

GORUNTU KLAVUZLUGUNDA RADYOTERAPİ (IGRT) KALITE KONTROL

KULLANILAN TEKNOLOJİLER (X- IŞINI VE MV BAZLI)

Med. Fiz. Uzm. BASRI GÜNHAN PhD.

NEOLİFE Tıp MERKEZİ

Received: 6 June 2017

Revised: 6 June 2017

Accepted: 7 June 2017

DOI: 10.1002/acm2.12126

PARALLEL OPPOSED EDITORIAL

WILEY

The more IGRT systems, the merrier?

Baozhou Sun¹ | Jenghwa Chang² | Yi Rong³

¹Department of Radiation Oncology, Washington University, St. Louis, MO, USA

²Department of Radiation Medicine, Northwell Health and Hofstra Northwell School of Medicine at Hofstra University, Lake Success, NY, USA

³Department of Radiation Oncology, University of California Davis Comprehensive Cancer Center, Sacramento, CA, USA

- Task Group 58: Clinical Use of electronic portal imaging
- Task Group 75: The management of imaging dose during image-guided radiotherapy
- Task Group 104: The role of In-room kV X-ray Imaging for patient setup and target localization
- Task Group 135: Quality Assurance for Robotic Radisurgery
- Task Group 142: Quality Assurance of medical accelerators
- Task Group 147: Quality assurance for nonradiographic radiotherapy localization and positioning systems
- Task Group 148: Quality assurance of helical tomotherapy
- Task Group 154: Quality assurance of Ultrasound-Guided External beam Radiotherapy for prostate cancer
- Task Group 179: Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies



The Role of In-Room kV X-Ray Imaging for Patient Setup and Target Localization

Report of AAPM Task Group 104

December 2009

DISCLAIMER: This publication is based on sources and information believed to be reliable, but the AAPM, the authors, and the editors disclaim any warranty or liability based on or relating to the contents of this publication.

The AAPM does not endorse any products, manufacturers, or suppliers. Nothing in this publication should be interpreted as implying such endorsement.

IGRT TANIMI

- **Görüntü-tabanlı tedavi planlama dönemi:**
- Görüntü-tabanlı tedavi planlaması: Radyasyon alanlarının radyografik filmler kullanılarak belirlenmesi
- «Görüntü-tabanlı» dönemin başlaması: tedaviler 3D görüntülerle yapılmaya başlanıyor.
- Hedefe karşı normal doku; IMRT → Görüntü Klavuzluğunda RT
- **Radyoterapide görüntünün önemi:**
- Daha iyi hedef tanımlaması için tedavi planlama sistemlerine görüntünün entegrasyonu
- Tedavi cihazlarına görüntüleme sistemlerinin entegrasyonu «in-room IGRT»
- (DA Jaffray, Nat Rev Clin Oncol. 2012 688-90)

NEDEN IGRT ?

- Tedavi marjlarının düşürülmesi
- Hipofraksiyone RT'de hedef hassaslığı.
- IGRT'deki gelişmeler hipofraksiyone RT, SBRT ve SRS in daha etkili olmasını sağlıyor.
- Tedavi sırasında anatomi değişikliğini takip ederek adaptif RT yapılmasına olanak sağlıyor.
- IGRT ile günlük ve gerçek zamanlı görüntüleme ile tümör boyutu ve şekli takip edilerek «off-line veya on-line» değişiklik yapabilme imkanı sağlıyor.

IGRT TEKNİKLERİ

- 
- **2D düzlemsel (kesitsel) görüntüleme:** MV EPID ve KV on-board imager (OBI).
 - Marker ile yapılan 2D robotik radyocerrahide kullanılabiliyor.

- 
- **3D volümetrik görüntüleme teknolojisi**
 - CBCT, MV helikal CT ve in-room helikal CT
 - CBCT'nin MV helikal CT'ye göre daha iyi kontrast çözünürlüğü var.
 - MVCT'nin kalitesi kVCT kadar iyi değil fakat MVCT metal artefaktları azaltıyor. (Diş dolgusu ve protezler den gelen etki)
 - In-room CT veya CT-on-rail IGRT yapmak için geliştirildi.

IGRT TEKNİKLERİ

- Kamera tabanlı sistemler (örneğin yüzey monitör sistemleri Vision RT veya C-rad)
- Bu sistemler hasta pozisyonunda «intra-fraction» değişiklikler için kullanılıyor. Dış yüzeyin iç pozisyonlama ve hareket için kullanılabileceği durumlarda kullanılır.
- Elektromanyetik takip (Calipso)
- Elektromanyetik transponderlar tümör içerisine yerleştiriliyor ve bu transponderların hareketi dedektör sistemi tarafından takip ediliyor. (Kullanımı prostat ile sınırlı)
- US-tabanlı sistemler (Ör: BAT, Clarity)
- Bir çok avantajı var. Düşük fiyatı, invaziv olmaması ve hasta zamanını azaltması gibi. (prostat ve meme)
- MR Tabanlı sistemler



RESEARCH

Clinical Validation of two Surface Imaging Systems for Patient Positioning in Percutaneous Radiotherapy

Manfred Wiencierz[†], Kathrin Kruppa[†] and Lutz Lüdemann

IGRT TEKNIKLERİ

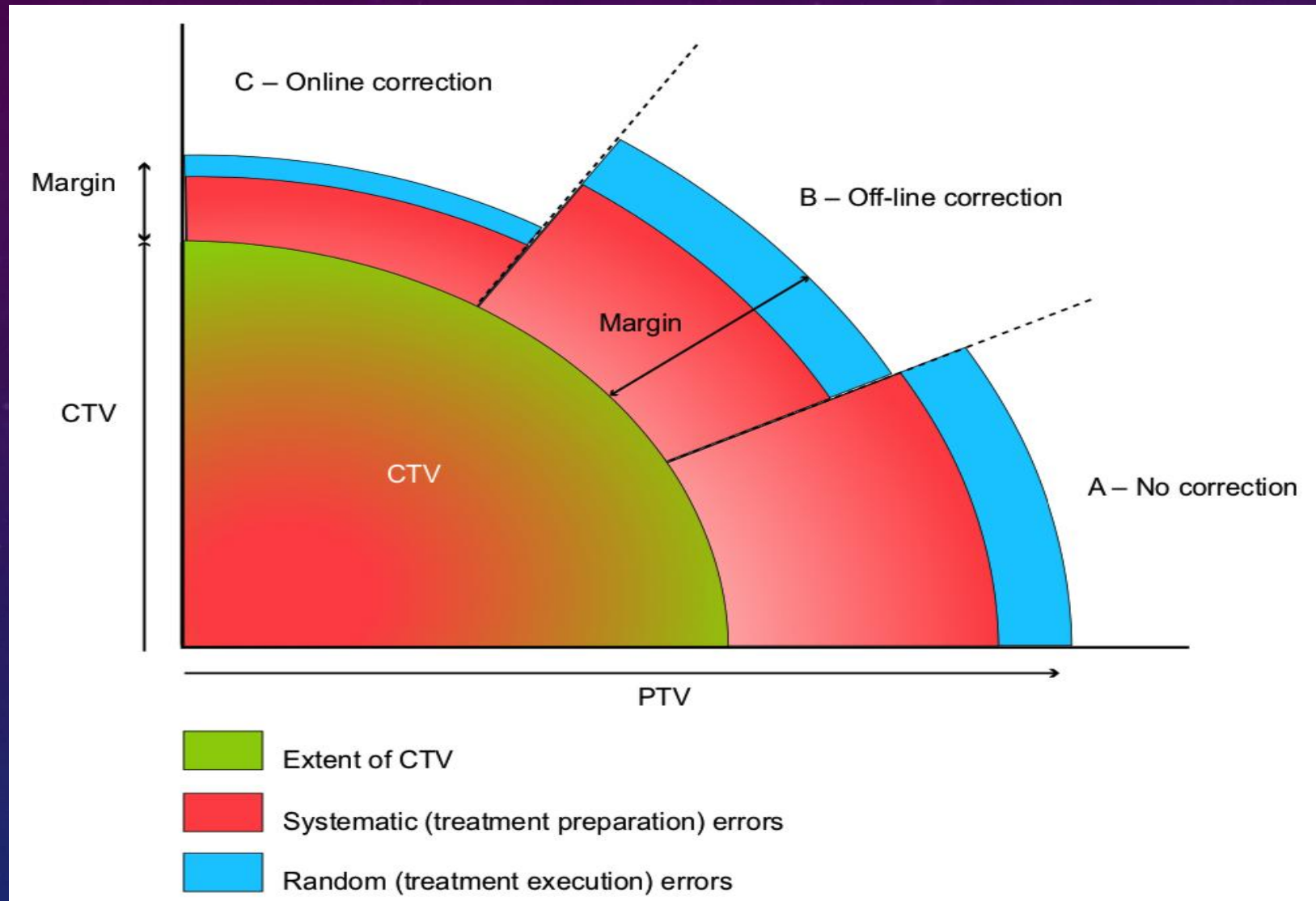
- On-line IGRT
- Tedaviden hemen önce görüntü alınarak düzeltme yapılır, hasta son düzeltmeler uygulanarak tedaviye alınır.
- Off-line IGRT
- Tedavi öncesi görüntüleme yapılır. Bu görüntüler tedavi sonrasında doktor(lar)- tarafından kontrol edilir.
- On-line , real-time
- Tedavi sırasında tümör takibi yapılır. Tanım olarak ta anında yapılan müdahale olarak söylenebilir.



