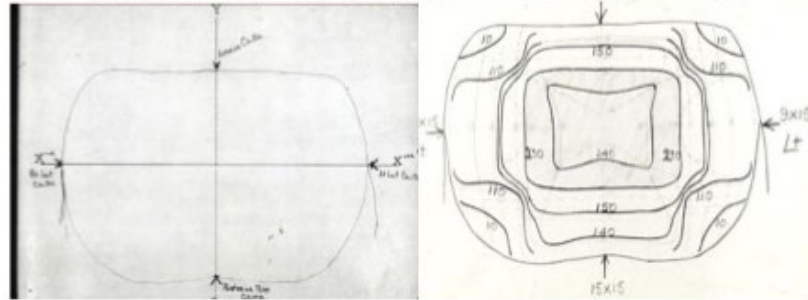
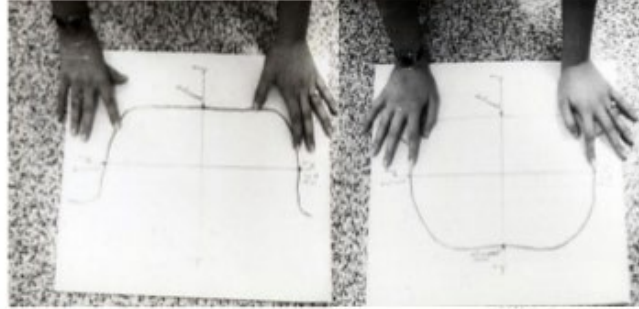

Eksternal Foton Tedavi Teknikleri



2DRT: İki Boyutlu Radyoterapi



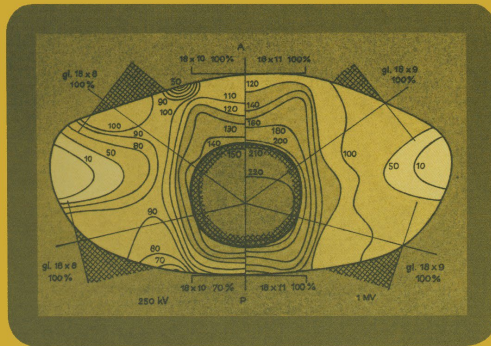
1980's

SERIES IN RADIOLOGY

5

Gy. Németh and Atakul. Tugba

Isodose Atlas for use in radiotherapy



MARTINUS NIJHOFF PUBLISHERS

Lung

Fig. 108. 60-Co teletherapy of left lobe bronchial tumour through three stationary fields
SSD 50 cm
field size 10 x 15 cm each
(Baštecký and Chvojka 1964)

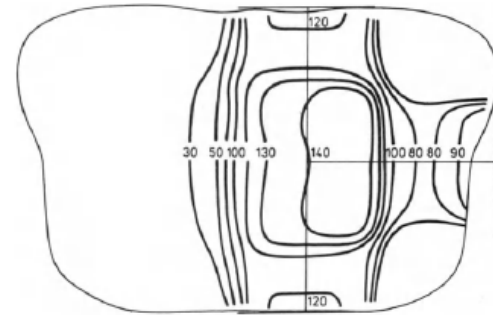
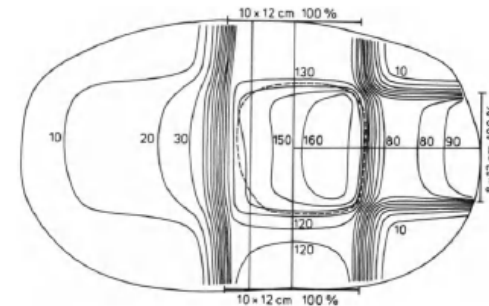
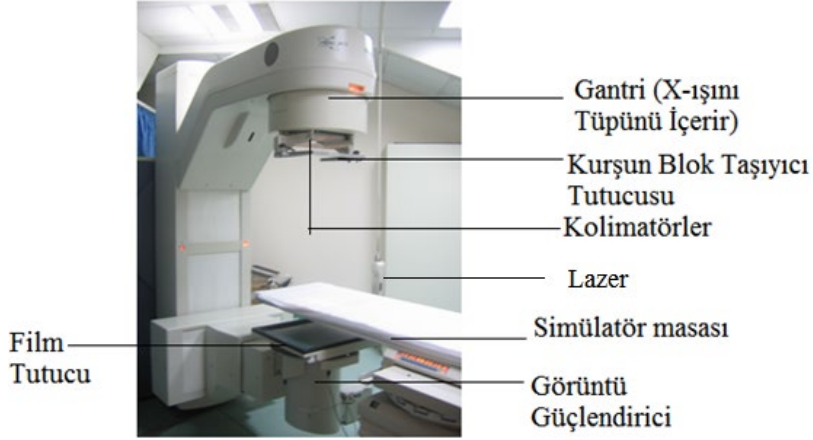


Fig. 109. 60-Co teletherapy of left lobe bronchial tumour through three stationary fields
SSD 80 cm
field size
10 x 12 cm
ventral and dorsal
8 x 10 cm lateral
Calculated isodoses
(Starzynska 1968)

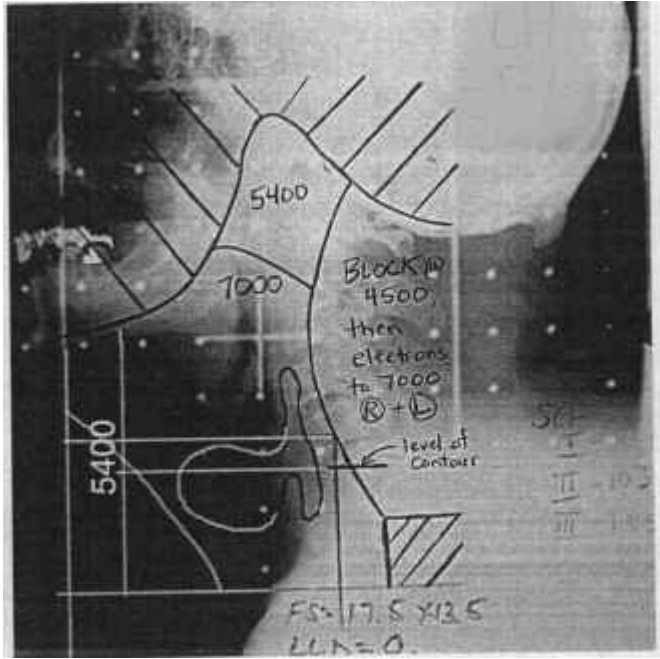


2DRT: İki Boyutlu Radyoterapi

- Alanlar radyasyon onkoloğunun genel anatomik bilgisine göre hasta üzerine çizilirdi.
- Konvansiyonel simülatörler kullanılarak ortogonal filmler çekilirdi.

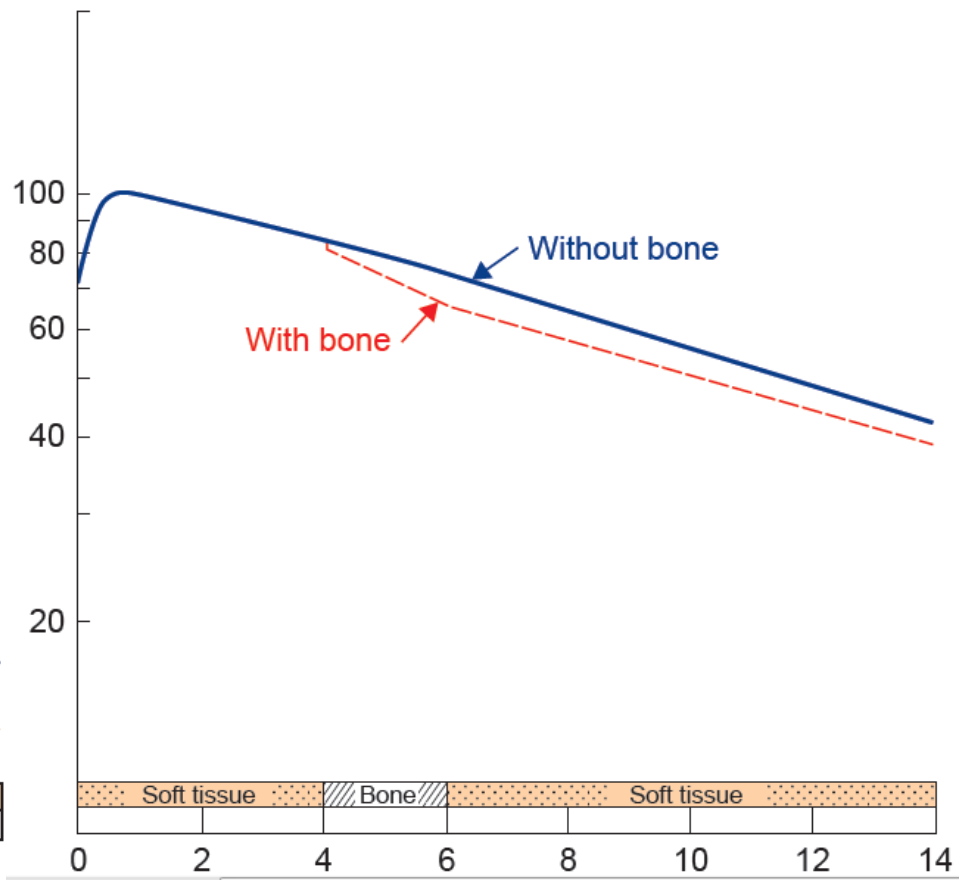
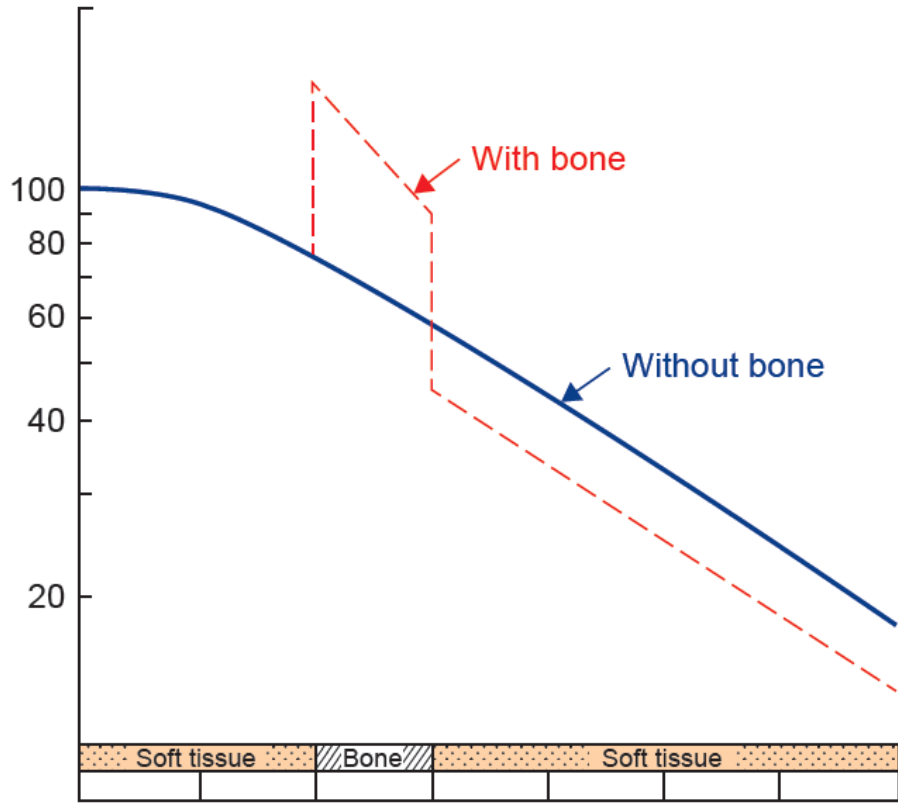


Alan boyutları kullanılırdı ve kemik yapılar referans alınırdı.
Işın geometrisi gantri açısı ya da izomerkez ile daha çok simülasyon sırasında belirlenir.

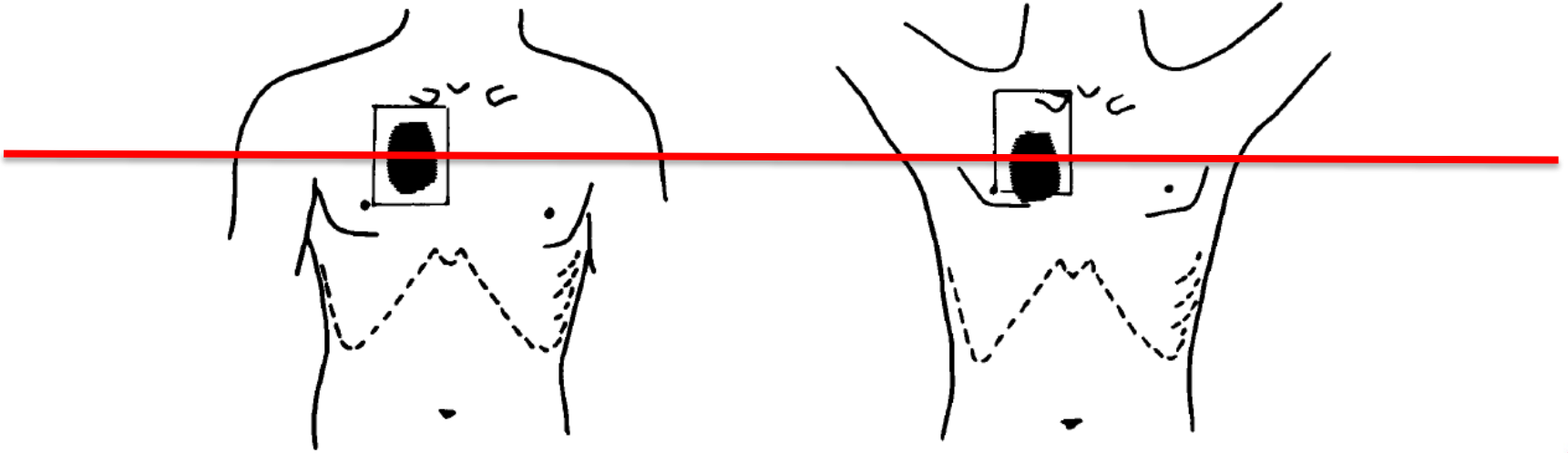


- Basit hesaplama algoritması kullanılarak, doz dağılımları merkez düzlemde oluşturulur ve değerlendirilir.
- Hava boşluğu, kemik, akciğer dokusu, gibi doku yoğunluklarının farklı olduğu bölgelerde yoğunluk farklarını hesaba katan (heterojenite) düzeltme faktörleri yapılmaz.

