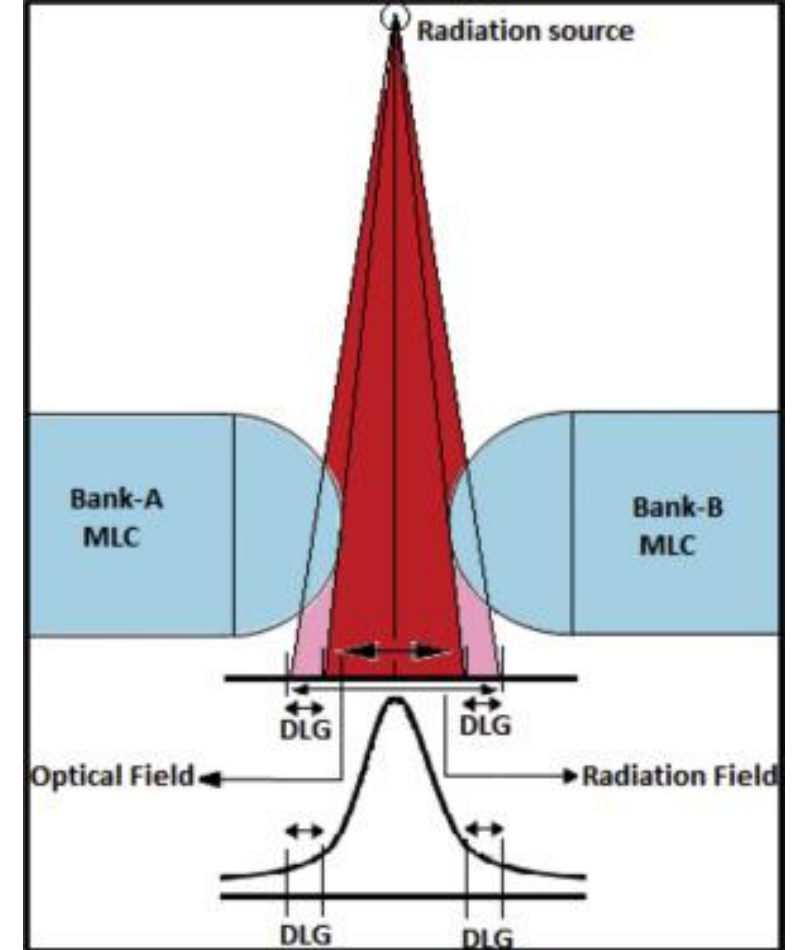
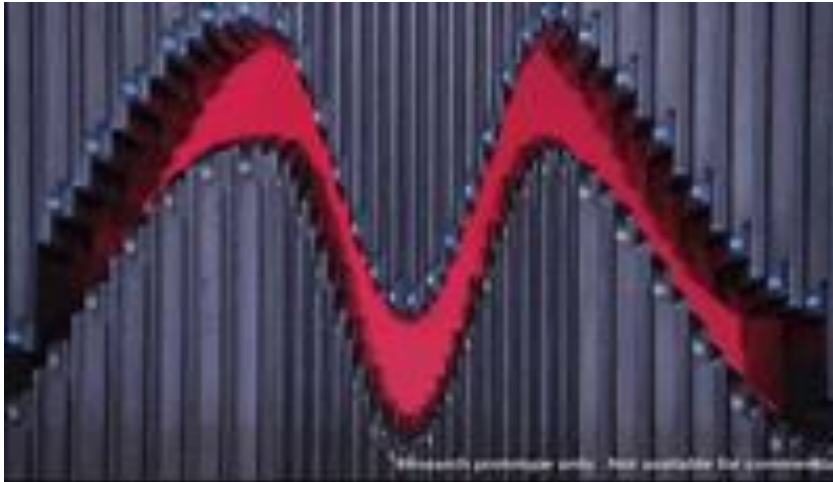


15 MV*

TEDAVİ PLANLAMASI

DOZ HETEROJENİTESİ, GRADYENTİ VE FALL-OFF'U VE DEMET GEOMETRİSİ

- Çoğu SBRT uygulaması MLC kolimasyonu kullanır. İyi bir MLC kolimasyon rezolüsyonu hedefteki doz dağılım konformitesini arttırsa da bu artış, kaynak boyutu ve sekonder elektronların lateral menzillerinin yarattığı blurring (bulandırma) etkisi nedeniyle sınırlıdır.
- Çoğu uygulama için 5 mm'lik lif genişliği yeterlidir. Çok küçük lezyonlar haricinde, 3 mm'lik lif genişliğinin sağladığı fayda ihmal edilebilir düzeydedir.





TEDAVİ PLANLAMASI



Demet Seçimi ve Demet Geometrisi

- SBRT'deki demet doğrultusunun belirlenmesinde, hassas organlardan kaçınma, ekipmanlardan kaynaklı mekanik sabitler ve çoğu demet için kısa demet yolları gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Genel olarak, daha iyi hedef doz konformitesi ve hızlı bir doz düşüşü sağlanmasında çok sayıda demet kullanılmasının verimli olduğu görülmüştür ve eğer demet sayısı yeteri kadar fazla ise de demet doğrultusunun seçiminin önemi giderek azalmaktadır.
- Fakat pratikte, demet ya da arkların sayısının sınırlandırılması tercih edilebilir. Her bir demetin giriş dozunu kümülatif dozun % 30'undan azı ile sınırlandırmak ve demet çakışmalarından kaçınmak tercih edilebilir. Bu, akut cilt reaksiyonlarından kaçınmada ve doz gradyentindeki izotropik doz düşüşüne yardımcı olacaktır.
 - Statik alan sayısı 3 ve üstü



TEDAVİ PLANLAMASI



Normal Doku Doz Toleransı

- Ekstrem doz fraksiyon şemalarından dolayı, SBRT için normal doku doz toleransları konvansiyonel radyoterapiden oldukça farklıdır ve halen tam olarak da olgunlaşmamıştır. Dolayısıyla normal doku doz toleransları, konvansiyonel radyoterapideki datalardan ekstrapole edilerek kullanılmamalıdır.
- SBRT literatüründe bulunan ve radyobiyolojik açıdan oldukça önemli faktörlerden olan; fraksiyon sayısı, toplam doz, fraksiyonlar arası süre ve genel tedavi süresine oldukça dikkat edilmelidir.
- **Tablo 3**'de (University of Texas Southwestern ve University of Virginia) normal doku tolerans dozları görülmektedir.