Düzeltilmeler her fraksiyonda tedavi öncesi düzeltilir.
Dolayısı ile sistematik ve random hatalar düzeltilir.



Burada ise sadece sistematik hatalar giderilebilir!



IGRT TEKNIKLERİ

- **MV Tabanlı Görüntüleme**
 - EPID (Elektronic Portal Imaging Device)
 - MV-CBCT (MVCT) (Mega Voltage Cone Beam CT)
- **kV Tabanlı Görüntüleme**
 - kV-CBCT (Kilo Voltage Cone Beam CT)
- **In-room CT**
 - Stereoskopik kV görüntüleme
- **Diğer seçenekler**
 - Ultrasound (BAT ve Clarity)
 - Calipso, Vision RT vs....
- **MR Tabanlı sistemler**





Figure I-B-1. Ontario Cancer Institute's X-otron cobalt-60 unit. (Reprinted from Fig. 7.1, p. 261, *The Modern Technology of Radiation Oncology, Volume 2*, J. Van Dyk (Ed.), with permission from Medical Physics Publishing.)

Ontario Kanser Enstitüsü
X-otron cobalt-60 ünitesi.
1958 yılında tavana
yerleştirilmiş kV kaynak ile
tedavilere başlıyor.

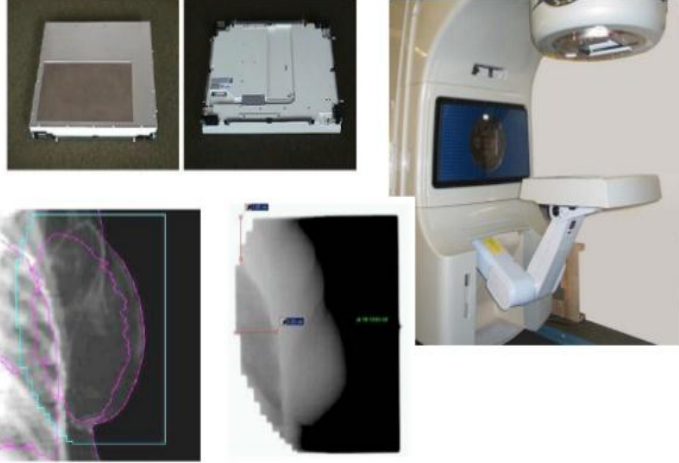
TAŞINABİLİR KASET İLE IGRT

- Taşınabilir kaset ve kaset tutucular ile AP ve LAT görüntüler çekilerek hasta pozisyon doğruluğu (ışınlanan alan doğruluğu) yine daha çok kemik yapı referans alınarak emin olunmak isteniyordu.
- Çekilen filmlerin banyo edilmesi gibi bir bekleme zamanı da söz konusu.



ELEKTRONİK TAŞINABİLİR GÖRÜNTÜLEME AYGITI (EPID)

MV Görüntüleme : EPID EPID
(Electronic Portal Imaging Device)



- Digital panele verilen ad.
- Metal kısım + fosfor ekran
- Tedavide kullanılan X-ışınları fosforun parlamasına neden oluyor.
- Ortaya çıkan ışık fotodiyot sıraları tarafından dedekte ediliyor.
- R veya Exac kol EPID. aSi 500 veya aSi 1000 dedektör
- IMRT ve VMAT verifikasyonda kullanılıyor.

		Varian ^a	Elekta ^b	Siemens ^c	
Imager name	aS500	aS1000	iViewGT	Optivue 500	Optivue 1000
Panel dimensions, cm ²	40.1 × 30.1	40.1 × 30.1	41.0 × 41.0	41.0 × 41.0	41.0 × 41.0
Focus detector distance, cm		105 to 180	160	115 to 160	
Metal plate			1 mm copper		
Phosphor screen		Gadolinium oxysulphide doped with terbium (Gd ₂ O ₂ S:Tb)			
Matrix resolution, pixels	512 × 384	1024 × 768	1024 × 1024	512 × 512	1024 × 1024
Pixel pitch, μm	784	392	400	800	400
Pixel bit depth	14	14	16	16	16
Image acquisition rate, fps	3	10	3	3.5	7