Percentage depth dose

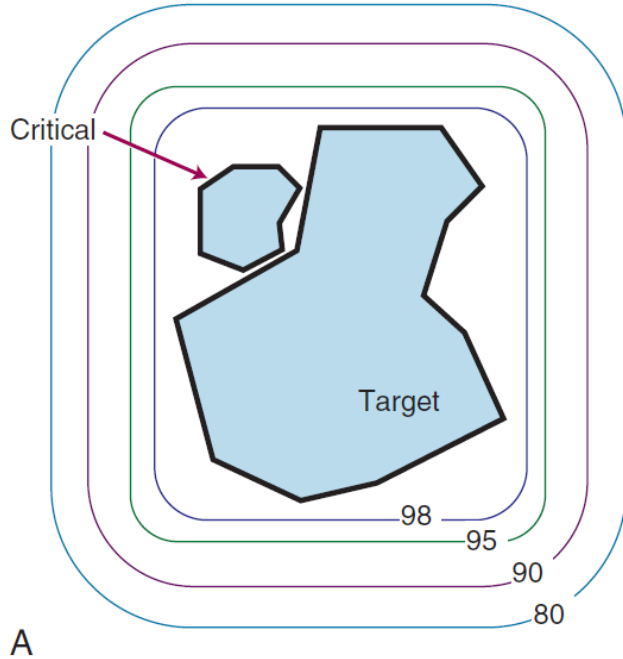


- 2DRT, hedef hacim ve normal doku boyutlarının değerlendirilmesinde, verilen dozun hesaplanmasında ve tedavi doğruluğunun belirlenmesinde (in vivo) yetersiz kalmıştır.

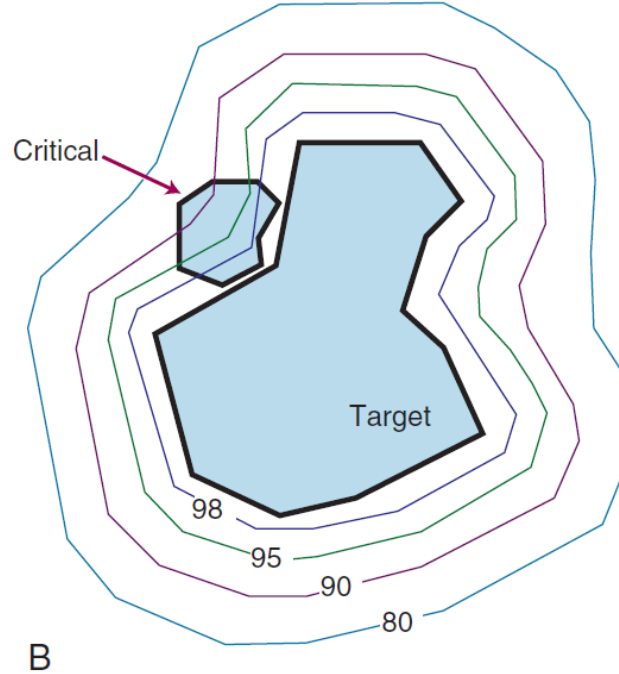


3DCRT: Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi

2DRT

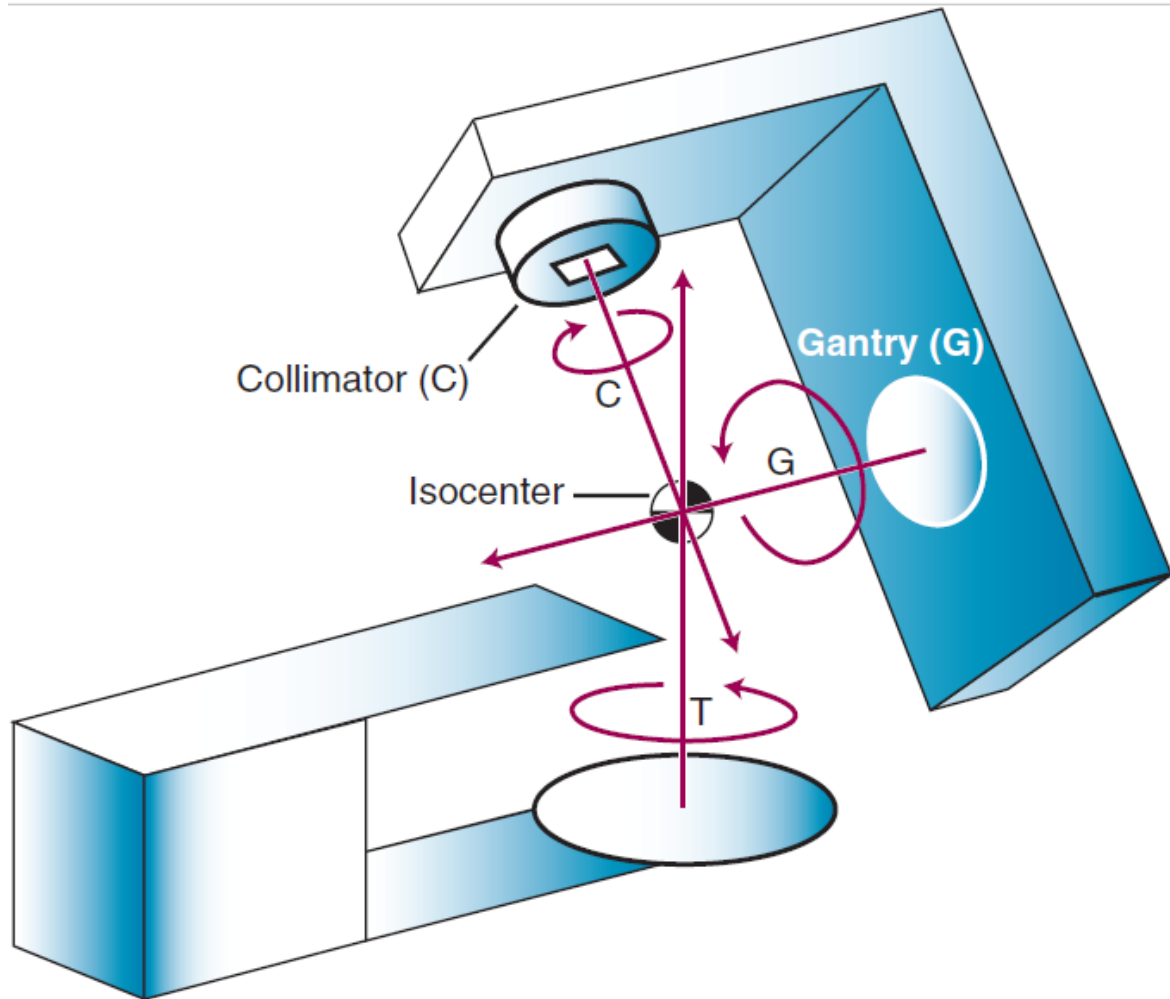


3DCRT



Sabit SSD Tekniği

- SSD (Source-Surface-Distance/ Kaynak Cilt Mesafesi) sabittir.
- Hastanın ışınlanacak tüm alanları cilt üzerine işaretlenir.
- Hesaplamalarda %DD tabloları kullanılır.
- Işınlanacak her bir alan için hasta set-up'ının yeniden yapılması ve tedavi süresinin uzun olması bu tekniğin dezavantajıdır.

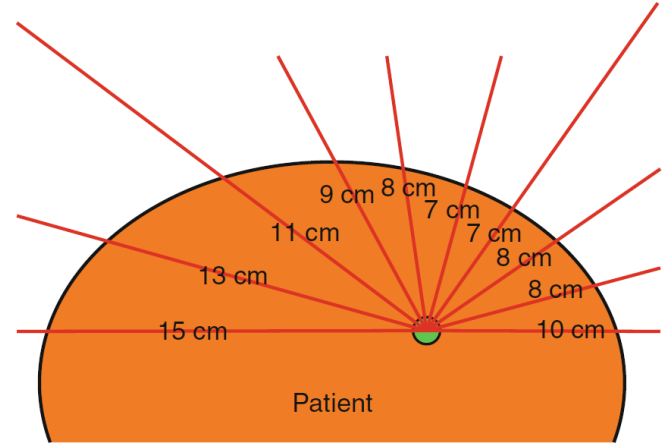


from *Clinical radiation oncology* / senior editors, Leonard L. Gunderson, Joel E. Tepper

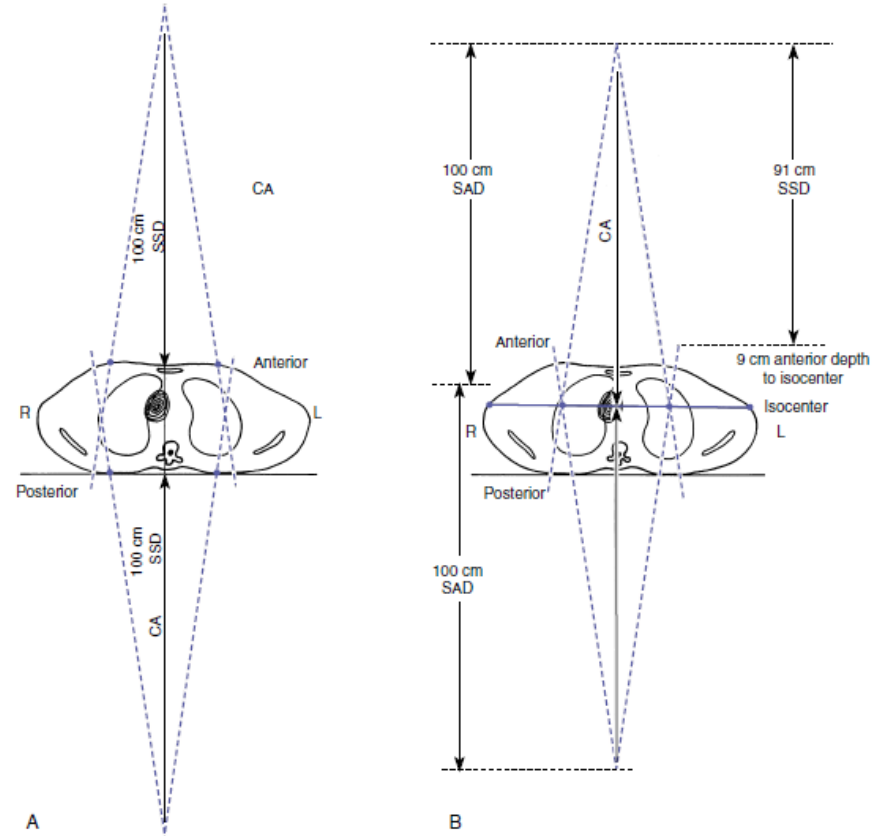


İzosentrik Tedavi Tekniği

- SAD (Source Axis Distance) kaynak eksen mesafesi ışın yönüne bakmaksızın sabittir.
- SSD ışın yönüne ve hasta konturunun şekline bağlı değişebilir.
- Hasta hareket etmez, yalnız gantry hareket eder.
- Alan boyutu izosentir'da tanımlanır.
- Hesaplamalarda izodoz eğrileri kullanılır.



- Bu teknik sadece SSD'nin her bir alan yönünden ayarlanmasından kurtulmakla kalmaz esas olarak bir çok hallerde *güvenilmez olan hasta üzerindeki işaretlere değil cihazın izosentirine dayanır.*

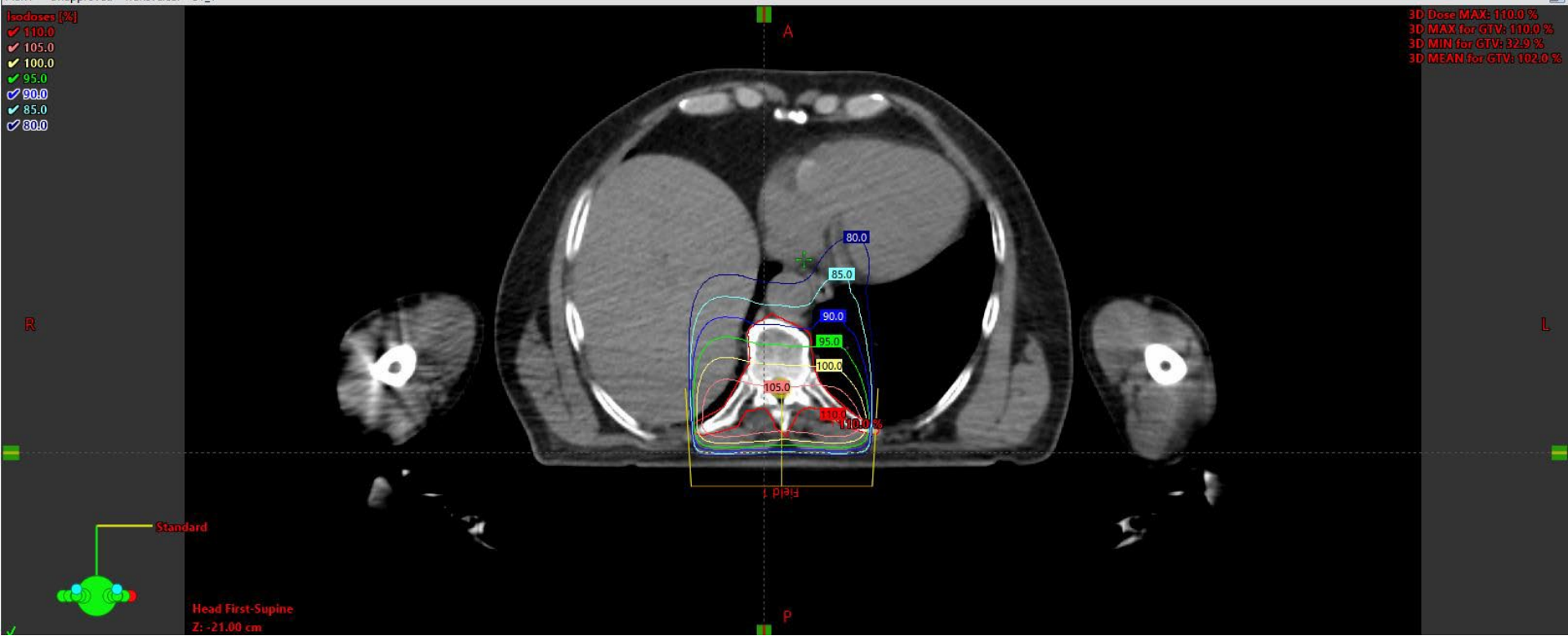


Tek Alan Uygulamaları

- Çok yaygın olmamakla birlikte supraclavicular nodes, internal mammary nodes (anterior field), ve spinal cord metastases (posterior field) gibi özel ışınlamalarda ve palyatif ışınlamalarda tek alan tekniği, kullanılabilir. kullanılabilmektedir.
- Bunlar dışındaki uygulamalarda tümörde ve etrafındaki normal dokularda kabul edilebilir bir doz dağılımını elde edebilmek ancak iki veya daha fazla tedavi alanının tercih edilmesiyle mümkün olmaktadır.