TEDAVİ PLANLAMASI

TABLE III. Summary of suggested dose constraints for various critical organs. Note that for serial tissues, the volume-dose constraints are given in terms of the critical maximum tissue volume that should receive a dose equal or greater than the indicated threshold dose for the given number of fractions used. For parallel tissue, the volume-dose constraints are based on a critical minimum volume of tissue that should receive a dose equal to or less than the indicated threshold dose for the given number of fractions used.



Serial tissue	Max critical volume above threshold	One fraction		Three fractions		Five fractions		End point (≥Grade3)
		Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	
Optic pathway	<0.2 cc	8	10	15.3 (5.1 Gy/fx)	17.4 (5.8 Gy/fx)	23 (4.6 Gy/fx)	25 (5 Gy/fx)	Neuritis
Cochlea			9		17.1 (5.7 Gy/fx)		25 (5 Gy/fx)	Hearing loss
Brainstem (not medulla)	<0.5 cc	10	15	18 (6 Gy/fx)	23.1 (7.7 Gy/fx)	23 (4.6 Gy/fx)	31 (6.2 Gy/fx)	Cranial neuropathy
Spinal cord and medulla	<0.35 cc	10	14	18 (6 Gy/fx)	21.9 (7.3 Gy/fx)	23 (4.6 Gy/fx)	30 (6 Gy/fx)	Myelitis
Spinal cord subvolume (5–6 mm above and below level treated per Ryu)	<1.2 cc	7		12.3 (4.1 Gy/fx)		14.5 (2.9 Gy/fx)		
Cauda equina	<10% of subvolume	10	14	18 (6 Gy/fx)	21.9 (7.3 Gy/fx)	23 (4.6 Gy/fx)	30 (6 Gy/fx)	Myelitis
Sacral plexus	<5 cc	14	16	21.9 (7.3 Gy/fx)	24 (8 Gy/fx)	30 (6 Gy/fx)	32 (6.4 Gy/fx)	Neuritis
Esophagus ^b	<5 cc	14.4	16	22.5 (7.5 Gy/fx)	24 (8 Gy/fx)	30 (6 Gy/fx)	32 (6.4 Gy/fx)	Neuropathy
Brachial plexus	<5 cc	11.9	15.4	17.7 (5.9 Gy/fx)	25.2 (8.4 Gy/fx)	19.5 (3.9 Gy/fx)	35 (7 Gy/fx)	Stenosis/fistula
Heart/pericardium	<3 cc	14	17.5	20.4 (6.8 Gy/fx)	24 (8 Gy/fx)	27 (5.4 Gy/fx)	30.5 (6.1 Gy/fx)	Neuropathy
Great vessels	<15 cc	16	22	24 (8 Gy/fx)	30 (10 Gy/fx)	32 (6.4 Gy/fx)	38 (7.6 Gy/fx)	Pericarditis
Trachea and large bronchus ^b	<10 cc	31	37	39 (13 Gy/fx)	45 (15 Gy/fx)	47 (9.4 Gy/fx)	53 (10.6 Gy/fx)	Aneurysm
Bronchus-smaller airways	<4 cc	10.5	20.2	15 (5 Gy/fx)	30 (10 Gy/fx)	16.5 (3.3 Gy/fx)	40 (8 Gy/fx)	Stenosis/fistula
Rib	<0.5 cc	12.4	13.3	18.9 (6.3 Gy/fx)	23.1 (7.7 Gy/fx)	21 (4.2 Gy/fx)	33 (6.6 Gy/fx)	Stenosis with atelectasis
Skin	<1 cc	22	30	28.8 (9.6 Gy/fx)	36.9 (12.3 Gy/fx)	35 (7 Gy/fx)	43 (8.6 Gy/fx)	Pain or fracture
Stomach	<30 cc			30.0 (10.0 Gy/fx)				
Duodenum ^b	<10 cc	23	26	30 (10 Gy/fx)	33 (11 Gy/fx)	36.5 (7.3 Gy/fx)	39.5 (7.9 Gy/fx)	Ulceration
Jejunum/ileum ^b	<10 cc	11.2	12.4	16.5 (5.5 Gy/fx)	22.2 (7.4 Gy/fx)	18 (3.6 Gy/fx)	32 (6.4 Gy/fx)	Ulceration/fistula
Colon ^b	<5 cc	11.2	12.4	16.5 (5.5 Gy/fx)	22.2 (7.4 Gy/fx)	18 (3.6 Gy/fx)	32 (6.4 Gy/fx)	Ulceration
Rectum ^b	<10 cc	9		11.4 (3.8 Gy/fx)		12.5 (2.5 Gy/fx)		Enteritis/obstruction
Bladder wall	<5 cc	11.9	15.4	17.7 (5.9 Gy/fx)	25.2 (8.4 Gy/fx)	19.5 (3.9 Gy/fx)	35 (7 Gy/fx)	Colitis/fistula
Penile bulb	<20 cc	14.3	18.4	24 (8 Gy/fx)	28.2 (9.4 Gy/fx)	25 (5 Gy/fx)	38 (7.6 Gy/fx)	Proctitis/fistula
Femoral heads (right and left)	<20 cc	14.3	18.4	24 (8 Gy/fx)	28.2 (9.4 Gy/fx)	25 (5 Gy/fx)	38 (7.6 Gy/fx)	Cystitis/fistula
Renal hilum/vascular trunk	<15 cc	11.4	18.4	16.8 (5.6 Gy/fx)	28.2 (9.4 Gy/fx)	18.3 (3.65 Gy/fx)	38 (7.6 Gy/fx)	Impotence
	<3 cc	14	34	21.9 (7.3 Gy/fx)	42 (14 Gy/fx)	30 (6 Gy/fx)	50 (10 Gy/fx)	Necrosis
	<10 cc	14		21.9 (7.3 Gy/fx)		30 (6 Gy/fx)		
	<2/3 volume	10.6	18.6 (6.2 Gy/fx)			23 (4.6 Gy/fx)		Malignant hypertension



TEDAVİ PLANLAMASI



TABLE III. (Continued.)