MV TABANLI GÖRÜNTÜLEME 3D-VOLÜMETRİK GÖRÜNTÜLEME

MV CBCT

MV CT

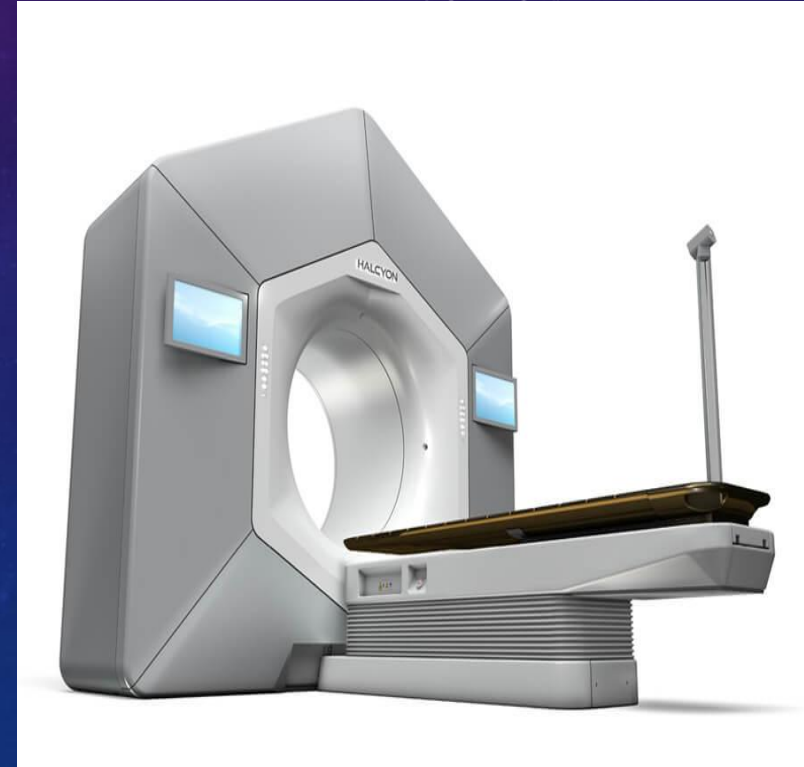
MV CT



Linak Tabanlı Sistem



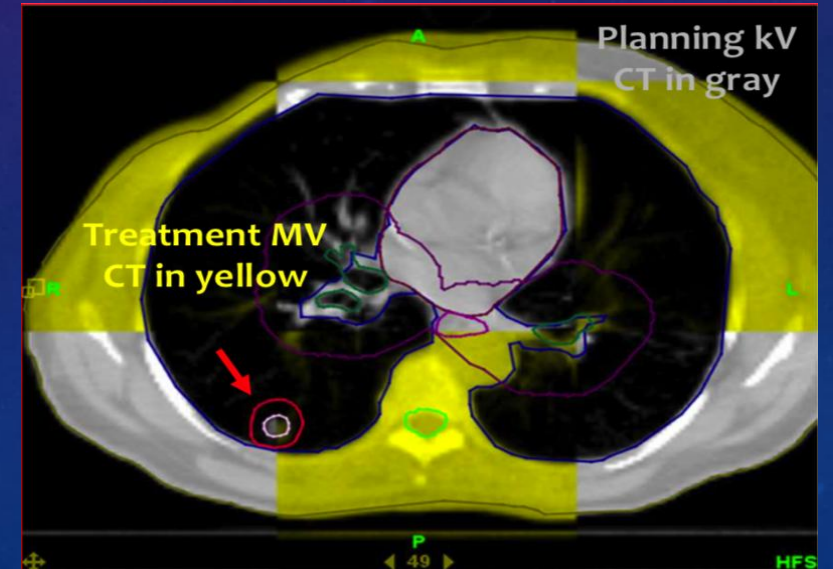
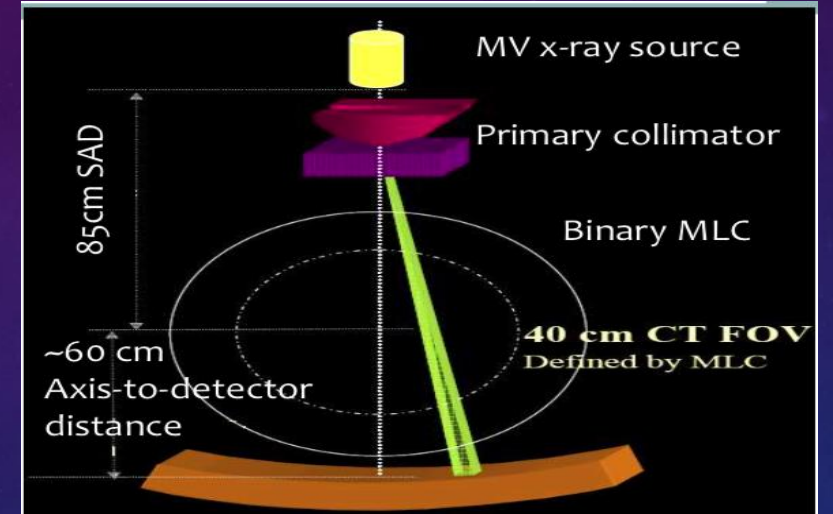
Helikel Tomoterapi



Halcyon

MV FAN BEAM CT IMAGING

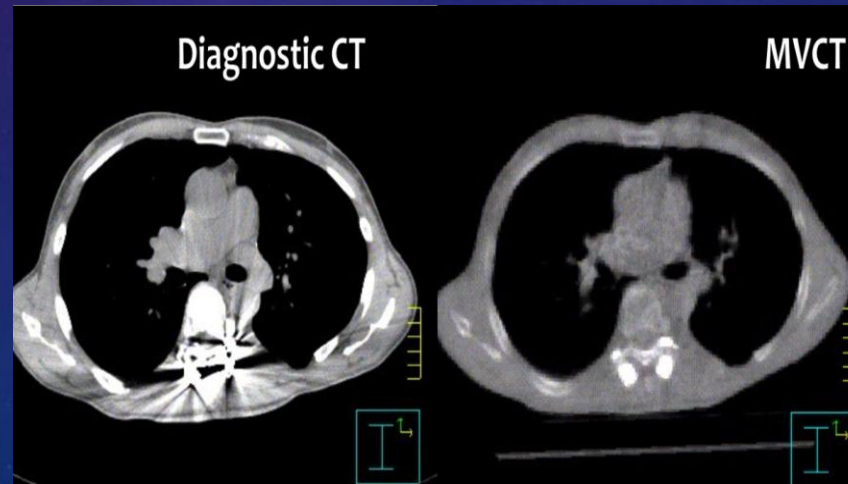
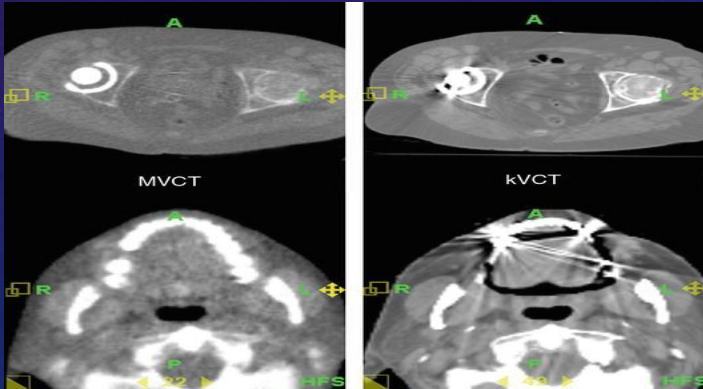
- MV X-ışını kaynağı: 1.5-2.0mm nokta kaynak; Enerjisi 3.48MV
- CT dedektör sistemi:
- 738 Xenon sıralı kanal CT dedektör
- Herbiri iyonizasyon boşluğuna sahip ve 0.32mm tungsten septa
- Fan huzme çekimi: çoklu rotasyon
- FOV:40x40cm²
- 512x512 matrix için çözünürlük 0.78mm
- Tipik görüntüleme dozları:
- Coarse (6mm): 0.5cGy
- Normal (4mm): 1.5cGy
- Fine (2mm): 3cGy



MV CT VE MV CBCT

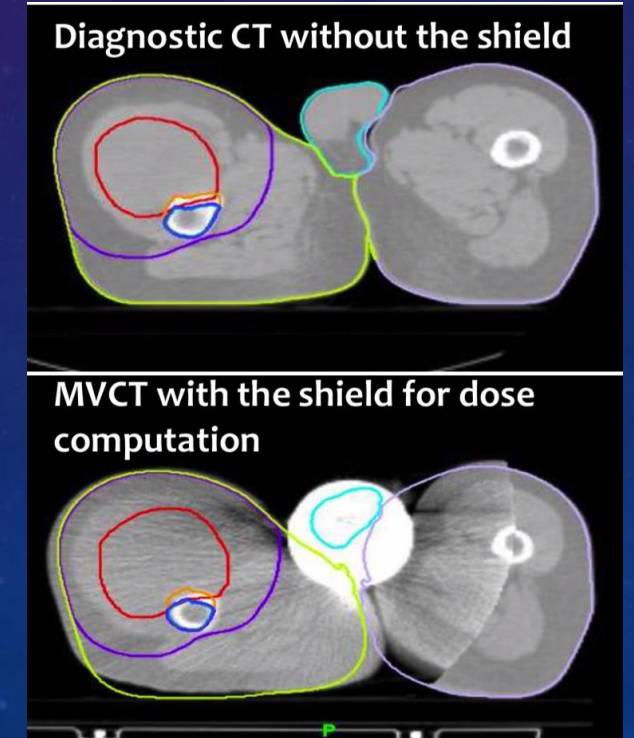
Avantajları

- 3D volümetrik görüntüleme
- Yüksek Z değerli maddelerde artifakt etkisini ortadan kaldırıyor.
- Yoğun diş dolgusu ve protezi olan hastalarda planlama CT çekilebilir!
- Adaptif RT için uygun