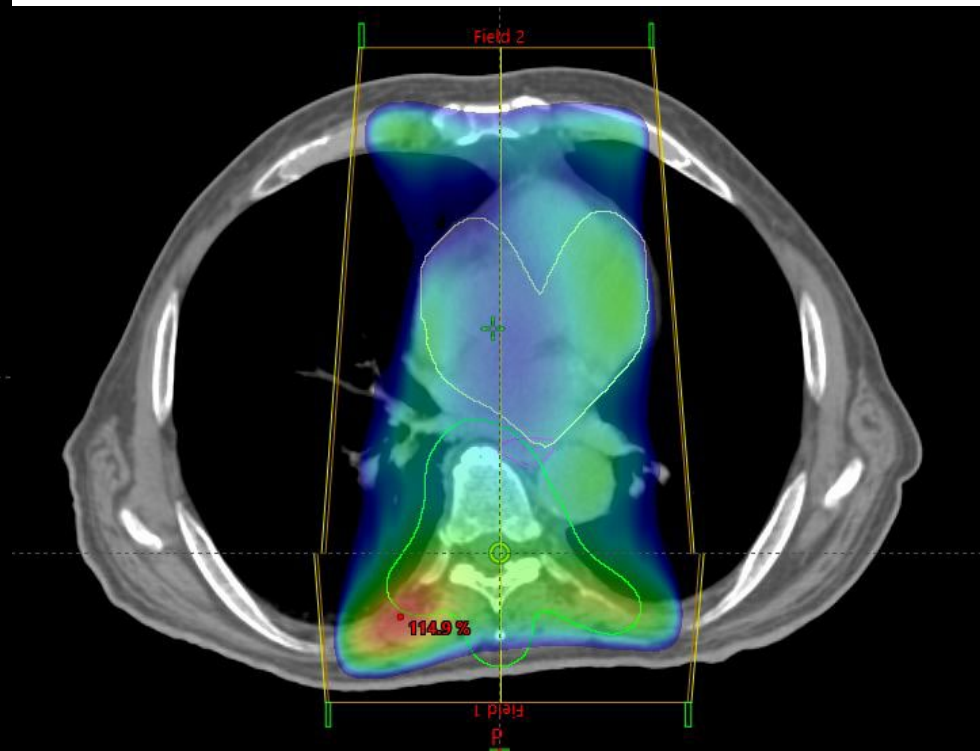
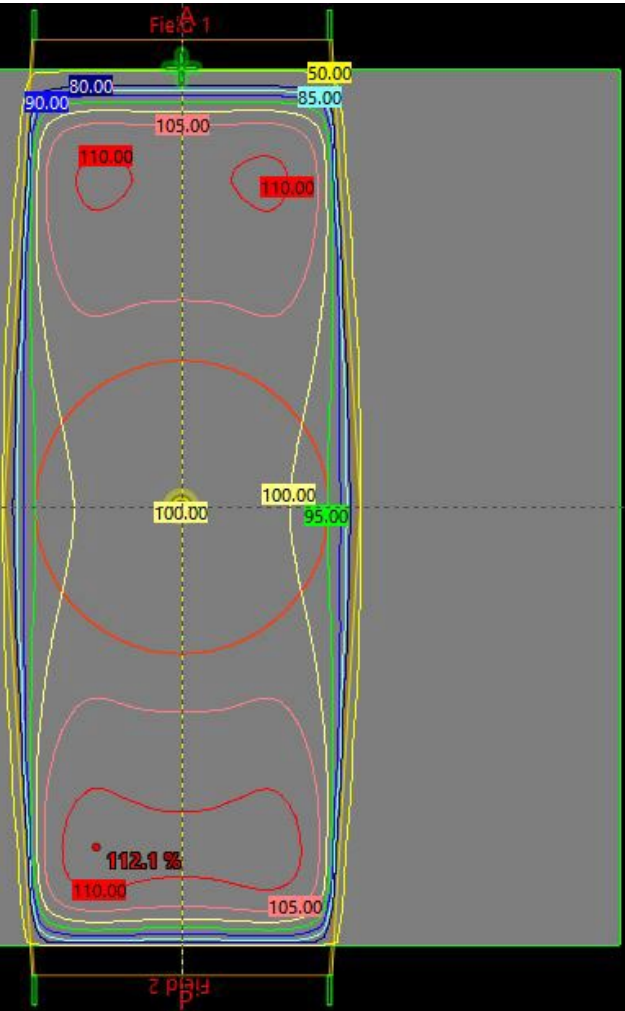
- Isodoses [%]
- ✓ 110.0
 - ✓ 105.0
 - ✓ 100.0
 - ✓ 95.0
 - ✓ 90.0
 - ✓ 85.0
 - ✓ 80.0

3D Dose MAX: 110.0 %
3D MAX for GTV: 110.0 %
3D MIN for GTV: 32.9 %
3D MEAN for GTV: 102.0 %

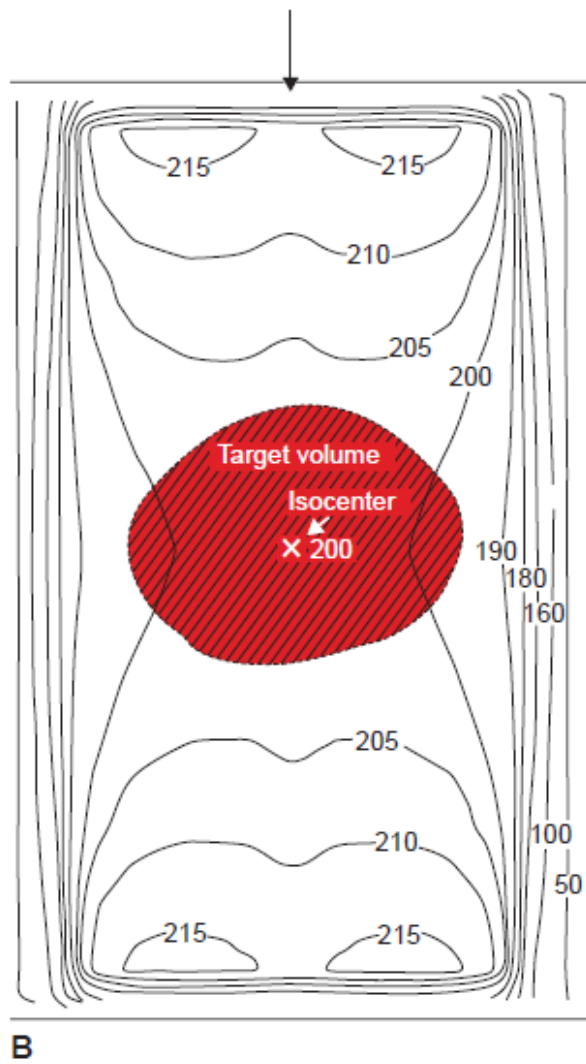
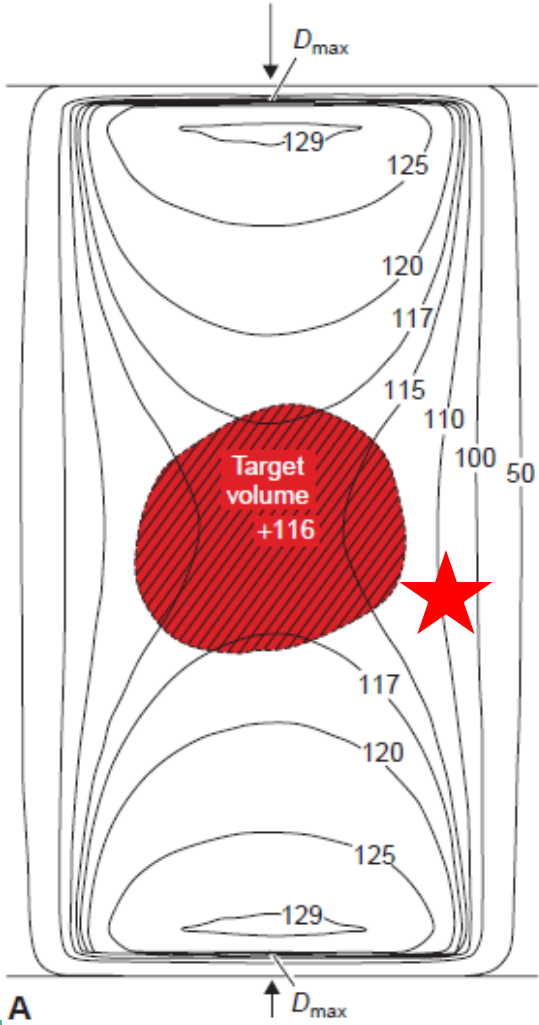


Karşılıklı Paralel Alanlar

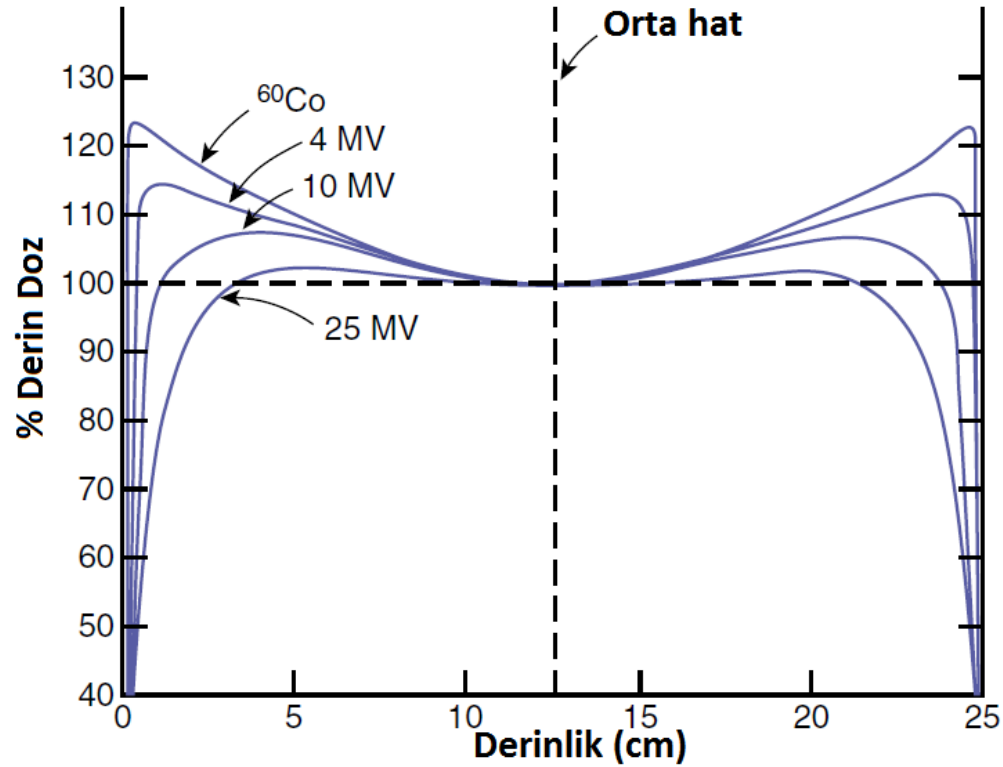
- İki alanın en basit kombinasyonu tedavi volümünün karşılıklı kenarlarından aynı eksen boyunca yönlendirilmiş alanlardır.
- Tümöre homojen doz verebilme (hedefi kaçırma ihtimali düşük),
- Bu alanlar için sonuç izodoz dağılımı, her alan için ayrı ayrı izodoz dağılımlarının toplanması şeklindedir.



Sabit SSD Tekniği



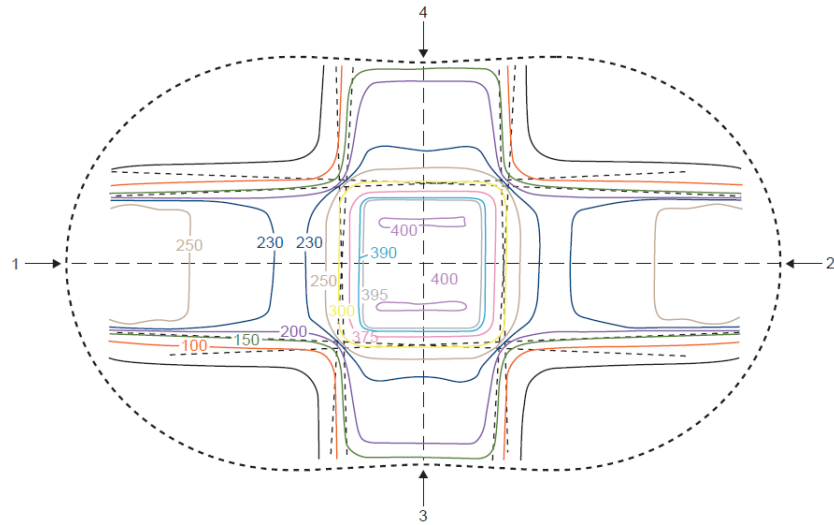
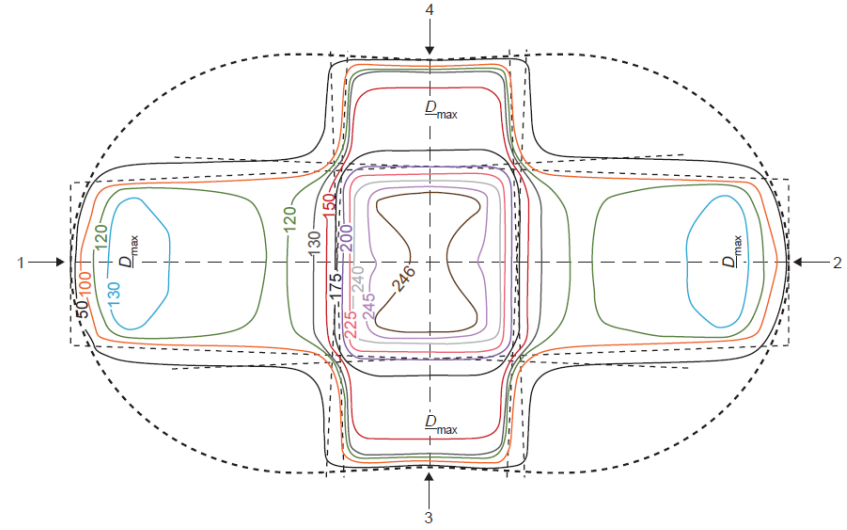
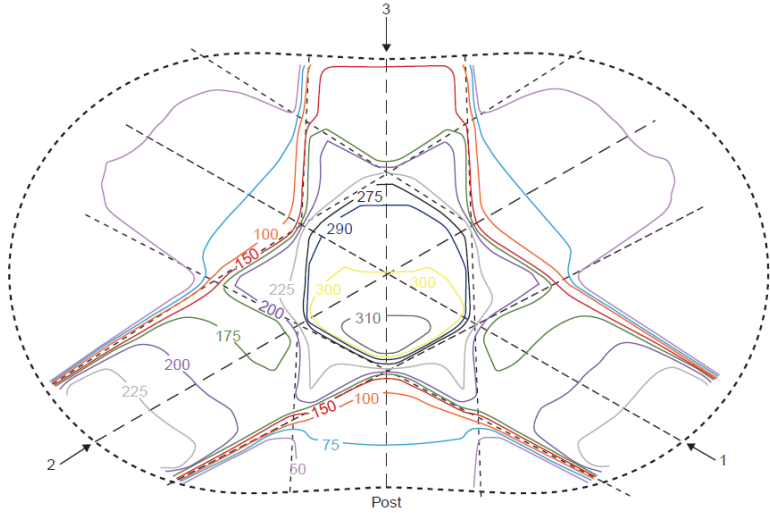
İzosentrik Tedavi Tekniği