Serial tissue	Max critical volume above threshold	One fraction		Three fractions		Five fractions		End point (≥Grade3)
		Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	Threshold dose (Gy)	Max point dose (Gy) ^a	
	Minimum critical volume below threshold	One fraction		Three fractions		Five fractions		End point (≥Grade 3)
Parallel tissue		Threshold dose (Gy)	Max point dose(Gy) ^a	Threshold dose(Gy)	Max point dose(Gy) ^a	Threshold dose(Gy)	Max point dose(Gy) ^a	
Lung (right and left)	1500 cc	7	NA-Parallel tissue	11.6 (2.9 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	12.5 (2.5 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	Basic lung function
Lung (right and left)	1000 cc	7.4	NA-Parallel tissue	12.4 (3.1 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	13.5 (2.7 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	Pneumonitis
Liver	700 cc	9.1	NA-Parallel tissue	19.2 (4.8 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	21 (4.2 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	Basic liver function
Renal cortex (right and left)	200 cc	8.4	NA-Parallel tissue	16 (4 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	17.5 (3.5 Gy/fx)	NA-Parallel tissue	Basic renal function

^a“Point” defined as 0.035 cc or less.

^bAvoid circumferential irradiation.



TEDAVİ PLANLAMASI



Treatment Planning for SBRT

- Ablative intent for SBRT
- Dose inhomogeneity inside the PTV is acceptable
- Maximum point dose up to 160% of Prescription Dose within PTV is common for SBRT plans.
- Minimize the volume of normal tissue irradiation outside of the PTV
- MUST respect all normal tissue dose limits

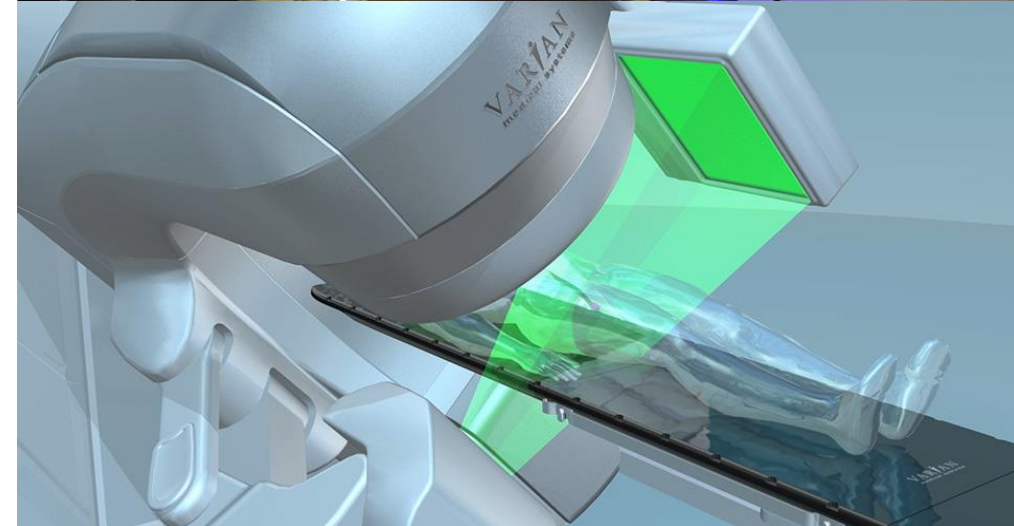
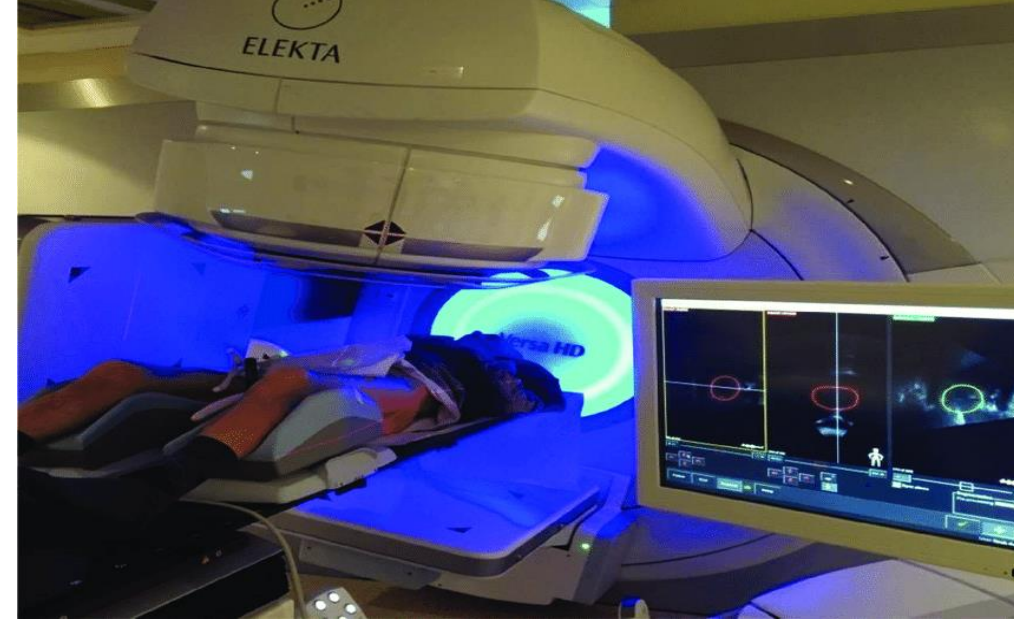
HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

Doğru bir tedavi uygulaması için; kalibre edilmiş bir tedavi cihazı, immobilizasyon cihazı (gerekli ise) ve bir görüntüleme sisteminin kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Tedavi cihazı hem radyasyon outputu hem de mekanik doğruluk açısından kalibre edilmiş olması gerekir. Görüntüleme sistemi ise hedefin pozisyonunu belirler, doğrular ve takip eder (bazı sistemlerde).