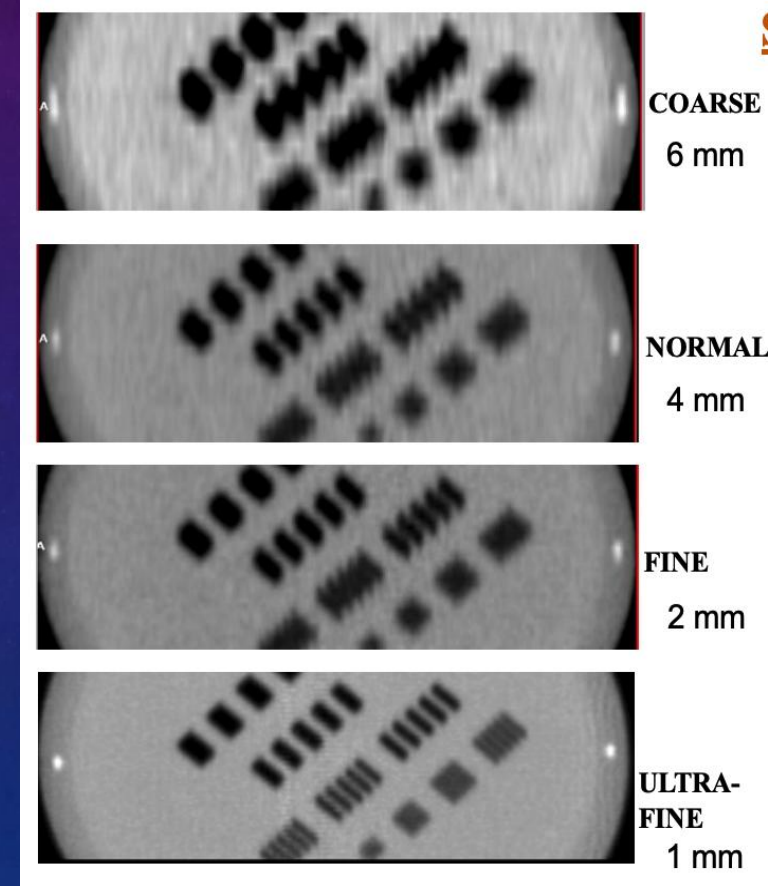
Dezavantajları

- Tomoterapi de özellikle hareketli organlar için bir takip sistemi henüz yok!



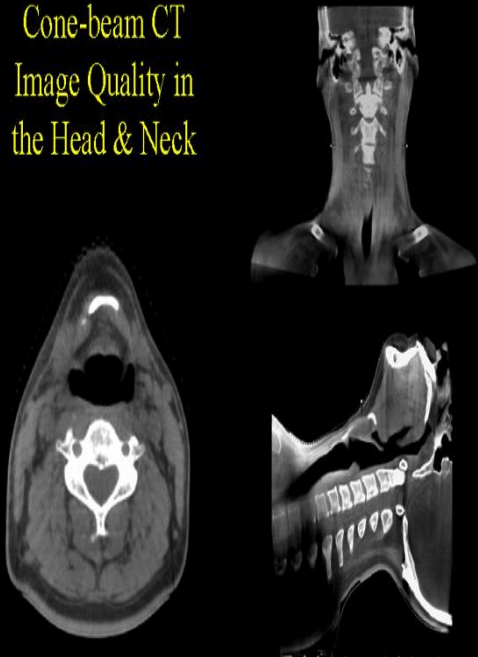
TOMOTERAPI MVCT ÇEKİM PROTOKOLLERİ

- Gantri periyodu:10 sn
- Masa hızı:
- Fine: 4mm/rotasyon
- Normal: 8mm/rotasyon
- Coarse: 12mm/rotasyon
- Herbir kesit $\frac{1}{2}$ gantri rotasyonu ile rekonstrükte ediliyor
- Rekonstrükte kesitler arasındaki mesafe:
- Fine: 2mm/rotasyon
- Normal: 4mm/rotasyon
- Coarse: 6mm/rotasyon
- Ultra fine : 1mm/rotasyon

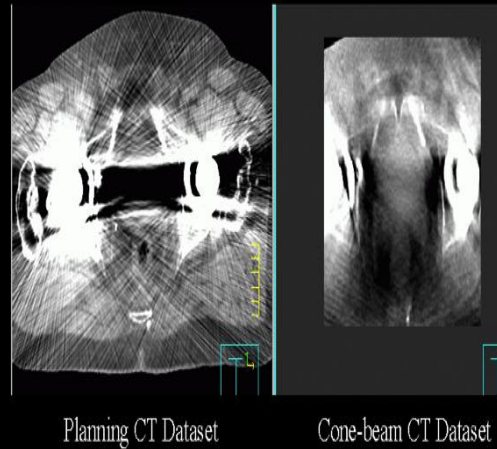


CBCT VE MVCT GÖRÜNTÜDE ARTIFAKT ETKİSİ

Cone-beam CT
Image Quality in
the Head & Neck



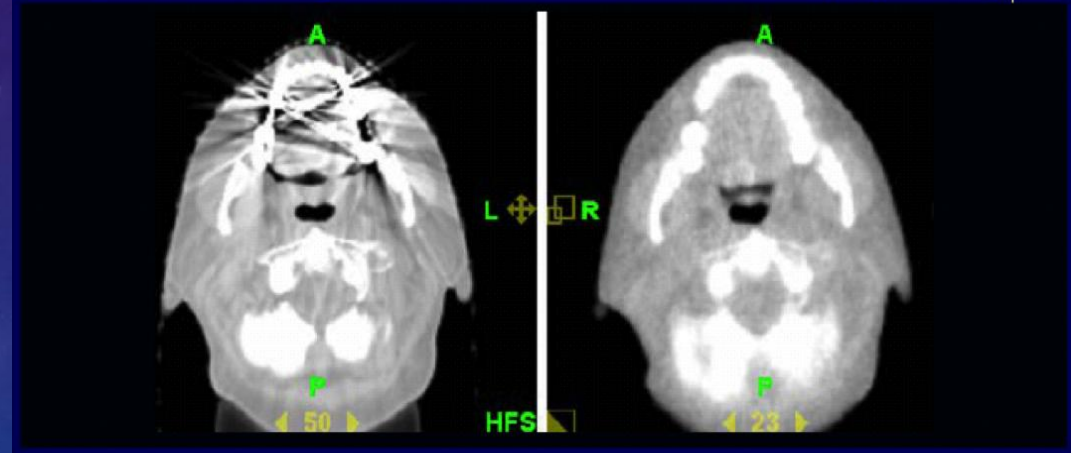
Clipping Artifacts: Conventional
and Cone-beam CT



Tomotherapy : Helical MV CT

Planning CT

TomoTherapy, 3 cGy

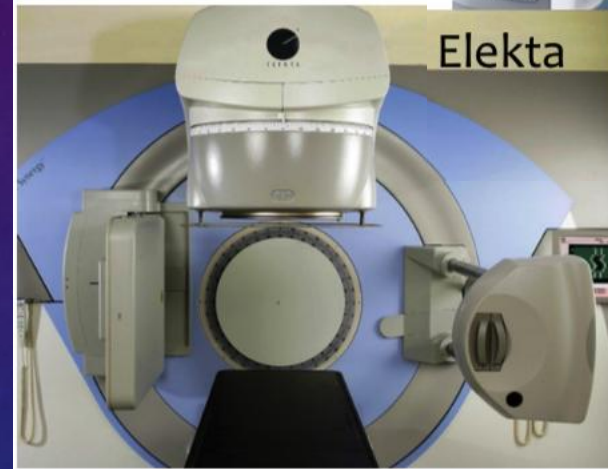


IN-ROOM KV X-IŞINLARI GÖRÜNTÜLEME

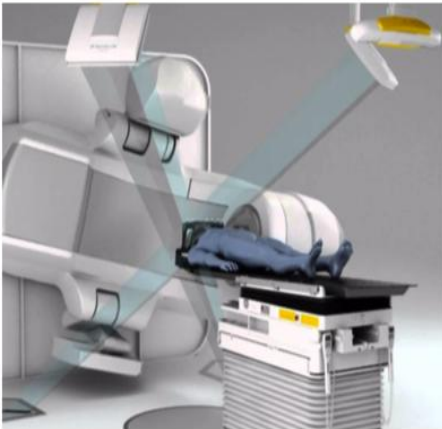
- Üç kategori:
- Gantry'ye takılı sistemler: Varian OBI ve Elekta XVI
- Tavan/Zemine yerleştirilmiş sistemler
BrainLab ExacTrac ve CyberKnife
- Rail-track/Wheeled sistemler: CT-on-rail,
BodyTom