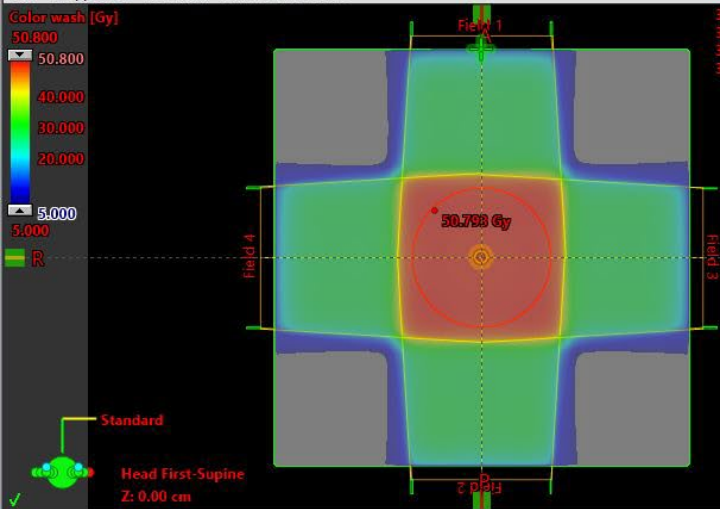
- Karşılıklı paralel alanlar kullanılarak farklı enerjilerde sabit SSD'lerde elde edilen yüzde derin doz eğrileri.

Çoklu Alanlar

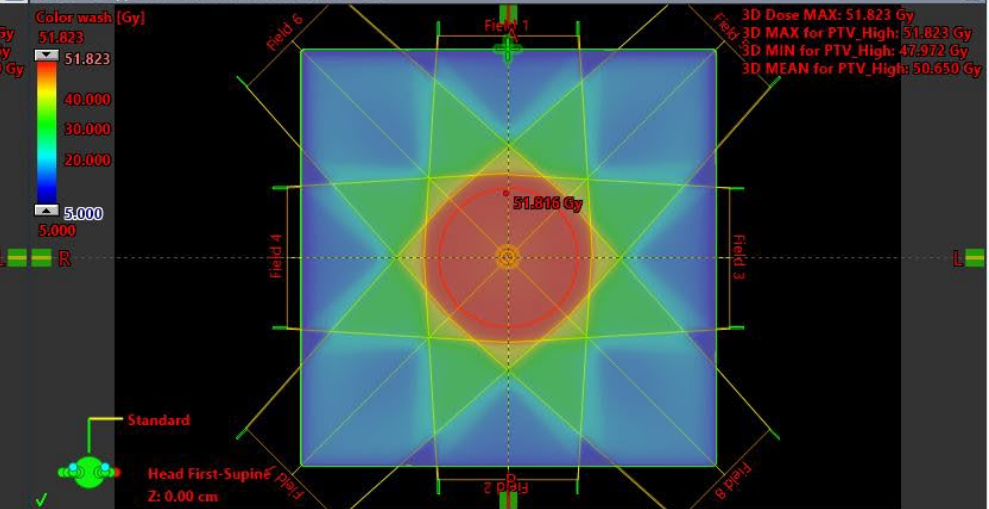
- Karşılıklı paralel ışınlamalarının tümörün altında ve üzerinde bulunan normal dokulara getirdiği zararı azaltmak için çoklu alanlar kullanılır.
- Böylece, hedef dokuya reçetelenen doz homojen bir şekilde verilirken, sağlıklı dokuların da olabildiğince düşük dozlara maruz kalmaları sağlanabilmektedir.



box - Unapproved - Transversal - PHANTOM 30x30x30



8 alan - Unapproved - Transversal - PHANTOM 30x30x30

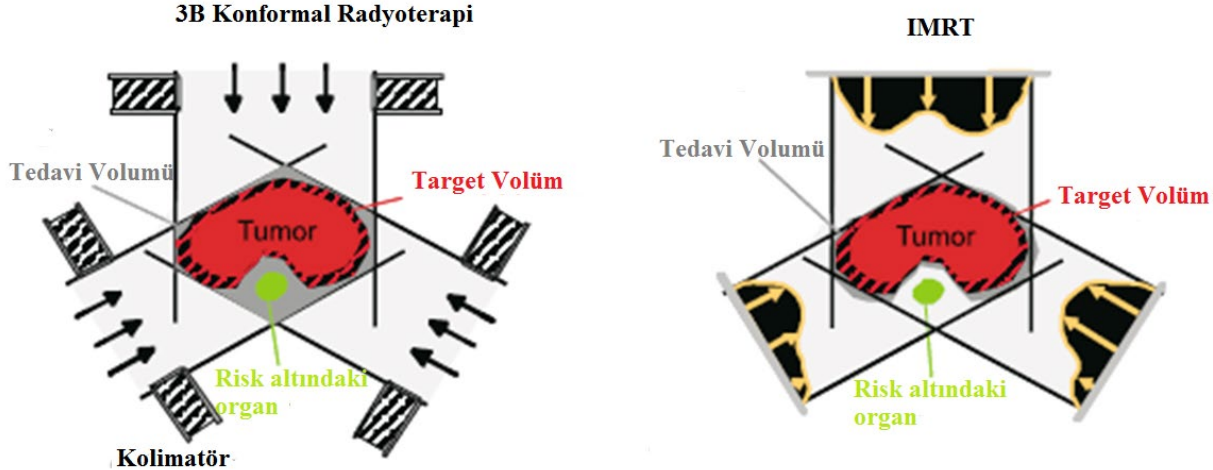


Rotasyonel Tedavi

- Hasta etrafında sürekli hareket eden huzme veya huzme sabit kalırken hastanın döndürülmesi izosentrik tekniğin özel bir hali olan rotasyon tedavisidir.
- Rotasyon tedavisi küçük ve derine yerleşmiş tümörler için uygundur.
- İzodoz dağılımlarında izosentrik izodoz eğrileri kullanılır.

IMAT/VMAT Teknikleri

- **IMRT (Yoğunluk Modülasyonlu Radyoterapi)**, 3B konformal radyoterapinin özel bir formudur. IMRT’de, bir hastayı birçok farklı yönden doz sağlamak üzere, optimize edilmiş düzensiz yoğunluk demetleriyle tedaviler elde edilebilmektedir.



- **IMAT (Yoğunluk Modülasyonlu Ark Tedavi)** tekniği, doz hızı ile gantry hızının tedavi sırasında değişmediği, ışın rotasyonu ve dinamik yaprak kolimasyonunu birleştiren bir tedavi modalitesidir. Bu teknikte *doz hızı ve gantri dönme hızı sabittir*. Statik ve dinamik IMRT'ye göre büyük bir avantajı bulunmamaktadır.
- **VMAT (Hacim Modülasyonlu Ark Tedavi)** tekniği, IMAT'ın temel prensiplerinin geliştirildiği, tedavi cihazının değişken şekil ve yoğunluğa sahip ışınların döndürülerek verilmesiyle oluşan hacimsel tedavi şeklidir.

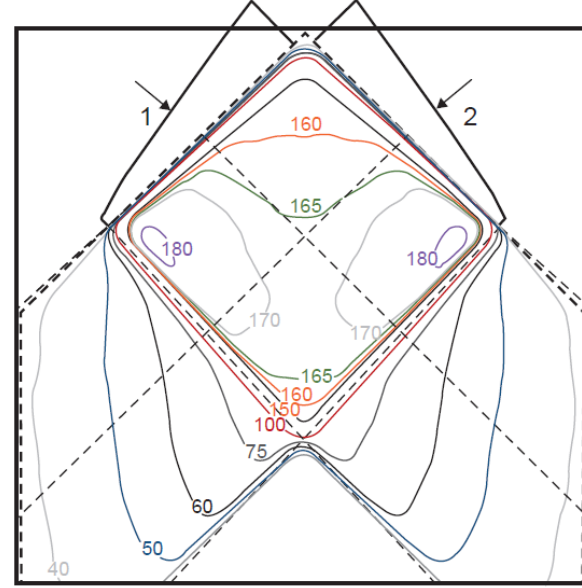
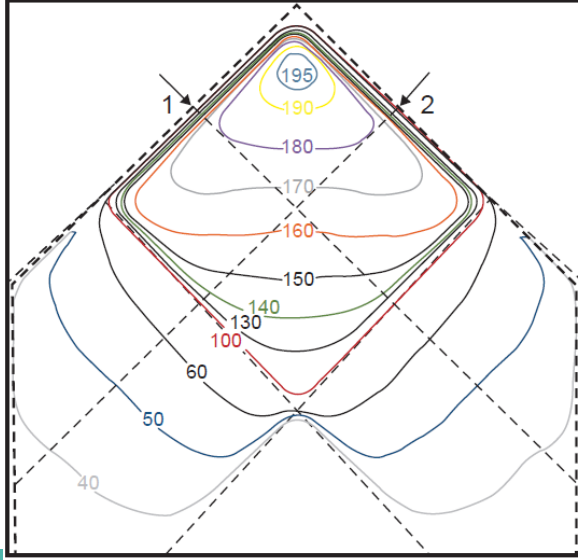
	IMRT	IMAT	VMAT
Gantry Dönüş Hızı (Işınlama esnasında)	Gantry durgun	Gantry sabit hızla döner	Gantry değişken hızla döner
Işının Şekli (MLC)	Sabit (Statik MLC)	Dinamik (Sliding Window)	Dinamik (Sliding Window)
Doz Hızı	Sabit	Sabit	Değişken
Tedavi Süresi	Uzun(10-15dk)	Kısa	Çok Kısa

Alan Şekillendirme: Kama-Wedge Filtre

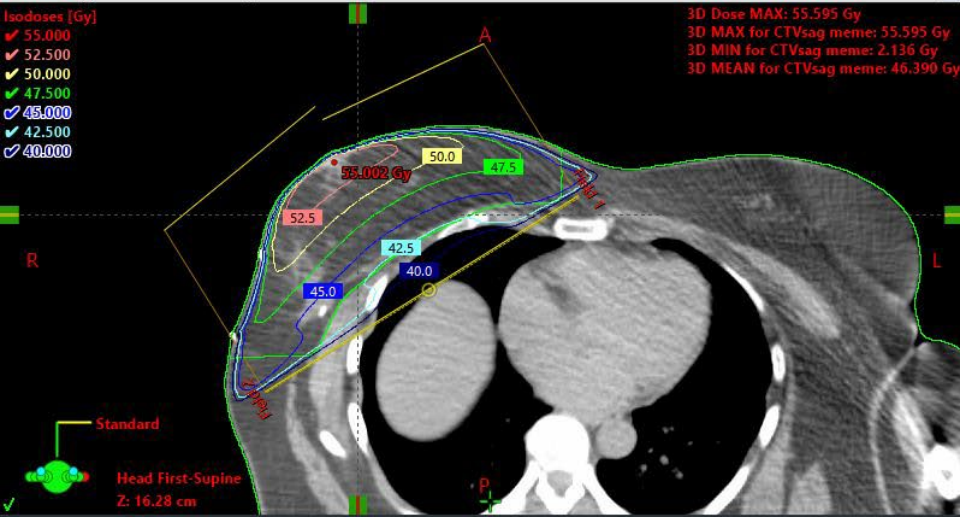
- Wedge filtreler, gelen ışın ile ışınlanacak volüm arasına yerleştirildiğinde, wedge açısına bağlı olarak doz dağılımında asimetriye yol açan düzeneklere denir.
- Homojen olmayan doz dağılımının sebepleri:
 - Vücut konturunda düzensizlikler
 - Alan sayısına ve doğrultusuna bağlı çakışmalar

Alan Şekillendirme: Kama-Wedge Filtre

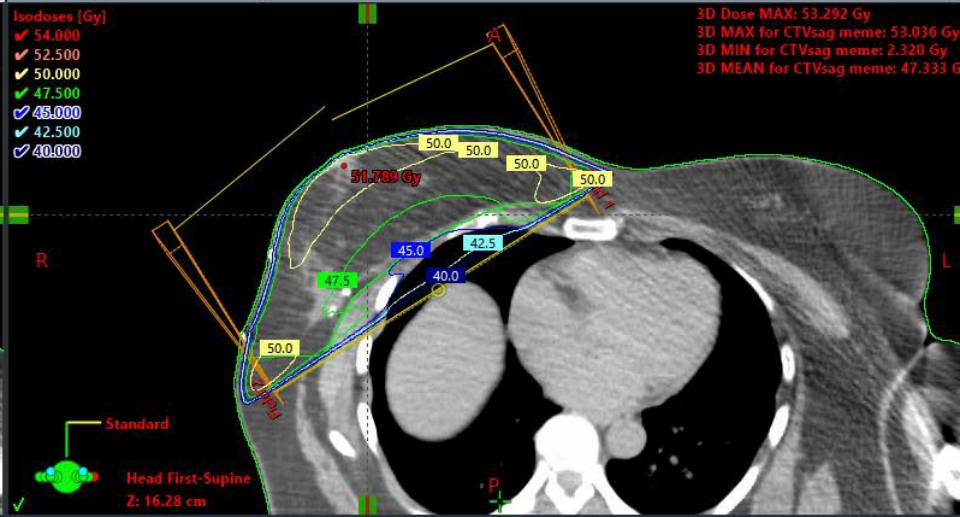
- Kama şekilli filtreler ışın demeti önüne konduğunda ince kenarda az, kalın kenarda ise fazla soğurma sağlayarak açık alanda elde edilen izodoz dağılımının eğilmesini sağlar.