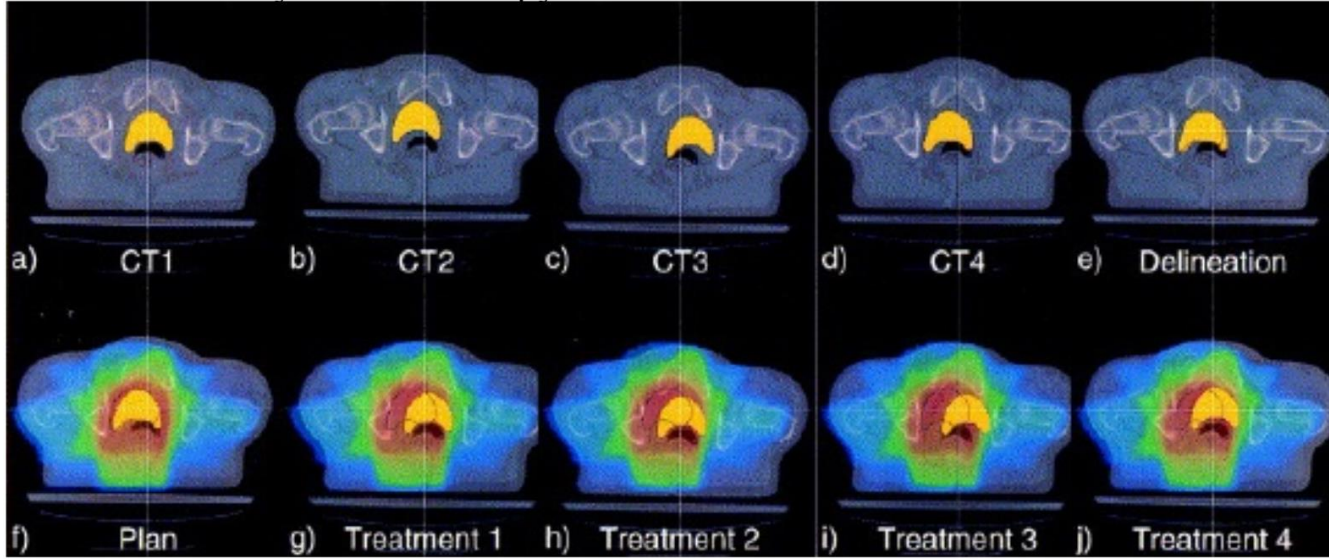
HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

- Ekstrakraniyal SBRT uygulamaları daha sofistike hareket kontrolü gerektirmektedir.
- Tedavi ve simülasyon süresinde vücut pozisyonunun sabitliğini ve bunun da tekrarlanabilirliğini sağlamak için sadece dikkatli hasta setup'u ve uygun vücut immobilizasyonları kullanmak değil aynı zamanda doğru bir şekilde hedef görüntülenmesinin de sağlanması gerekir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

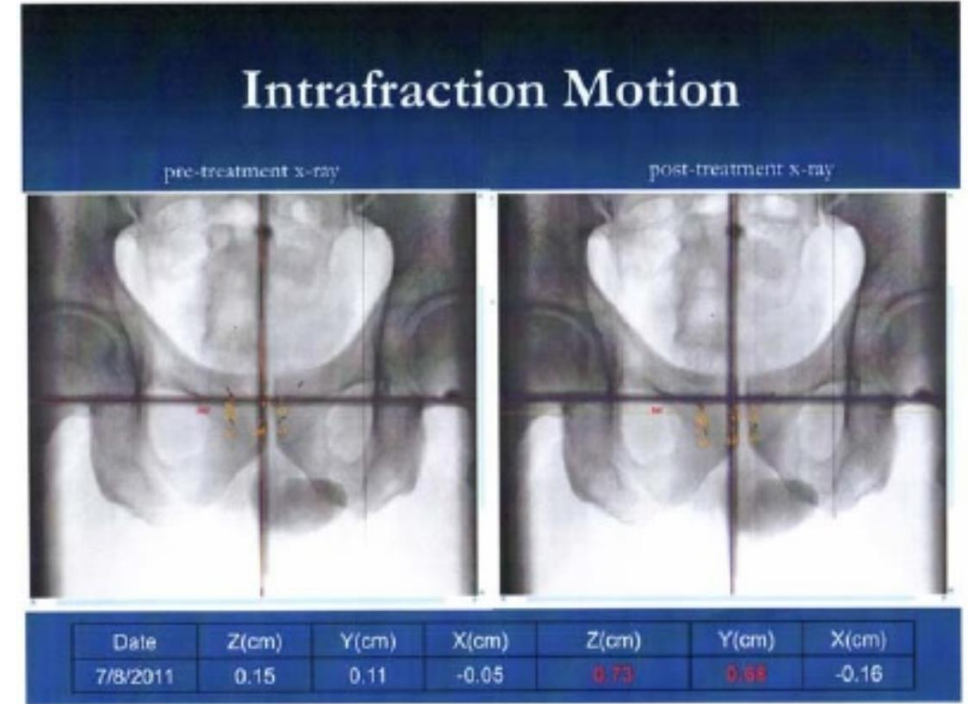
İnterfraksiyon



*Herk MV., 2000

İnterfraksiyon, hedefin pozisyonundaki günden güne değişimleri ifade eder.