Varian



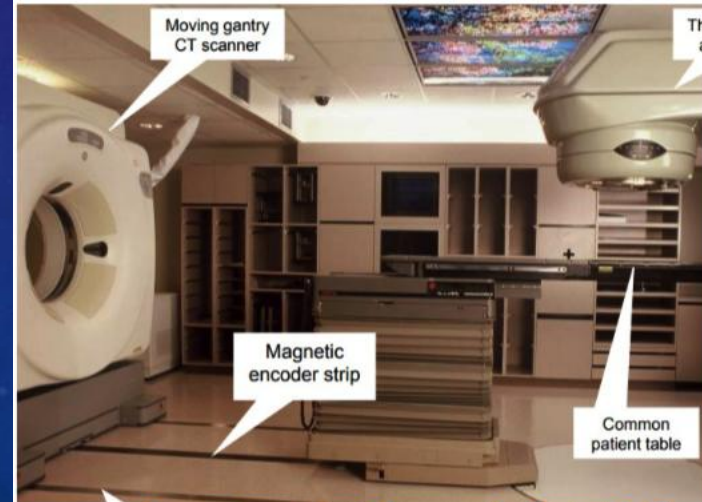
Elekta



BrainLab ExacTrac



CyberKnife



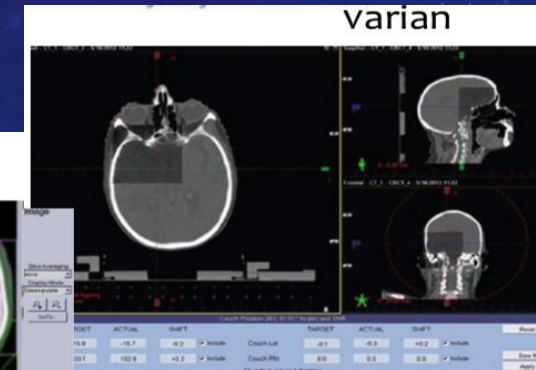
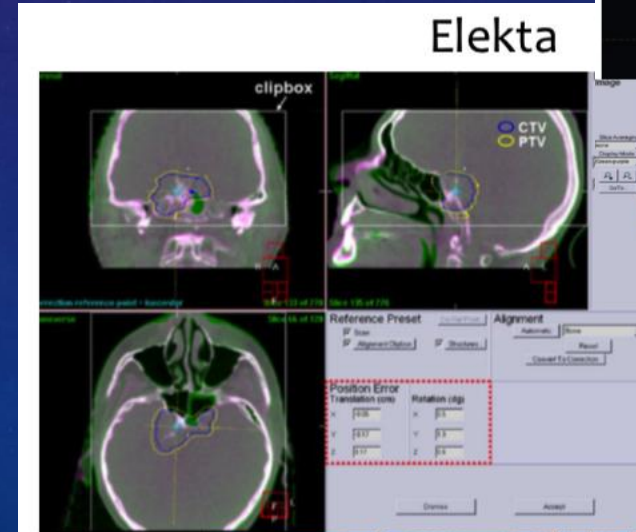
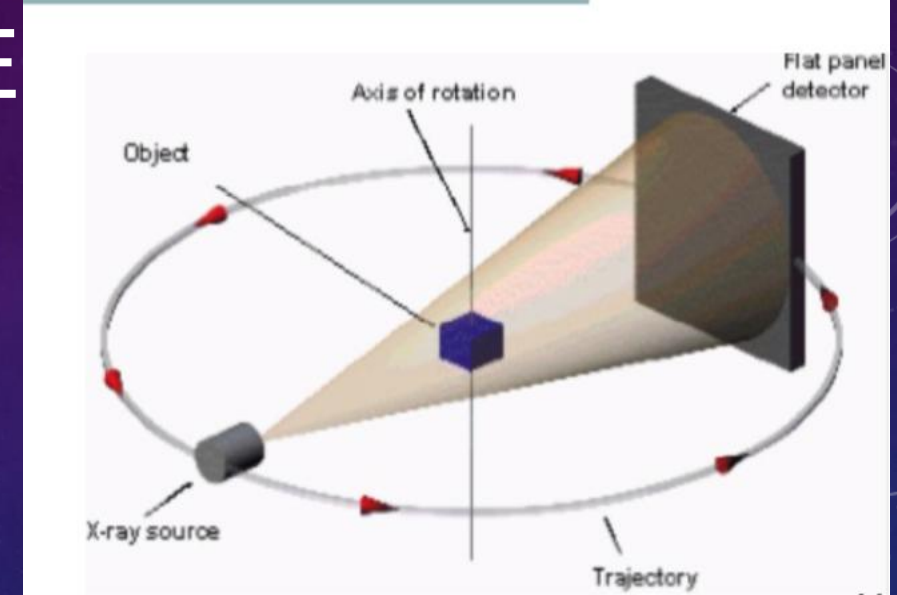
Moving gantry
CT scanner

Magnetic
encoder strip

Common
patient table

GANTRY'YE TAKILAN SİSTEMLER

- Geometri:Açılıp/kapanabilir X-ışınları tüpü ve düz panel dedektör; Linak gantrisine takılı ve huzme eksenine dik pozisyonlardır
- Sistemler: Varian OBI, Elekta XVI
- Görüntü Modları: kV, kV-kV, kV-MV, kV Floroskopi, kV Cone Beam CT
- Uygulamalar: Hasta set-upı ve akciğer için hareket değerlendirmesi
- Görüntüleme dozu: kV görüntü başına 0.1-0.3cGy, CBCT'de 2-3 cGy
- Her iki üreticide 4D CBCT seçeneği sunuyor.