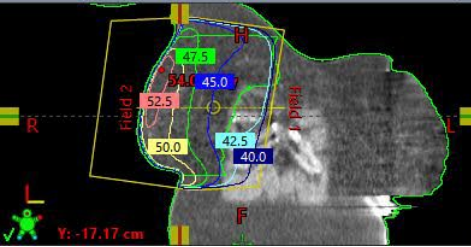
Plan5 - Unapproved - Transversal - CT_1



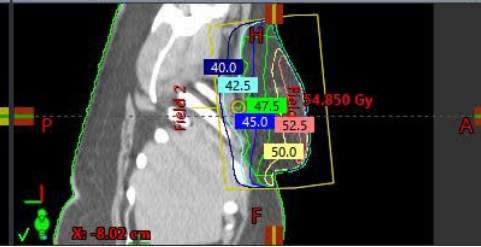
Plan4 - Unapproved - Transversal - CT_1



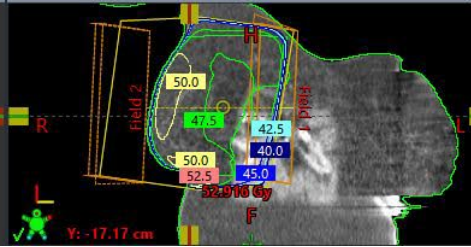
Plan5 - Unapproved - Frontal - CT_1



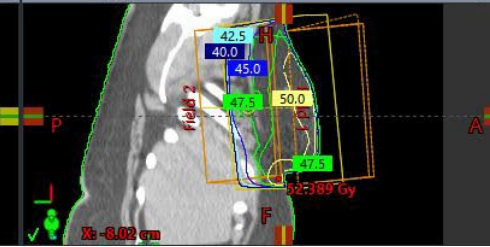
Plan5 - Unapproved - Sagittal - CT_1

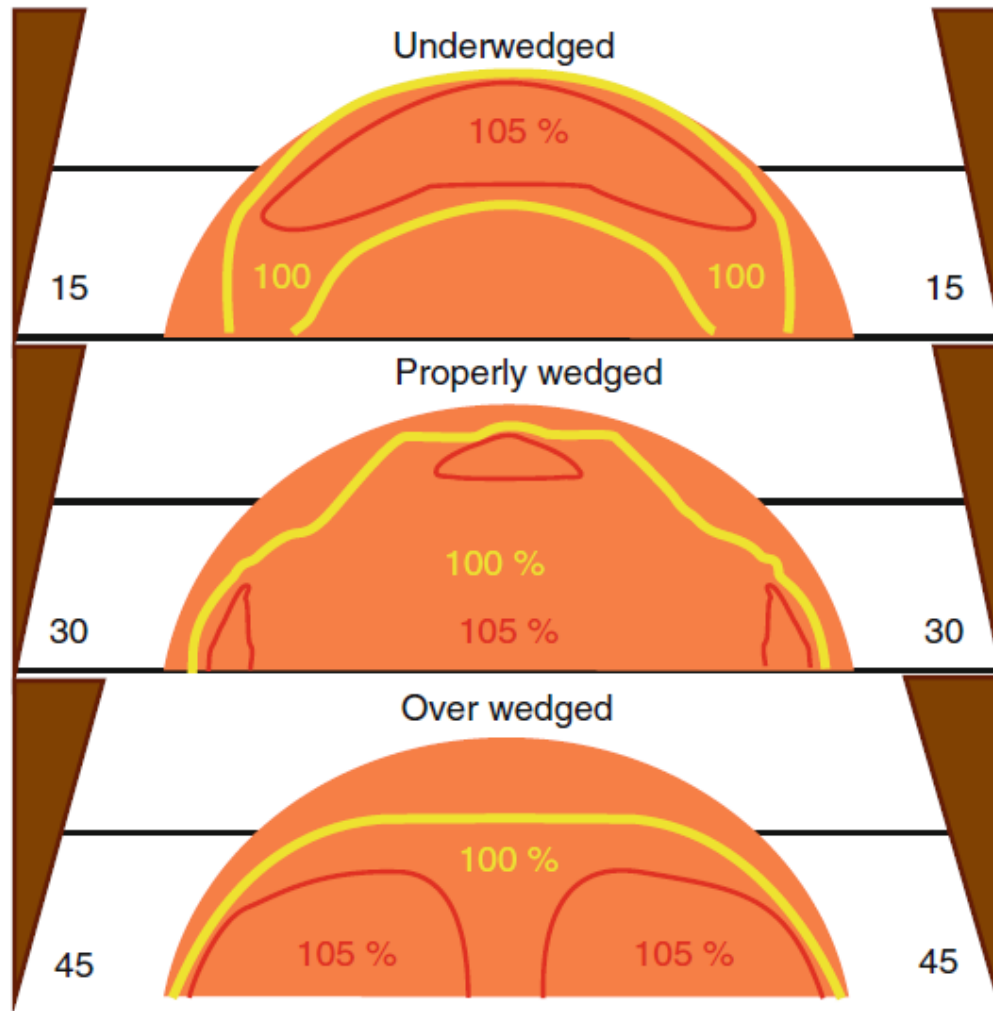


Plan4 - Unapproved - Frontal - CT_1



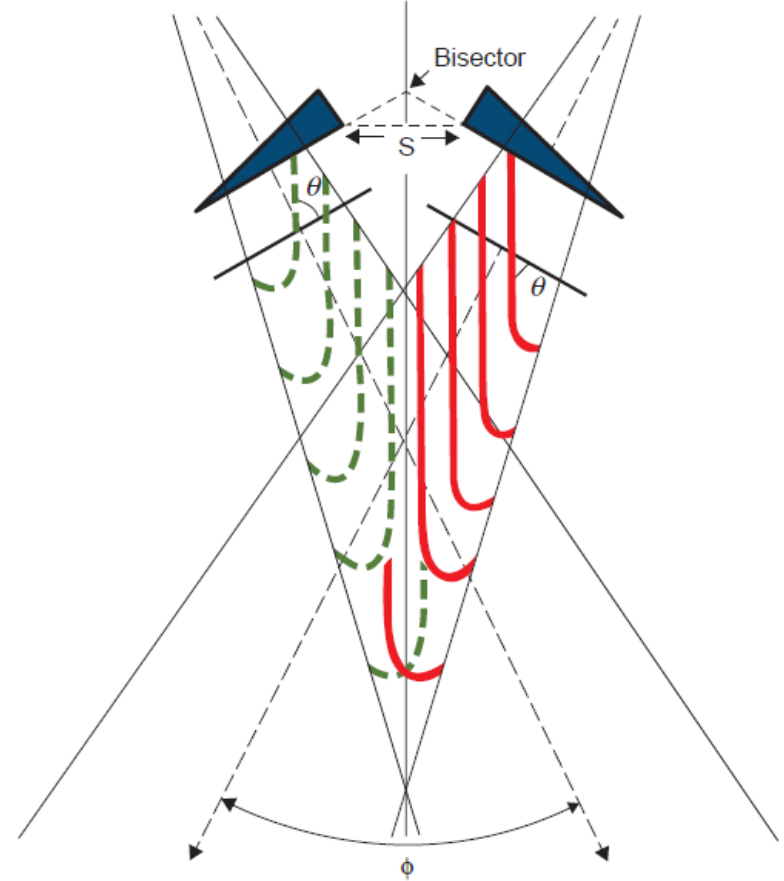
Plan4 - Unapproved - Sagittal - CT_1

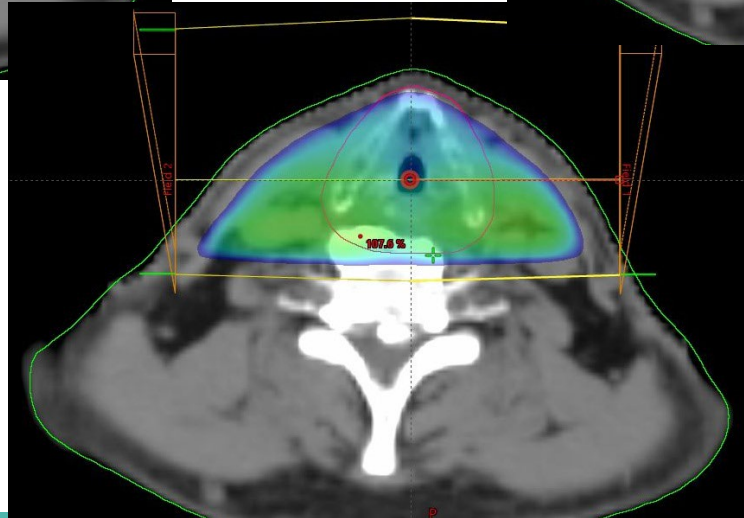
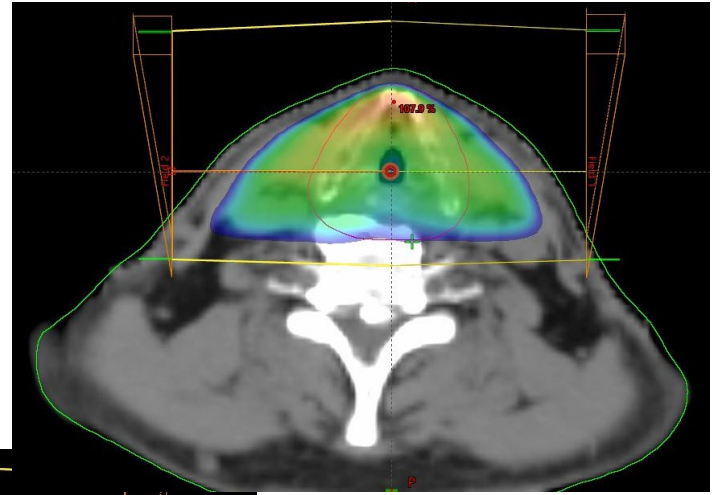
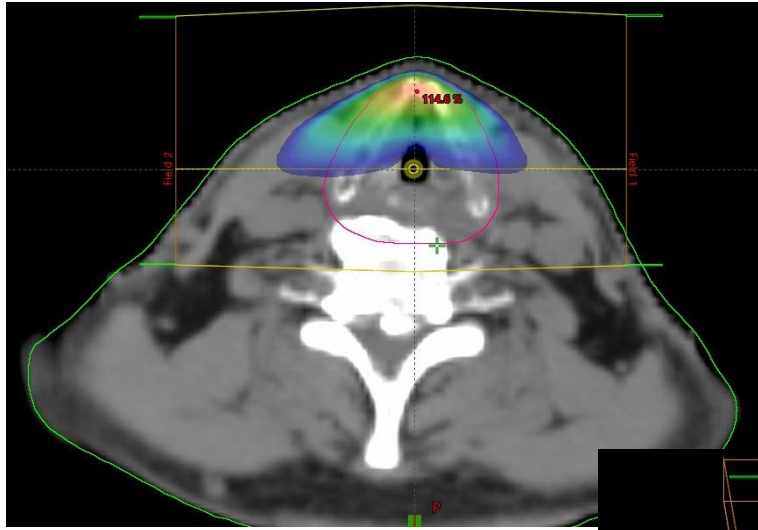


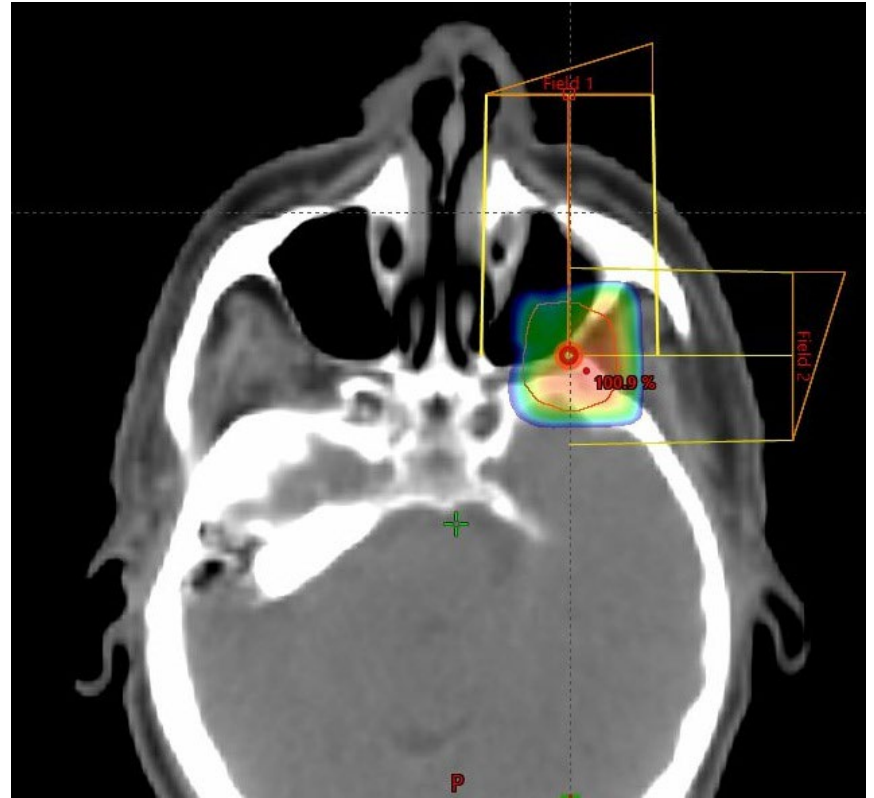
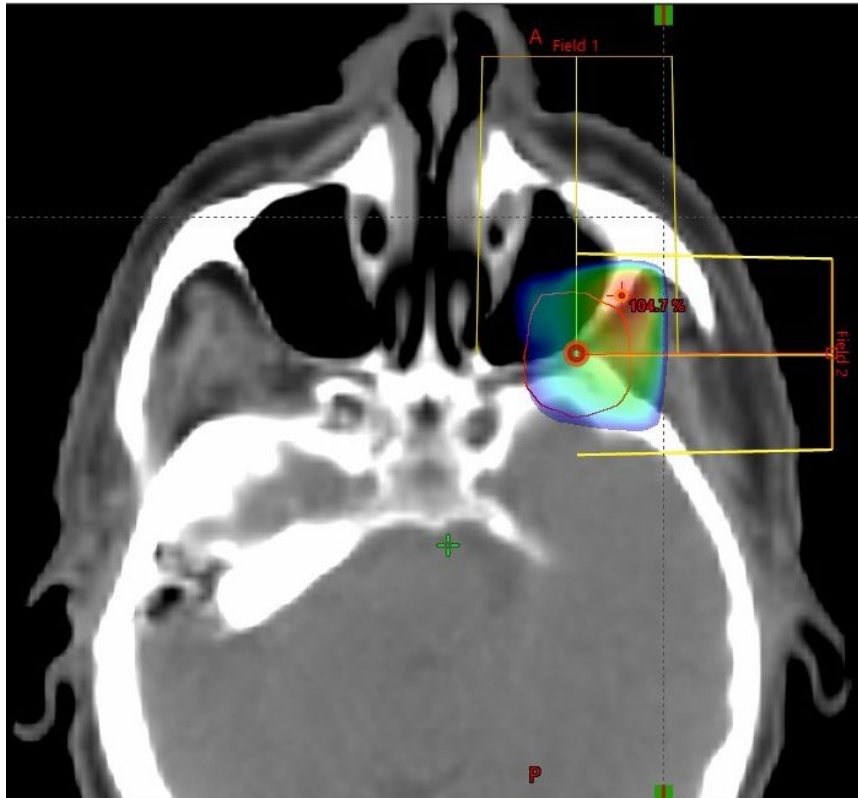


- Kesişim bölgesinde homojen doz dağılımı elde edebilmek için kama filtrelerin seçiminde; kama açısı (θ) ve menteşe açısı (ϕ) parametreleri arasındaki ilişki:

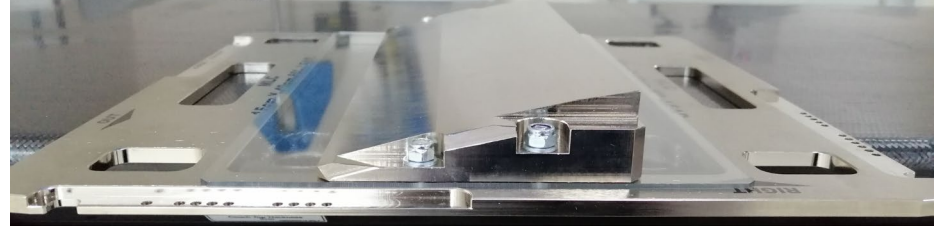
$$\theta = 90^\circ - \phi/2 \text{ dir.}$$







- Sabit wedgeler
- Dinamik wedgeler
- Motorize wedgeler olmak üzere 3 çeşittir.