İntrafraksiyon



*Su Z., 2016

İntrafraksiyon, hedef volümün tedavi esnasındaki yer değişim miktarıdır.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



Ekstrakraniyal Hedefteki Hareket

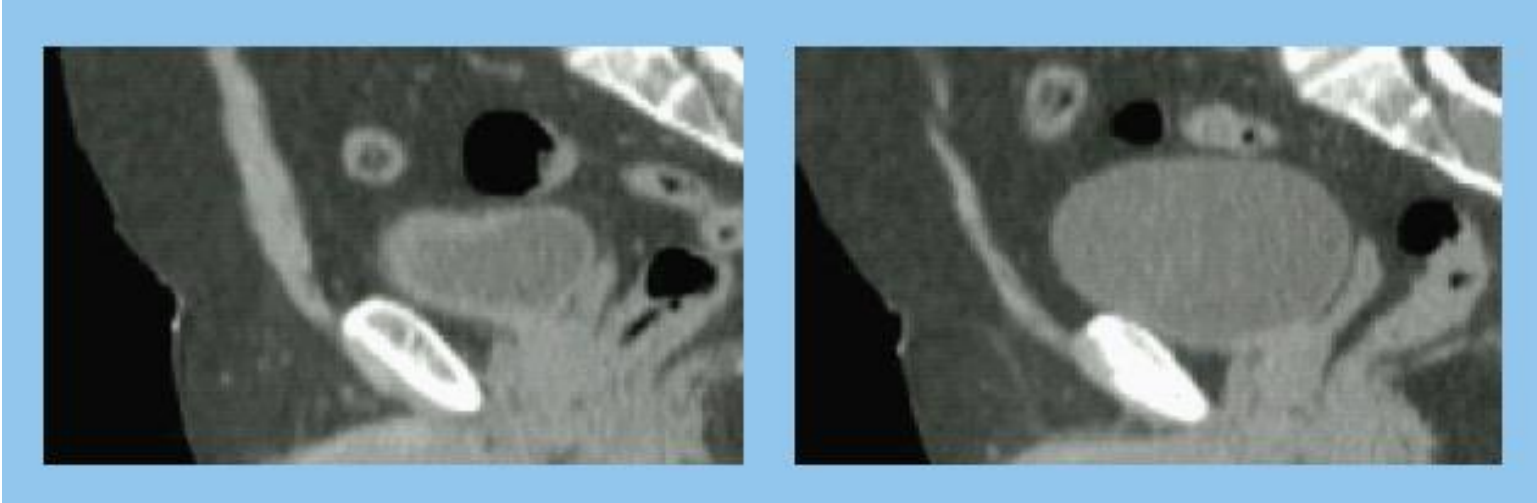
İntrafraksiyon hareketin sebepleri üçe ayrılabilir;

1. Tedavi esnasında hastanın vücut hareketlerinin istemli ya da istemsiz olarak değişmesi. SBRT'deki en büyük endişelerden bir tanesidir çünkü SBRT uygulamaları genellikle konvansiyonel radyoterapi uygulamalarından daha uzun sürmektedir ve hareket olasılığı tedavi süresi arttıkça artmaktadır. Genellikle setup ve tedavinin başında hasta gergin olabilir ve doğal olmayan bir pozisyonda durabilir. Tedavinin ilerleyen aşamalarında ise yavaş yavaş rahatlayıp hareket edebilir. Diğer bir olasılık ise hasta kendisine uygulanan immobilizasyondan rahatsız olmuş olabilir ve tedavi devamında rahat bir pozisyona hareket edebilir. Hastanın eğitimi, uygun setup ve immobilizasyon ile hastanın konforunun sağlanması ve doğru görüntüleme ile bu tip hareketlerin azaltılması sağlanabilir.

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

Ekstrakraniyal Hedefteki Hareket

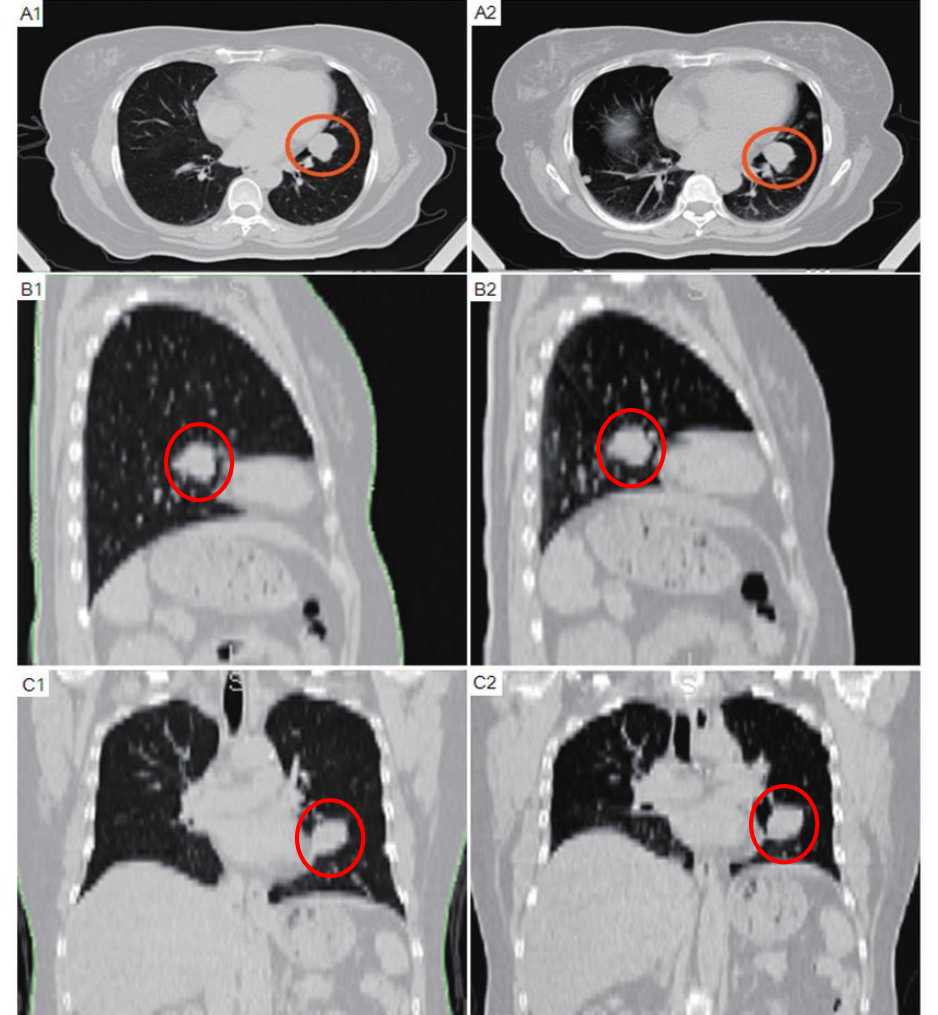
2. Solunuma bağlı olmayan ve yakın komşuluktaki biçim değiştiren (mesane, rektum gibi) organların neden olduğu hedefteki yer değiştirme. Bu tip hareketler, simülasyon ve tedaviden önce uygulanacak olan diyet ya da ilaç ile önlenabilir. Bu tip hareketler yavaştır ve tedavi süresinin uzunluğuna bağlıdır.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