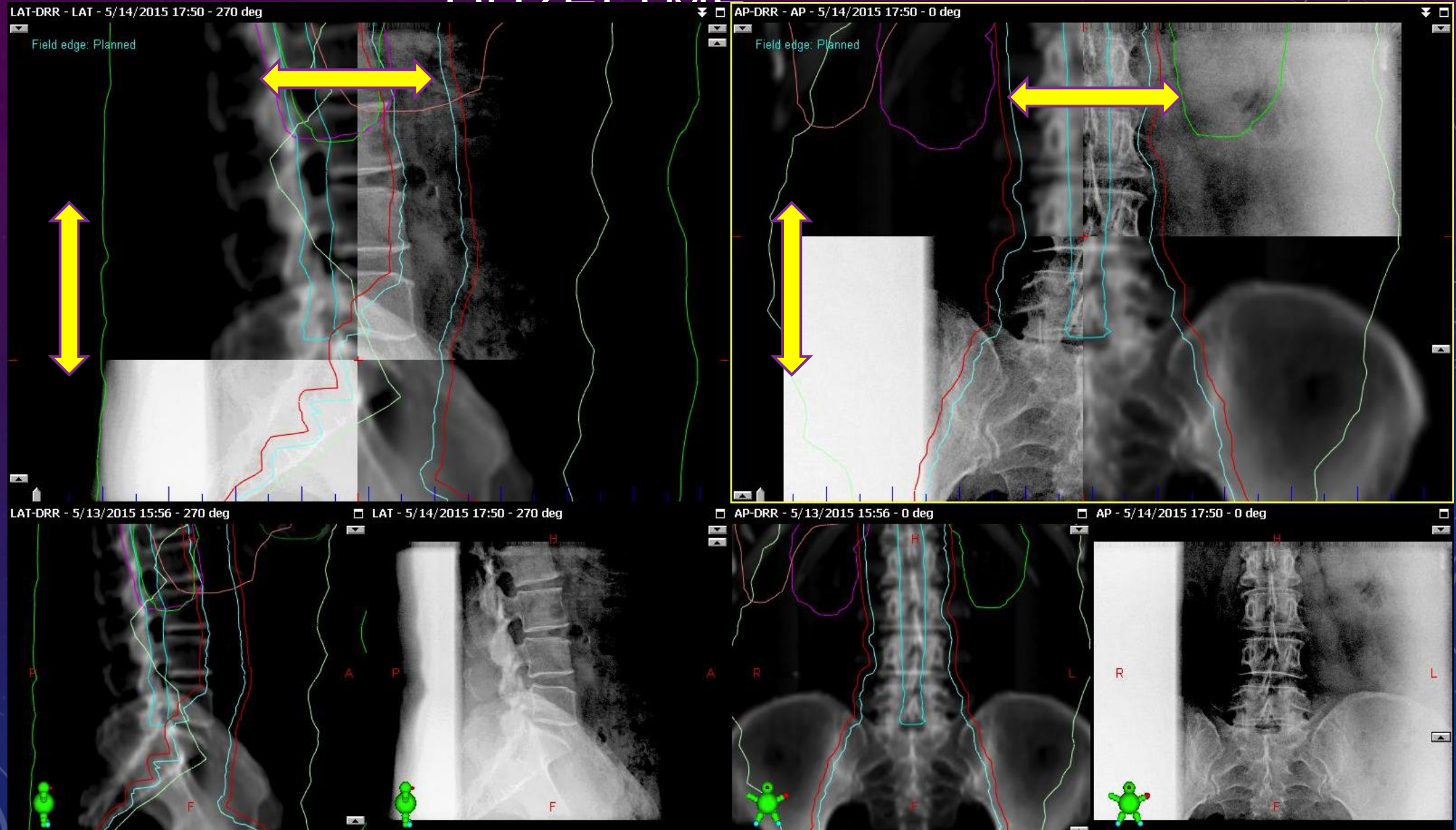


OBI VE XVI

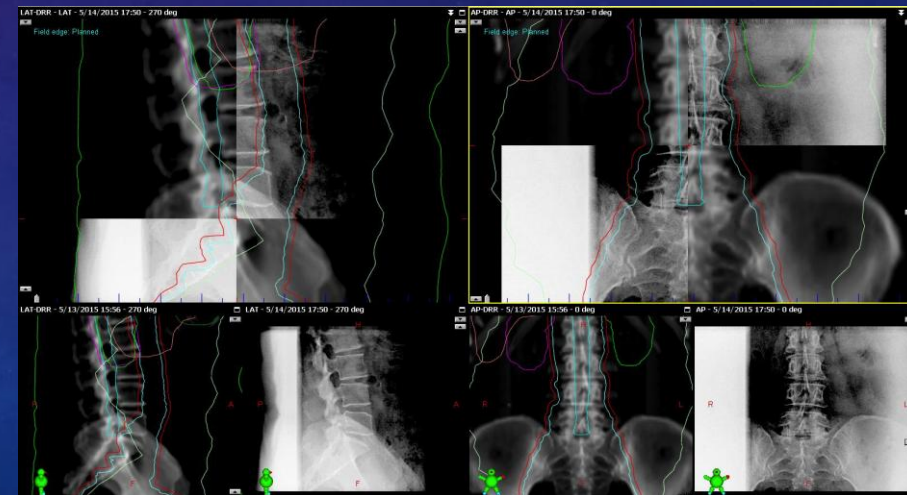
- 2D kV ap ve lat görüntü
- 2D MV ap ve lat görüntü
- Gantryi hiç hareket ettirmeden MV-kV görüntü seçeneği
- kV tüp kullanılarak 3D görüntüleme için kV- CBCT
- kV- floroskopi yapma şansı
- Ayrıca EPID ile CINE görüntü alma



2D-2D DÜZELTME

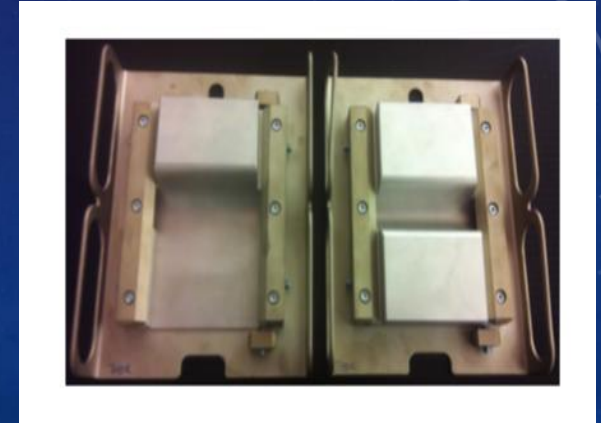
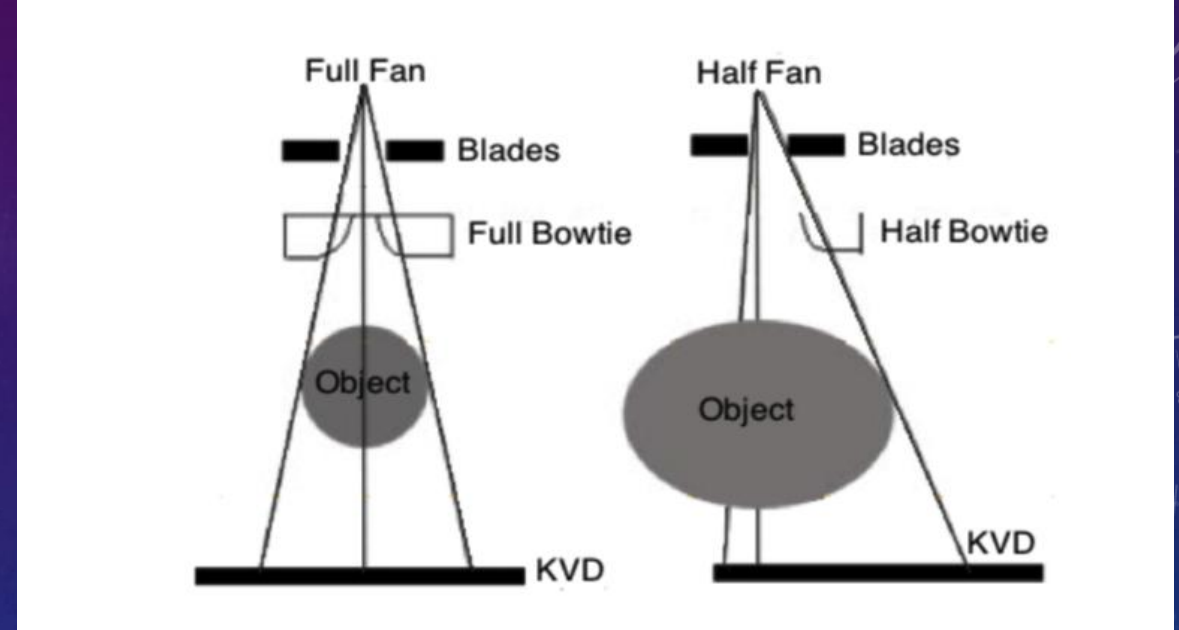