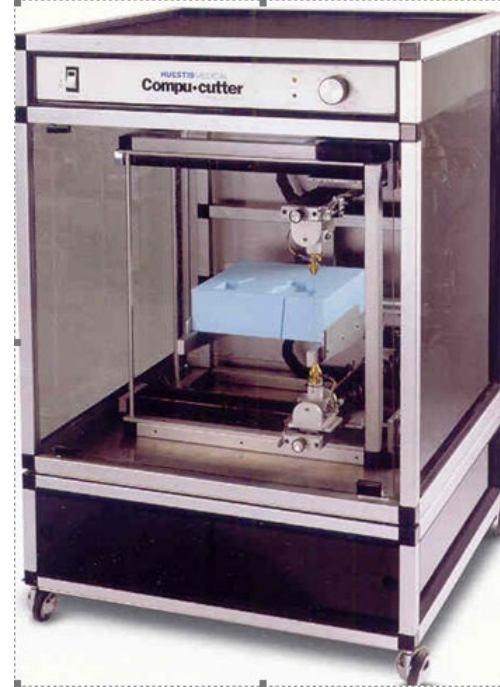


Alan Şekillendirme: Alaşımli Koruyucu Bloklar

- Lipowitz metal (Cerrobend) alaşım;
 - 13,3% kalay,
 - 50% bizmut,
 - 26% kurşun
 - 10% kadmiyum
- Kişiyeye özel, Işın diverjansına uygun hazırlanır.
- Blokların şekillendirilmesi uğraştırıcı ve zaman alıcıdır.
- Blok yapımı esnasında zehirli gazlar oluştuğu için havalandırmaya ihtiyaç vardır.
- Her set-upta tray'lerin takılıp çıkartılması zaman alır.
- Teknisyenlerin iş yükünü arttırır.



Alan Şekillendirme: Alaşımli Koruyucu Bloklar

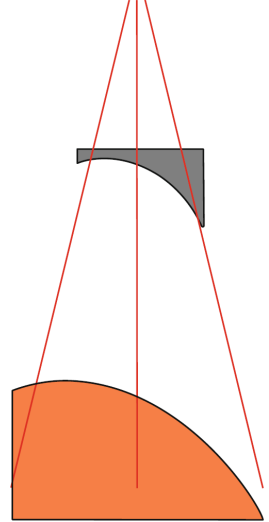




MEB Radyoterapide Fokalize Blok

Alan Şekillendirme: Kompansatörler

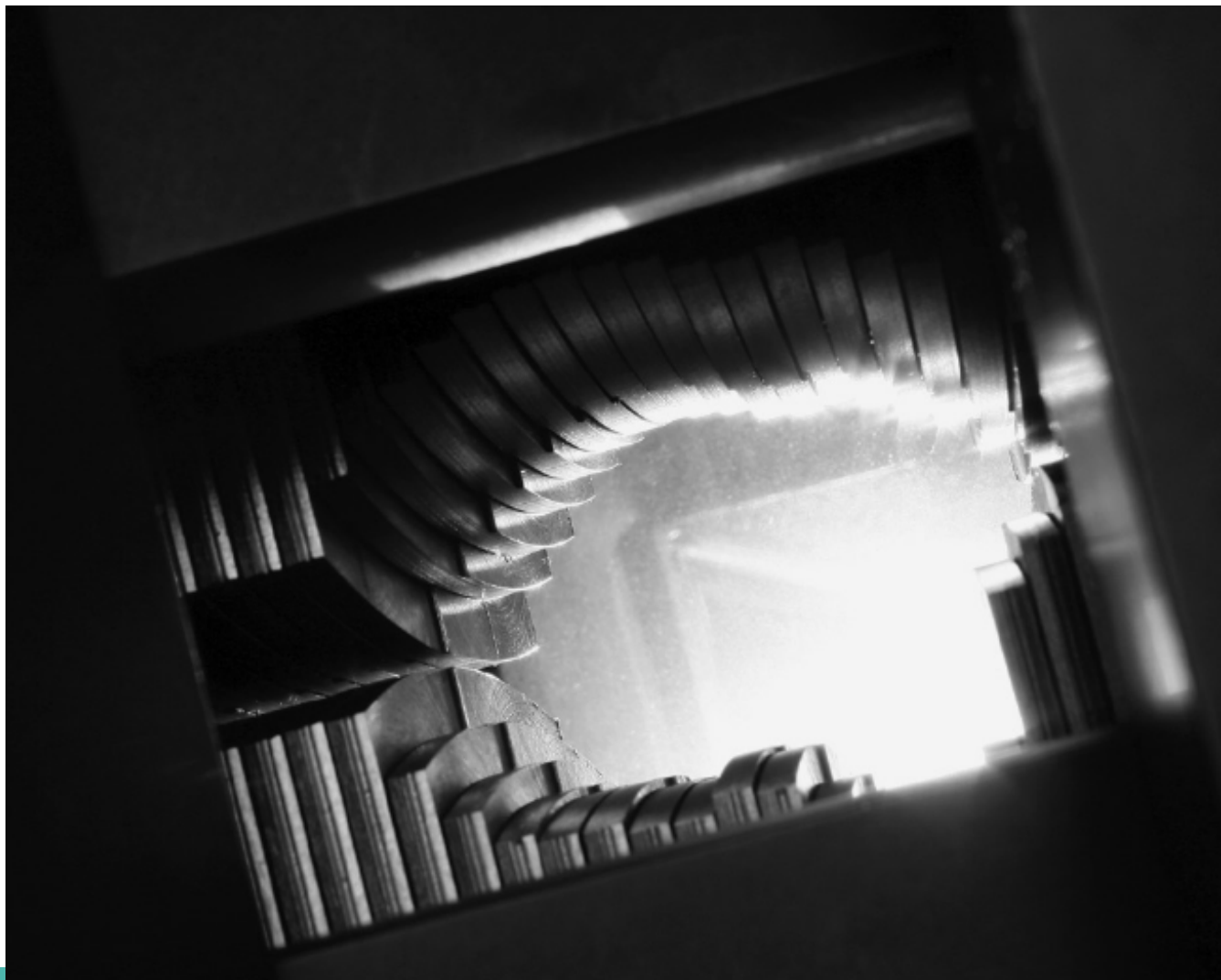
- Kompansatör filtreler; cilt yüzeyi konturlarını eşitlemek, doku heterojenitesini kompanse etmek, özellikle alan kenarlarına yakın yerlerde azalmış saçılma nedeniyle ortaya çıkan doz düzensizliklerini gidermek amacıyla kullanılır.
- Cilt yüzeyini efektif olarak düz ve her bir ışına dik yapar.



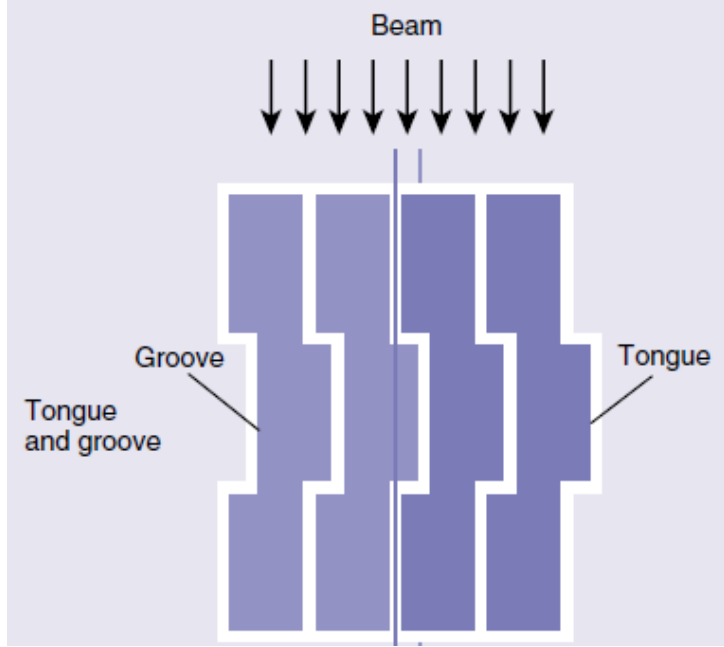
Alan Şekillendirme: MLC

- MLC: Multi-Leaf Collimator (Çok Yapraklı Kolimatör)
- Ağır metal bloklar yerine MLC'lerin kullanımı, alan şekillendirmede kolaylık sağlar. MLC'ler radyasyon alanını düzenli veya düzensiz alan oluşturarak şekillendiren, birbirinden bağımsız ve otomatik hareket edebilen metallere üretilen ve birçok liften meydana gelen sistemlerdir.
- Alan şekillendirilmesi kısa bir sürede yapılır.
- MLC'ler ile geometrik olmayan alanlar oluşturulabilir.
- Tray'lere gerek yoktur.
- Koruma bloklarının yapımında oluşabilecek hatalar olmayacaktır.
- Teknisyenlerin iş yükünü azaltır.

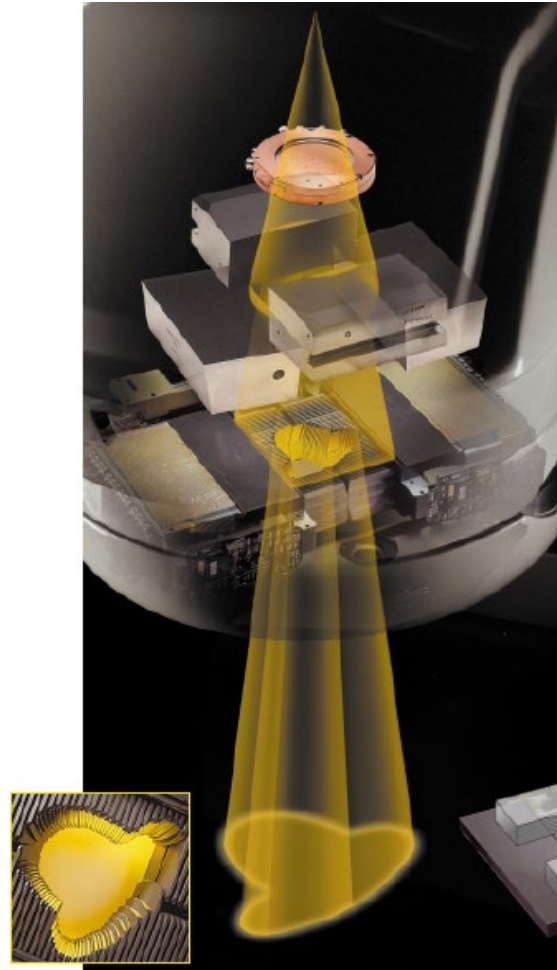






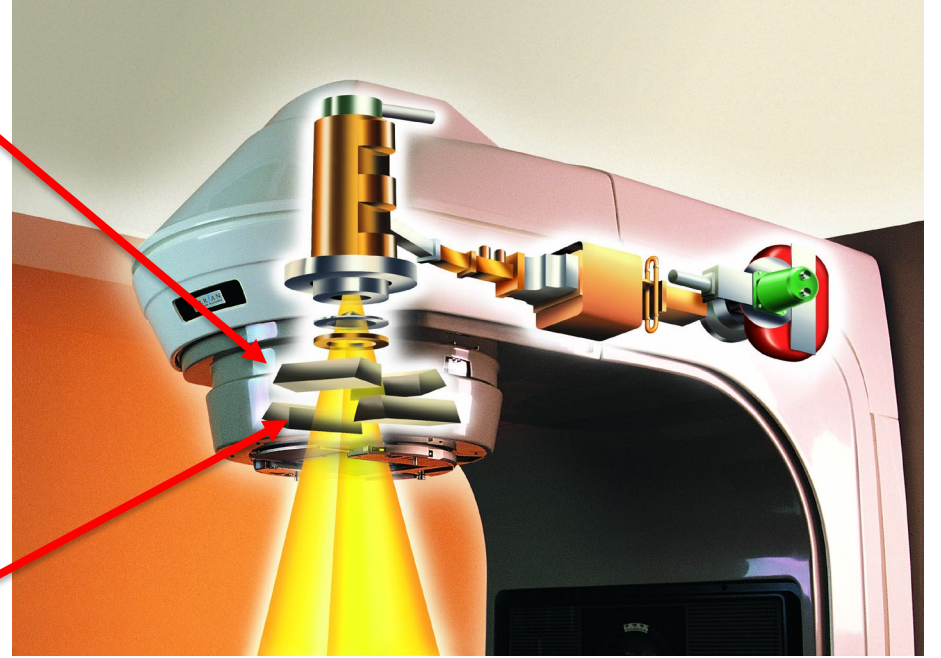


- Bu teknolojinin en büyük etkisi, otomatik alan şekillendirme ve ışın yoğunluğunun ayarlanmasıdır. 3-DCRT, IMRT ve VMAT gibi modern radyoterapi teknikleri, dinamik olarak kontrol edilen MLC'lere bağımlıdır.