Ekstrakraniyal Hedefteki Hareket

3. Solunuma bağlı olan ve özellikle toraks ve üst abdomende bulunan organlardaki tümörlerde görülen hareket. Her ne kadar daha çok diyafram kasının kasılması bu harekete neden olsa da, göğüs duvarının genişlemesi de tümörün pozisyonunun değişmesine neden olur. Bu hareket devamlı ve ölçülüdür fakat engellenemez. Eğer hedefin solunum hareketi takip edilebilir ve ışınlama buna uyumlu bir şekilde eş zamanlı olarak ayarlanabilirse, uygun PTV sınırları içerisindeki tümör güvenli bir şekilde ışınlanabilir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

İmmobilizasyonun Amacı:

İmmobilizasyon cihazları 3 amaçla kullanılırlar;

1. Tedavi esnasında (intrafraction) hastanın hareketini sınırlandırır.
2. Hastaların istenilen tedavi alanına yakın bir şekilde pozisyonlandırarak büyük pozisyonlama hatalarını önlerler.
3. Rotasyon açısından, bu tip sistemler hastayı ilk simülasyondaki geometriye yakın bir şekilde pozisyonlarlar.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Piyasadaki İmmobilizasyon Sistemleri:

Şuan SBRT uygulamaları için kullanılan İmmobilizasyon sistemleri 2 ana tipe ayrılır:

1. Intra kraniyel: Termoplastik Maskeler (non-invaziv)
2. Ekstra Kraniyel: Kişiyeye özel vakumlu yatakları (body bag)

Termoplastik maskeler genellikle baş-boyun destekleme cihazları ile birlikte kullanılırlar.
Kişiyeye özel yataklar genel olarak poliüretan köpük plastik toplardan oluşmaktadır.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Alpha Cradle (Smithers Medical Products, Inc., North Canton, OH)

Alpha Cradle cihazı 2 farklı kimyasal ajanın karıştırılması ile elde edilir. Elde edilen köpüğün hacmi şiddetli bir şekilde artarak hastanın etrafını sarar ve sonrasında sertleşir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Vac-Lok (CIVCO Medical Solutions, Kalona, IA)

Poliüretan yataklara popüler alternatif olup, vakumlu ve yeniden kullanılabilirler. Vac-Lok yatakları küçük polistren yastıklarla doldurulmuştur. Vanası aracılığıyla vakum yapıldığında, hastanın şeklini alacak şekilde, hızlı bir şekilde sertleşir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

BodyFIX (Elekta, Stockholm, Sweden)

BodyFIX cihazı çift vakum sistemlerine sahiptir ve vakum uygulandığında hastanın şeklini alacak şekilde bir katman sertleşir. Buna ek olarak BodyFIX sisteminde hastayı saran plastik bir kısım daha bulunmaktadır ve buraya da vakum uygulandığında bu kısım vakumun etkisiyle hastayı sıkıştırır ve solunuma bağlı hareketi azaltır. Buna ek olarak kullanılabilen abdomen basacağı ile solunum hareketi daha fazla baskılanabilir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Farklı Firmaların Benzer Ürünleri (QFIX)



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Farklı Firmaların Benzer Ürünleri (KLARITY)





HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



İmmobilizasyon

Termoplastik Maske

Termoplastik maskeler sıcak su kazanına koyulduklarında yumuşarlar. Malzeme yumuşadıktan sonra genellikle hastanın baş-boyun bölgesine yerleştirilirler. Plastik soğudukça sertleşerek hastanın vücut dış bölgesinin şeklini alırlar. Piyasada pek çok üretici bulunmaktadır: CIVCO Medical Solutions (Kalona, IA), Orfit Industries (Wijnegem, Belçika), Qfix (Avondale, PA) ve BrainlabAG (Feldkirchen, Almanya), vb..

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

CIVCO: Solstice™ SRS Immobilization System



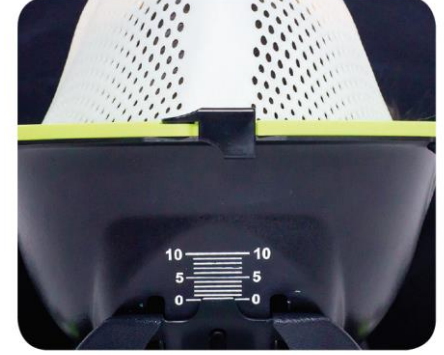
Pitch at 0 (chin down)



Pitch at 5 (neutral)



Pitch at 10 (chin up)