OBİ KV CBCT 3D VOLÜMETRIK DÜZELTME



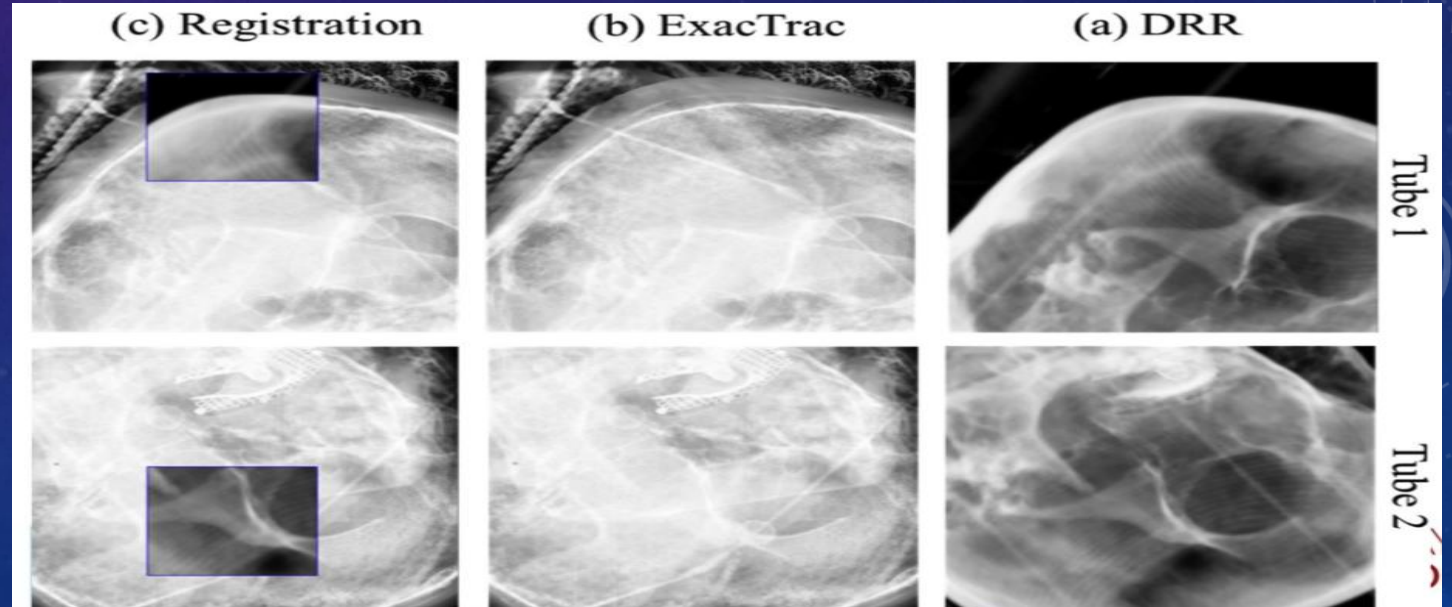
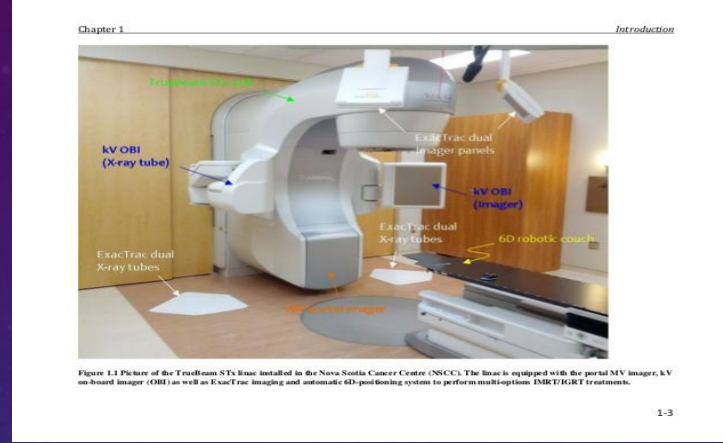
CBCT'DE FULL VE HALF FUN

- kV CBCT'de Full ve half olmak üzere iki tür filtre kullanılıyor. Bunlar Alüminyum olup;
- Baş ve Baş boyun gibi küçük bölgelerde full fun,
- Pelvis gibi geniş alanlarda half fun kullanılıyor.
- Bunun temel nedeni fun'ın kalın kısımları dokunun az veya ince olduğu kısımlara denk getirilerek hem cilt dozunu azaltmak hem de doku eksikliği kompanse edilerek görüntü kalitesinin artması sağlamaktır.



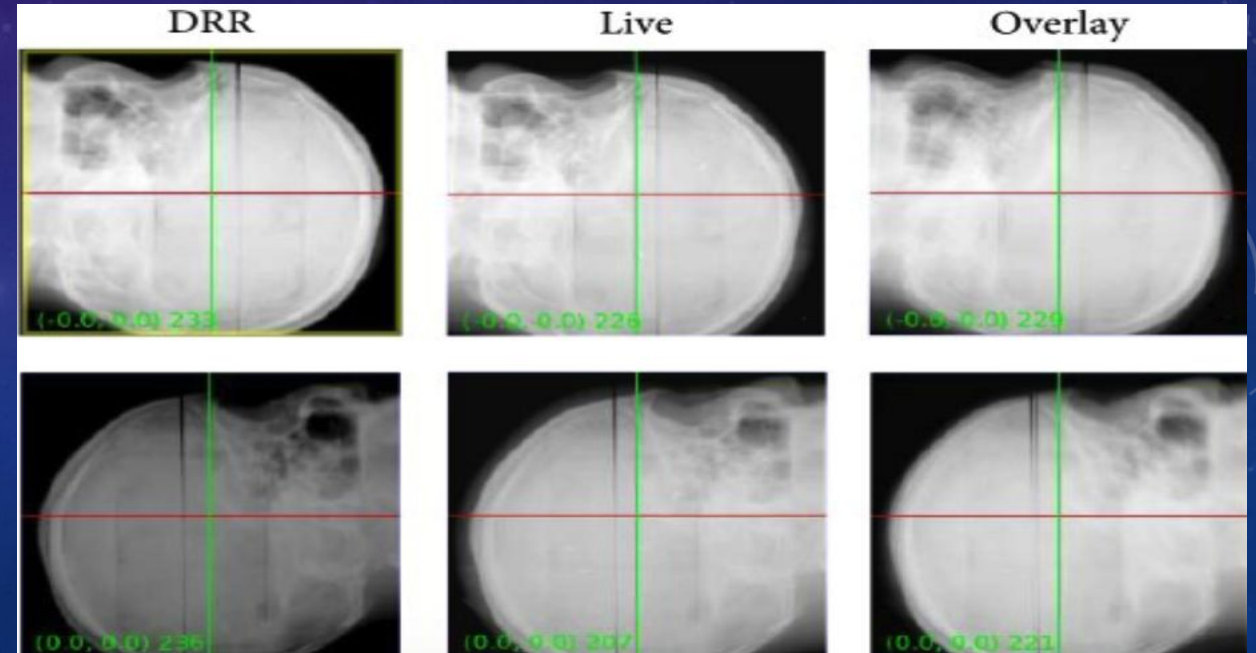
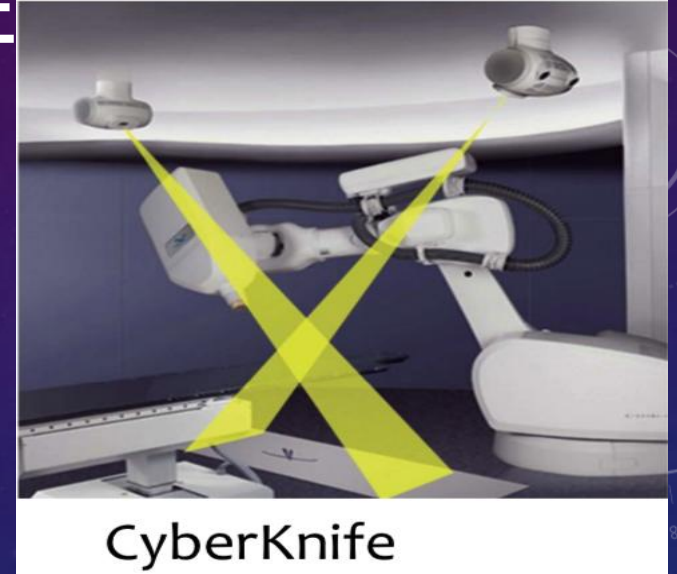
TAVAN/ZEMİN TAKILAN SİSTEMLER

- BrainLab ExacTrac
- 2D kV stereoskopik görüntüleme: iki kV X-ışınları tüpü, iki adet aSi FPD (25.5x25.5cm²) birbirine dik; kaynak izo mesafesi 234cm
- IR takip sistemi: iki IR kamera, bir video kamera ve IR marker array
- 6D masa
- Uygulama: SRS, gerçek zamanlı takip
- Görüntü dozu: görüntü başına 0.05cGy (TG-75) geometrik hassaslığı 0.5-1.5mm
- Kısıtlamalar: Kemik yapı eşleşmesi,
- İmplant edilmiş marker kullanılabilir.