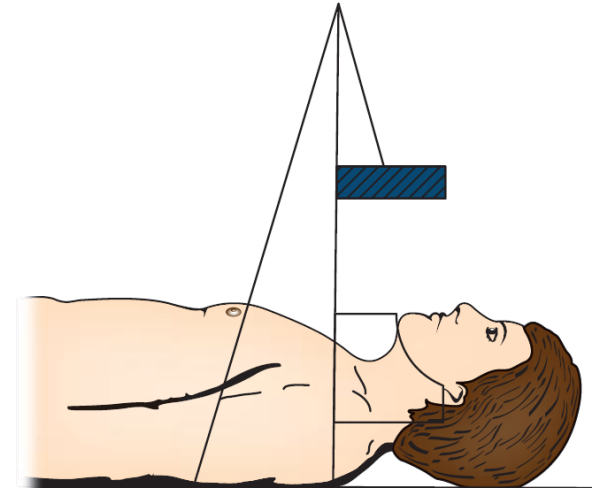
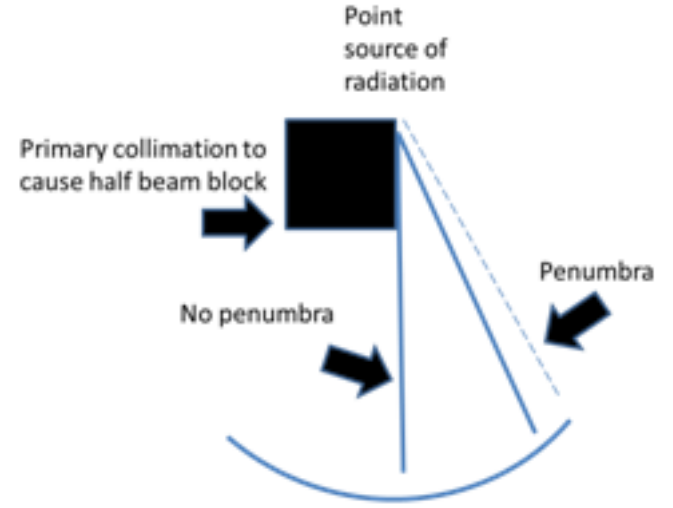


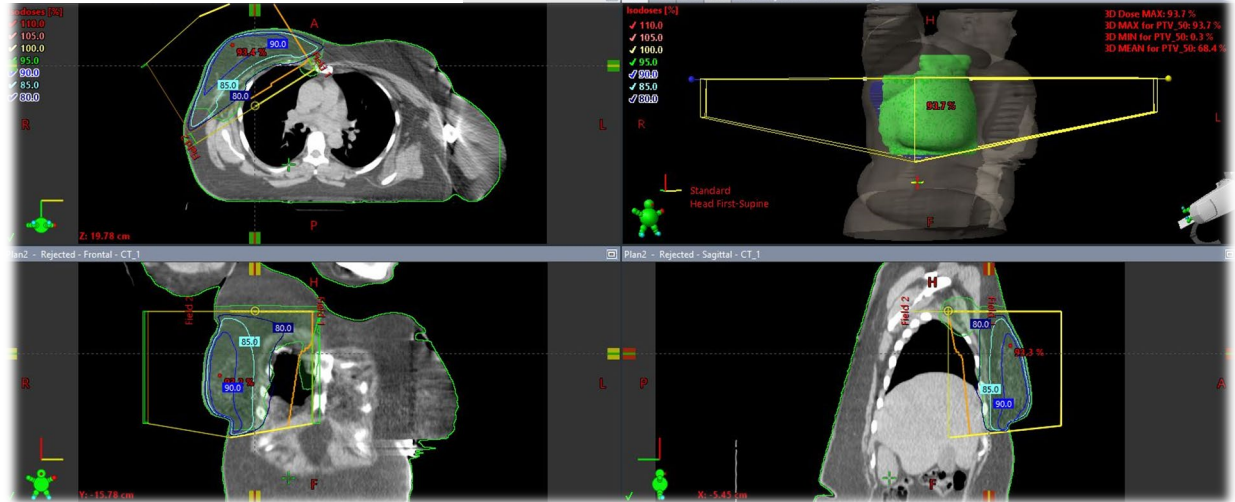
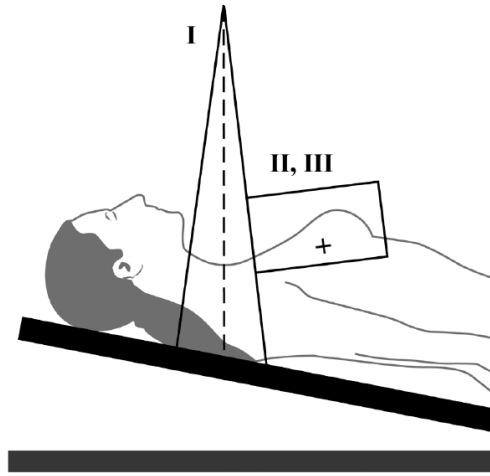
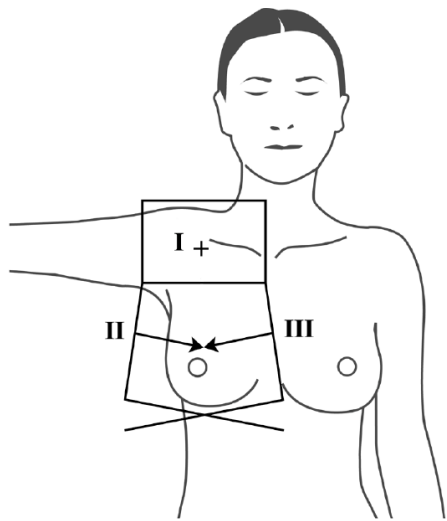
Alan Şekillendirme: Asimetrik Kolimatörler

- Asimetrik kolimasyon; lineer hızlandırıcıların sekonder kollimatörlerinin birbirinden bağımsız olarak hareket edebilme özelliğidir.



- Asimetrik alanlar eşmerkezin yerini değiştirmeden alanın bir kısmını bloklamak için kullanılırlar.
- Her ne kadar bloklama çoğu kez düzensiz alan şekilleri oluştursa da, dikdörtgensel bloklama, bağımsızca hareket edebilen kolimatörler ya da çeneler tarafından kolaylıkla yapılabilir.
- Bu özellik, çakışan alanlar (bitişik alanlar) ya da demet ayırma (beam splitting) kullanıldığı durumlara çok uygundur.
- Demet ayırma durumunda, demet merkezi ekseninde bloklanarak diverjans ortadan kaldırılır.





Color wash [Gy]

23.583

23.583

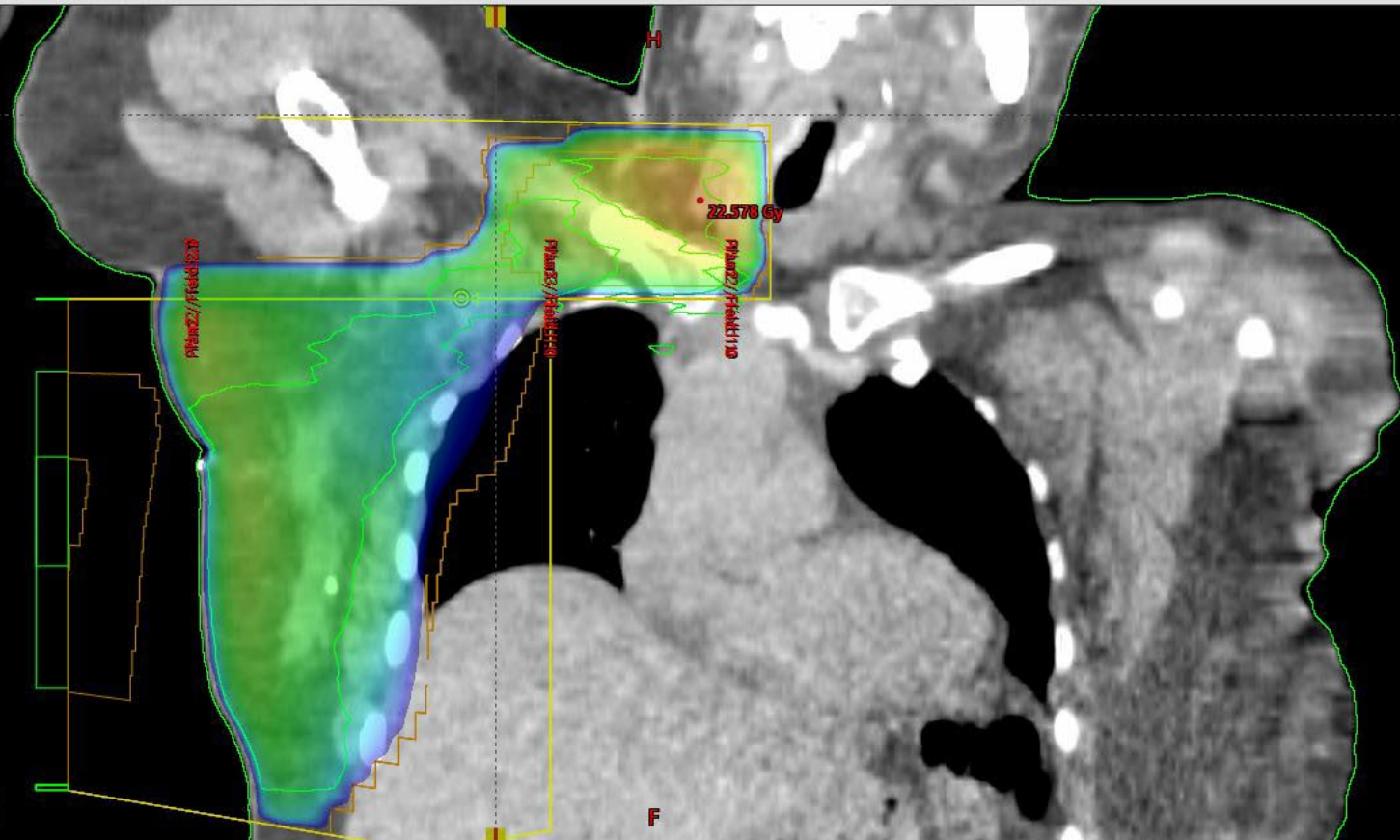


R



Standard

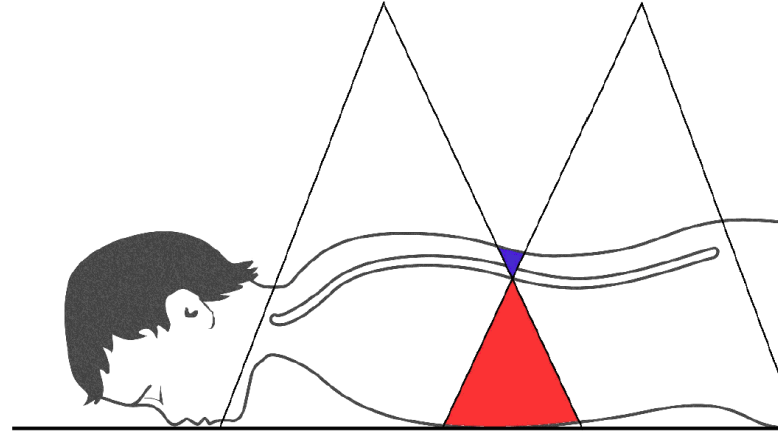
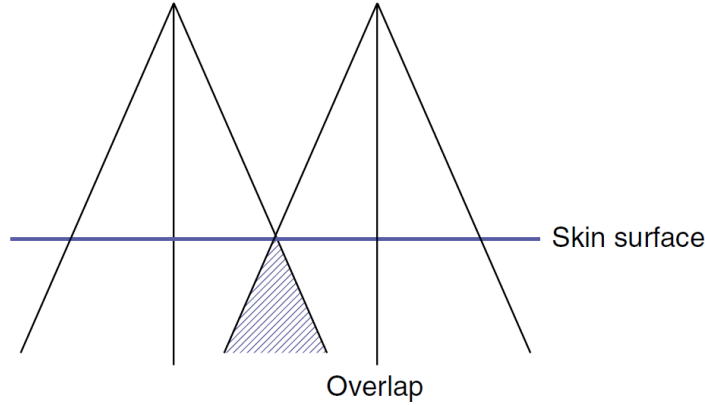
Head First-Supine
Y: -11.34 cm



3D
3D
3D

Alan Birleşimleri

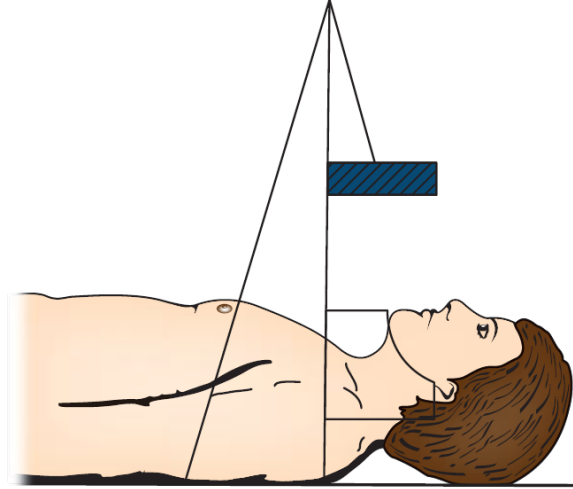
- Lineer hızlandırıcıların maksimum alan boyutuna sığmayacak büyüklükteki tedavi alanları (örn: Kraniospinal ışınlama) bölünerek ayrı ayrı ışınlanabilmektedir. Bu sırada ışınların diverjans özelliği nedeniyle iç içe geçmesi **overlap** bölgeleri söz konusudur.