Pitch indexing options 0 to 10

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

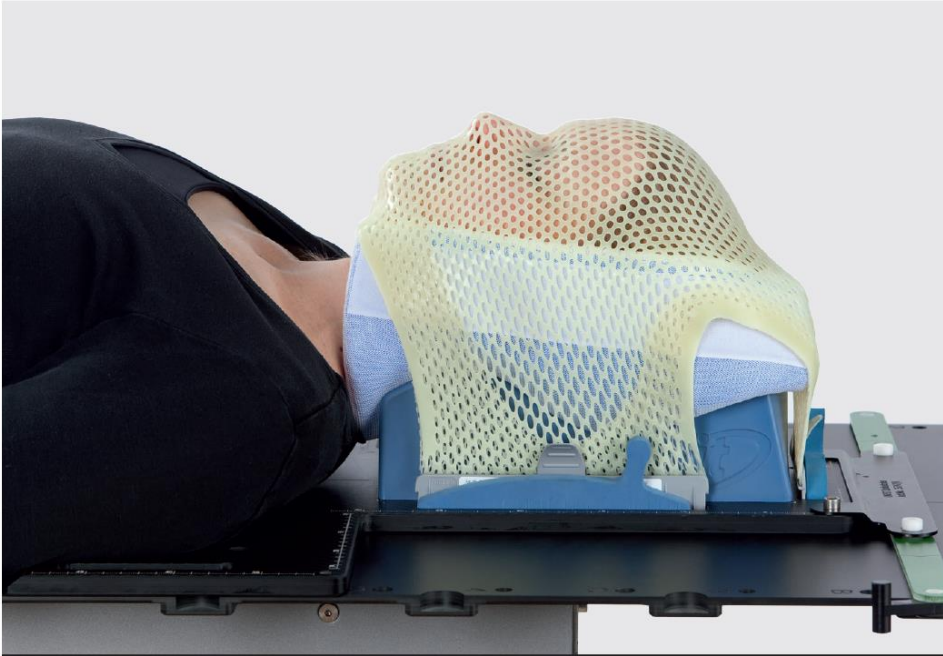
CIVCO: trUpoint ARCH™ SRS/SRT Immobilization



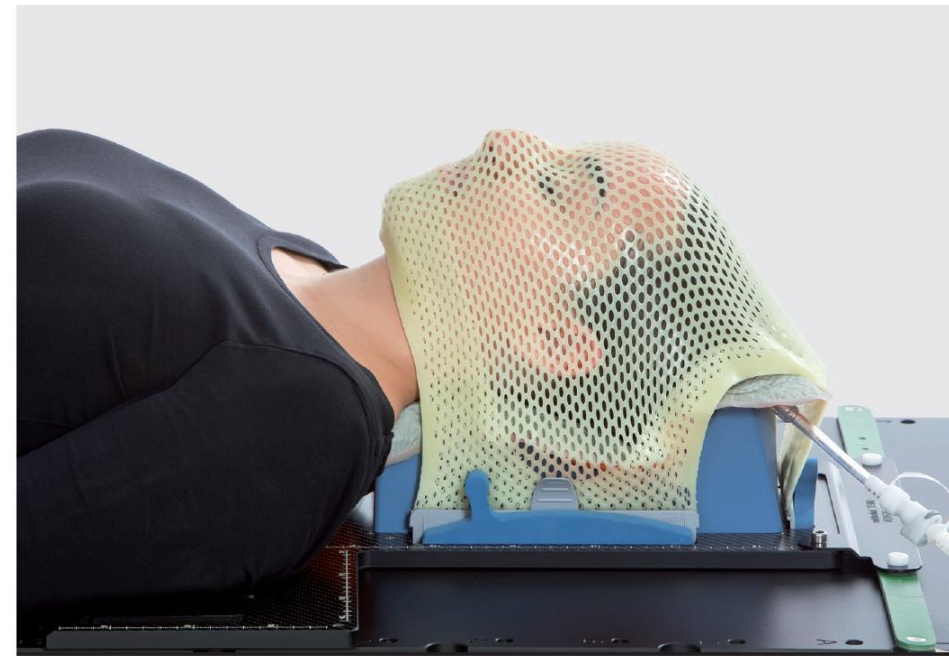
HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Orfit Industries



Thermofit



Vacuum bag

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

İmmobilizasyon

Brainlab AG

Elekta, eXtend



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

TABLE IV. Achievable accuracies reported in the literature categorized by body site and immobilization/repositioning device.

Author, year	Site	Immobilization/repositioning	Reported accuracy
Lax, 1994 ^a	Abdomen	Wood frame/stereotactic coordinates on box to skin marks	3.7 mm Lat, 5.7 mm Long
Hamilton, 1995 ^b	Spine	Screw fixation of spinous processes to box	2 mm
Murphy, 1997 ^c	Spine	Frameless/implanted fiducial markers with real-time imaging and tracking	1.6 mm radial
Lohr, 1999 ^d	Spine	Body cast with stereotactic coordinates	≤3.6 mm mean vector
Yenice, 2003 ^e	Spine	Custom stereotactic frame and in-room CT guidance	1.5 mm system accuracy, 2–3 mm positioning accuracy
Chang, 2004 ^f	Spine	MI™ BodyFix with stereotactic frame/linac/CT on rails with 6D robotic couch	1 mm system accuracy
Tokuuye, 1997	Liver	Prone position jaw and arm straps	5 mm
Nakagawa, 2000 ^g	Thoracic	MVCT on linac	Not reported
Wulf, 2000 ^h	Lung, liver	Elekta™ body frame	3.3mm lat,4.4 mm long
Fuss, 2004 ⁱ	Lung, liver	MI™ BodyFix	Bony anatomy translation 0.4, 0.1, 1.6 mm (mean X, Y, Z); tumor translation before image guidance 2.9, 2.5, 3.2 mm (mean X, Y, Z)
Herfarth, 2001 ^j	Liver	Leibinger body frame	1.8–4.4 mm
Nagata, 2002 ^k	Lung	Elekta™ body frame	2 mm
Fukumoto, 2002 ^l	Lung	Elekta™ body frame	Not reported
Hara, 2002 ^m	Lung	Custom bed transferred to treatment unit after confirmatory scan	2 mm
Hof, 2003 ⁿ	Lung	Leibinger body frame	1.8–4 mm
Timmerman, 2003 ^o	Lung	Elekta™ body frame	Approx. 5 mm
Wang, 2006 ^p	Lung	Medical Intelligence body frame stereotactic coordinates/CT on rails	0.3±1.8 mm AP, -1.8±3.2 mm Lat, 1.5±3.7 mm SI

^aReference 109.

^bReference 257.

^cReference 258.

^dReference 252.

^eReference 131.

^fReference 42.

^gReference 259.

^hReference 260.

ⁱReference 160.

^jReference 28.

^kReference 37.

^lReference 34.

^mReference 35.

ⁿReference 31.

^oReference 117.

^pReference 88.