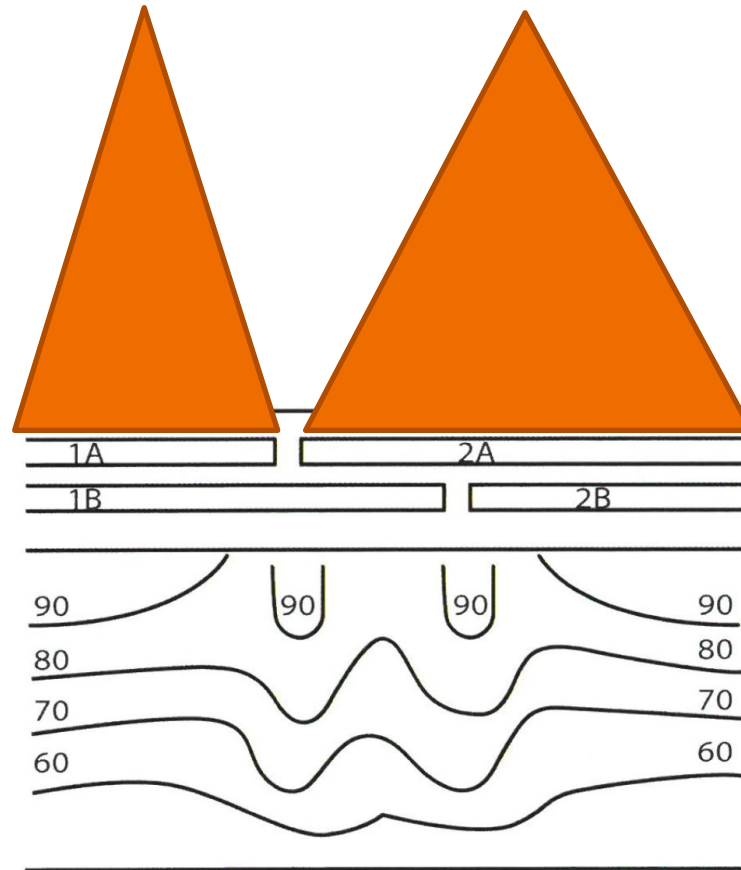
- Bitişik alanları eşleştirmek için geliştirilmiş birçok yöntem vardır.
 - Split Beam (Huzmenin yarısının kapatılması)
 - Double Junction (Çift kavşak)
 - Geometric Matching
 - Moving Junction (Hareketli Kavşak)

Split beam metodu

- Bu metotta yalnız ışının yarısından yararlanılır.



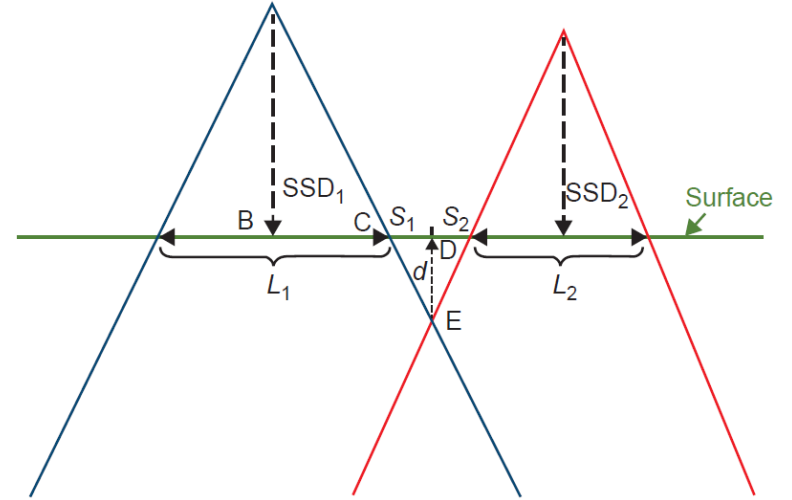
Double Junction



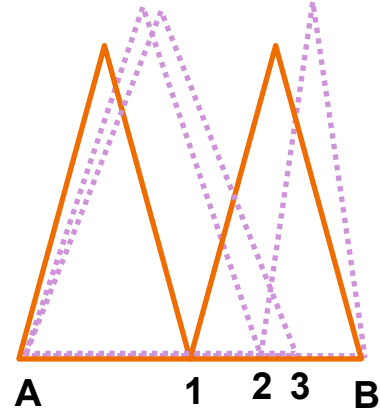
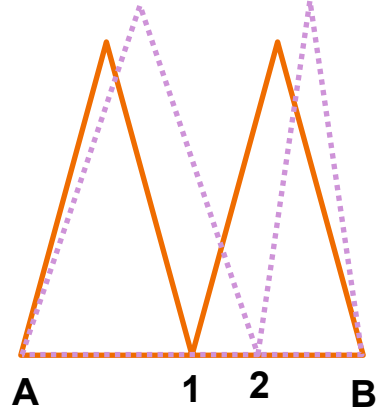
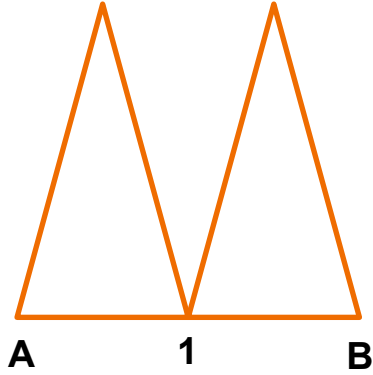
Geometric Matching

- Tedavi alanlarının aynı düzlemde olduğu durumda saha ayırımını tespit etmek için bu metodun kullanılması uygundur.

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} L_1 \left[\frac{d}{SSD_1} \right] + \frac{1}{2} L_2 \left[\frac{d}{SSD_2} \right]$$



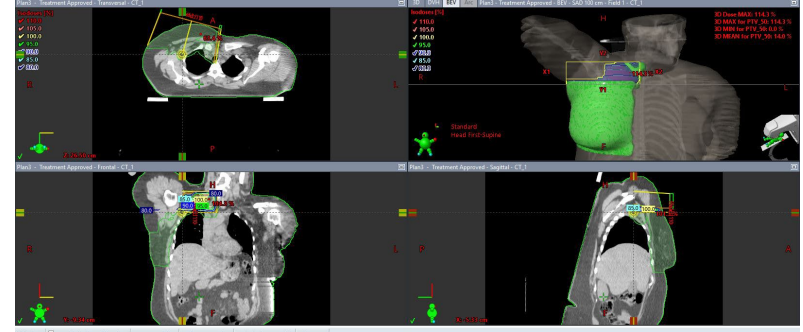
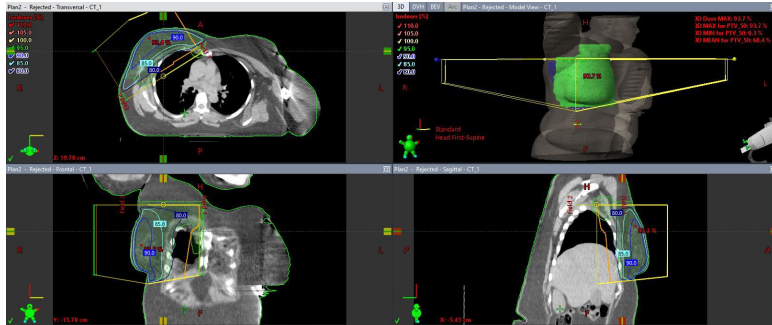
Moving Junction

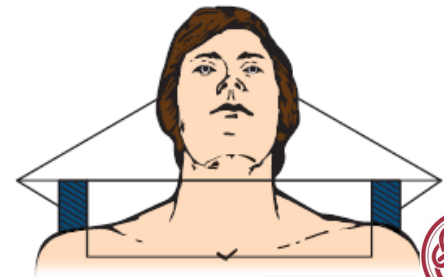
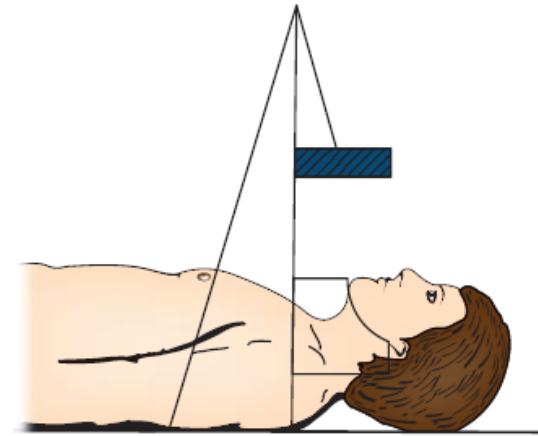
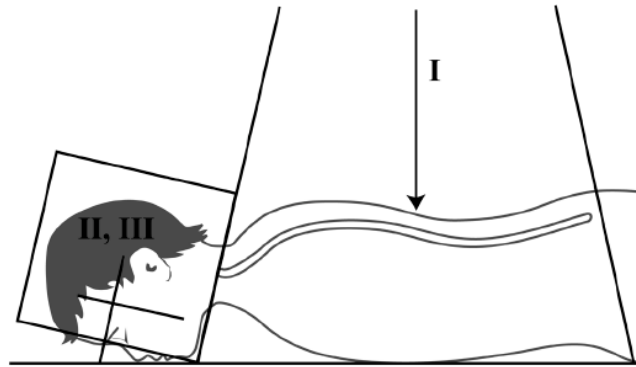
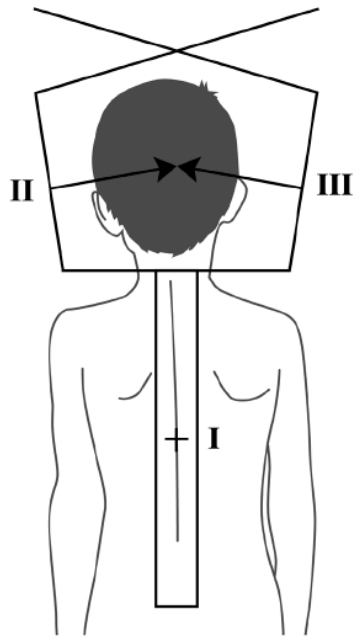


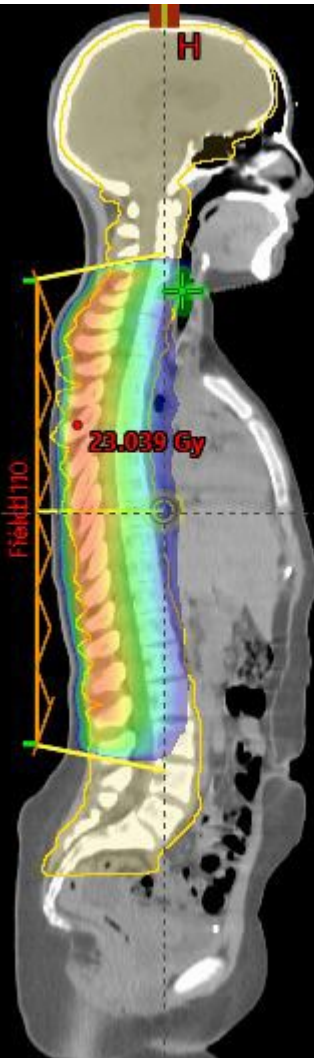
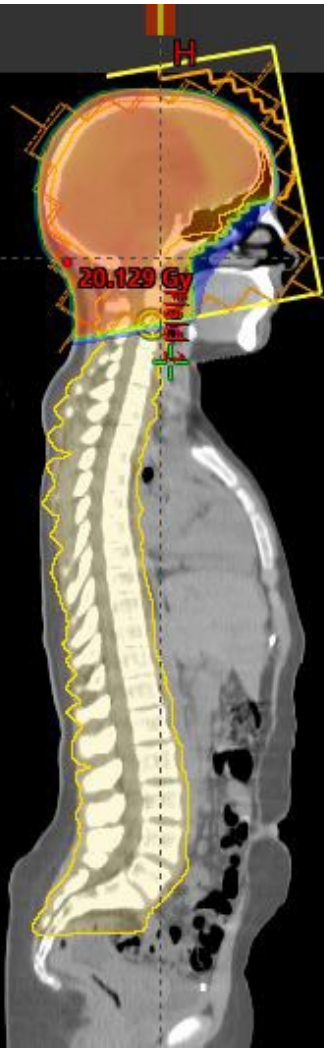
- 1.Gün A1 ve 1B
- 2.Gün A2 ve 2B
- 3.Gün A3 ve 3B....

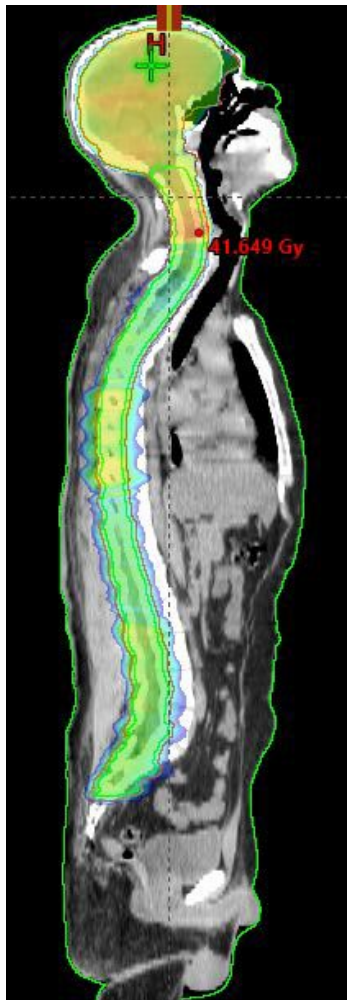
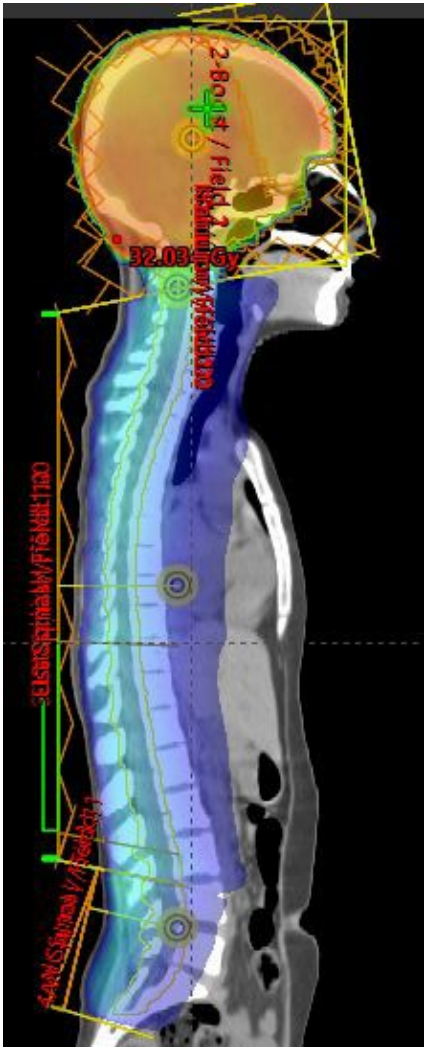
Ortogonal Alan Birleşimleri

- Merkezi eksenleri paralel olmayan ve birbirine farklı düzlemlerde komşu bitişik alanlara **ortogonal alanlar** denir.
 - Merkezi sinir sistemi ışınlamalarında iki yan kranyum ile spinal alan,
 - Tanjansiyel meme ve lenfatik alan,
 - Bazı baş-boyun tümörlerinin tedavilerinde yan yüz ile boyun alanları









Çakışan Alanlar

- Bazı durumlarda elektron alanı ile foton alanının (meme, mamma interna ışınlamaları) bitişik olduğu tedavi bölgelerinin çakışma bölgesinde yüksek bir doz hattı oluşur. Sıcak hattı engellemek için alanların arasında boşluk (gap) bırakılması durumunda ise hedef volümde istenmeyen düşük doz bölgeleri oluşabilir.