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

Genel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Soğurma ve Build-up

İmmobilizasyon cihazları genel olarak köpük ve termoplastik gibi düşük yoğunluklu materyallerden yapılırlar ve genel olarak diğer tedavi masası gibi soğurucu cihazlara göre soğurma ve build-up karakteristikleri daha düşüktür. Bu nedenden dolayı, immobilizasyon cihazları genel olarak doz hesaplamasındaki eksternal kontürlere dahil edilmezler. Fakat, az sayıda alanın kullanıldığı tedavi planlarında artabilecek olan cilt dozlarına dikkat edilmesi gerekir.

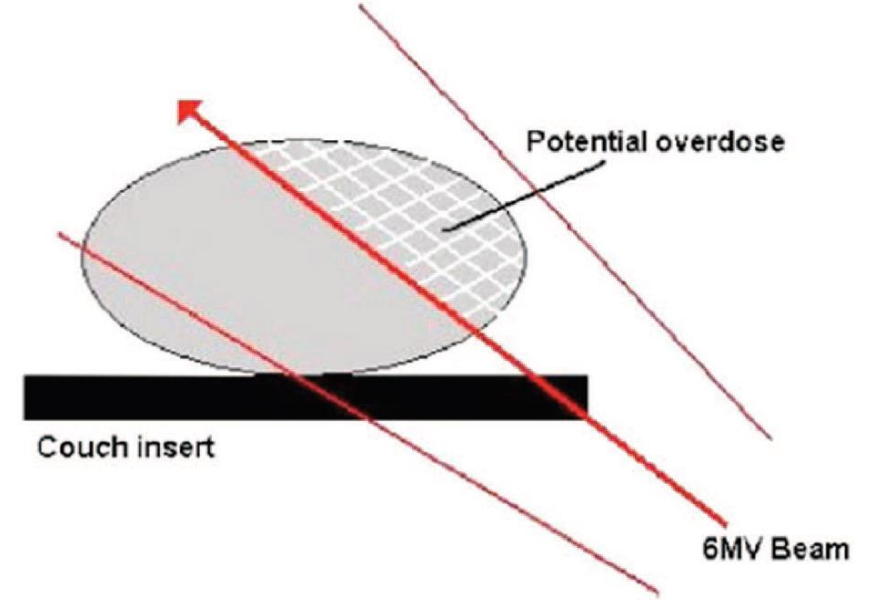


FIG. 5. Differential effect of dose perturbation for a 6 MV beam oblique to couch top partially passing through the couch top. From McCormack, Dif-fey, and Morgan, "The effect of gantry angle on megavoltage photon beam attenuation by a carbon fiber couch insert," *Med. Phys.* **32**, 483–487 (2005).



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



Genel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Çarpışma

Bazı SBRT sistemleri, ark teknikleri veya zaman zaman düzlemsel olmayan çoklu ışın açıları kullanır. İmmobilizasyon cihazları ise hastanın vücut çapını arttırır ve bunun sonucunda da çarpışma riskleri artar. Bu konudaki tavsiye ise, her merkezdeki genel olarak kullanılan immobilizasyon aletleri için, çarpışma olasılığı olabilecek her bir gantri ve masa açısının listesinin yapılmasıdır. Şüpheye düşülen durumlarda da hasta yokken immobilizasyon cihazı ile simülasyon yapıp çarpışma olup olmadığının kontrol edilmesidir.

HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ

Genel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Konfor ve Doğruluk

İmmobilizasyon sistemlerinin, daha iyi bir doğruluğun elde edilebilmesi amacıyla olabildiğince sıkı olmaları tercih edilir fakat bunu yaparken de hasta konforundan feragat edilmemesi gerekir. SBRT, tedavi öncesi görüntüleme ve çok yüksek monitor unit değerlerinin verildiği uzun tedavi sürecinden oluşur. Hastalar eğer rahat ettikleri bir durumda yatarlarsa daha az hareket edeceklerdir. Dolayısıyla, hastalar tölare edemeyecekleri kadar sıkı bir immobilizasyonla kavga (!) edecek ve bu aksine daha fazla harekete neden olacaktır.





HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



Bölgesel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Aşağı Torasik Bölge Omurga Lezyonları

Bu bölgedeki immobilizasyondaki asıl amaç rahat bir destek sağlanmasıdır. Genel olarak tüm vücut yatakları tavsiye edilir.

Akciğer, Karaciğer ve Pankreas

Bu bölgedeki hastalıklar bir çok özelliklerinden dolayı omurga tedavisine benzemektedir ve bu sebeple tüm vücut yataklarının kullanılması tavsiye edilir. Bu bölgeler için özellikle karşılaşılan zorluk solunum kaynaklı harekettir ve bu hareketin azaltılabilmesi için abdominal bası kullanılabilir.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



Bölgesel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Prostat

Prostat SBRT'si için kullanılan sabitleme sistemleri geleneksel radyoterapi tedavilerinde kullanılanlardan farklı değildir. Alt ekstremitte ve pelvik bölgenin sabitlenmesi için vücut yataklarının kullanılması değerlendirilebilir. Yüksek fraksiyon dozlarından dolayı, görüntü rehberliği ve takibi bu SBRT uygulamaları için daha bağlayıcıdır. Eş zamanlı takip ve görüntüleme sistemlerine sahip SBRT uygulamalarında sert immobilizasyon ekipmanlarının kullanılmamasına dikkat edilmelidir. Böyle durumlarda hastanın basitçe, rahat edebileceği bir şekilde, tedavi masasına yatırılması genel bir yaklaşımdır.



HASTA POZİSYONLAMASI, İMMOBİLİZASYON, HEDEF LOKALİZASYONU VE DOZUN VERİLMESİ



Bölgesel Olarak Karşılaşılan Zorluklar ve Tavsiyeler

Servikal ve üst torasik omurga metastazları

Servikal ve üst torasik omurga metastazları için termoplastik maskeler daha iyi lokalizasyon ve immobilizasyon sağlamaktadır. Buna ek olarak işaretleyiciler ilk setup'dan sonra maske yüzeyine yapıştırılabilirler. Bu maskelerin kullanım amaçları kafa rotasyonunun ilk setup'taki ile aynı olmasını sağlamaktır.



Teşekkür ederim...