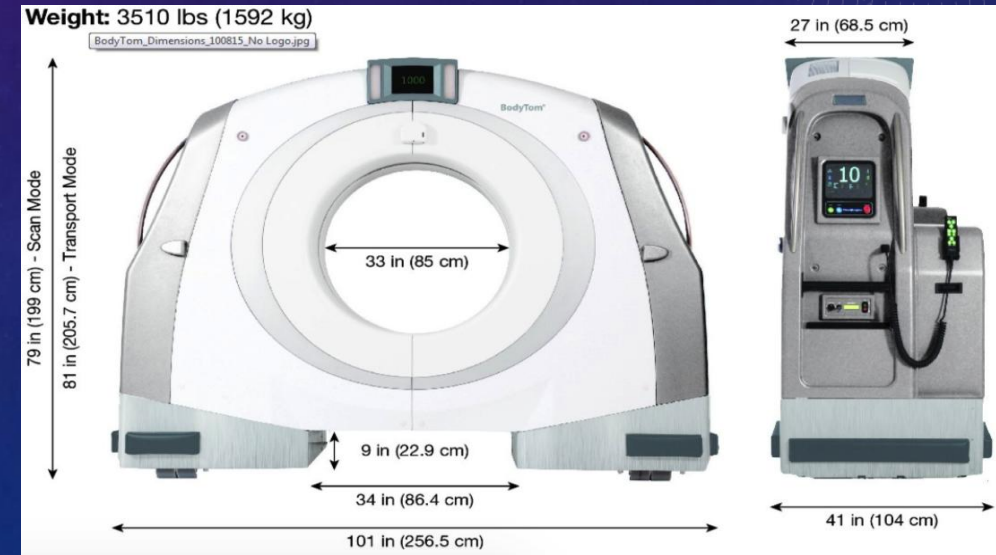
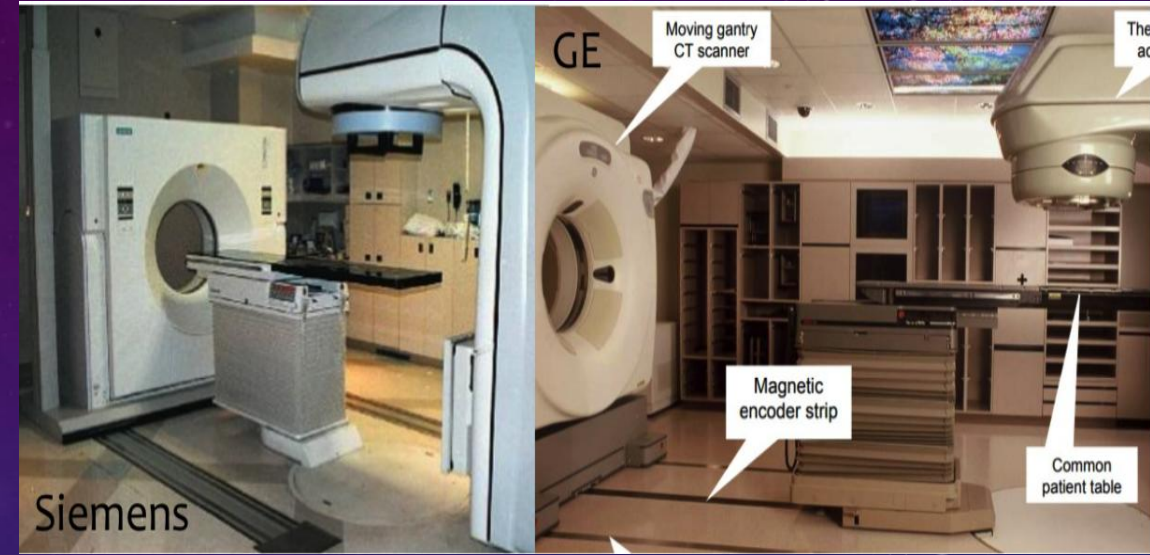
TAVAN/ZEMİN TAKILAN SİSTEMLER

- CyberKnife sistem
- 2D kV stereoskopik görüntü: iki x-ışınları tüpü, iki aSi FPD (41x41cm²), dik görüntüler; kaynak izo mesafesi 225cm
- Tedavi sırasında 5-90s aralığında görüntüler alınabilir.
- Gerçek zamanlı takip sistemi: Kemik yapı eşleştirmesi, fiducial marker takibi ve yumuşak doku takibi yapılabilir.
- Görüntü başına doz: 0.01-0.07cGy



IN ROOM CT VEYA CT ON RAIL

- **CT-on Rail:**
 - SOMATOM CT (Siemens) ilk defa 2000 yılında kuruldu; GE SmartGantry CT
 - Large board CT 70cm, 50cm FOV)
 - Görüntü başına 1-5cGy
 - Milimetre altı hassaslık
 - **Taşınabilir CT: BodyTom CT: (Samsung NeuroLogica)**
 - Taşınabilir tüm vücut 32 kesit CT
 - 85cm board ve 60 cm FOV
 - Görüntü başına doz: 1-2 cGy.
- *Ma ve ark. Medical Dosimetry 2006*



The management of imaging dose during image-guided radiotherapy: Report of the AAPM Task Group 75

Martin J. Murphy

Department of Radiation Oncology, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia 23298

James Balter

Department of Radiation Oncology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109

Stephen Balter

Departments of Medicine and Radiology, Columbia University Medical Center, New York, New York 10021

Jose A. BenComo, Jr.

Department of Radiation Physics, M.D. Anderson Cancer Center, Houston, Texas 77030

Indra J. Das

Department of Radiation Oncology, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania 19104

Steve B. Jiang

Department of Radiation Oncology, University of California, San Diego, La Jolla, California 92093

C.-M. Ma

Department of Radiation Oncology, Fox Chase Cancer Center, Philadelphia, Pennsylvania 19111

Gustavo H. Olivera

Department of Medical Physics, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706

Raymond F. Rodebaugh

St. Joseph's Hospital, Phoenix, Arizona 85013

Kenneth J. Ruchala

TomoTherapy, Inc., Madison, Wisconsin 53717

Hiroki Shirato

Department of Radiology, Hokkaido University Hospital, Hokkaido, Japan

Fang-Fang Yin

Department of Radiation Oncology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 27710

(Received 8 January 2007; revised 5 July 2007; accepted for publication 22 July 2007;
published 26 September 2007)

ÖZET

- **In-room IGRT teknolojileri**
 - Radyasyon Tabanlı Sistemler
 - Radyasyon Tabanlı olmayan Sistemler
- **Uygulamalar:**
 - Hasta pozisyonlaması – Tedavi takibi
 - Anatomi, hedef/normal doku farkı
- **Çoklu IGRT seçeneği**
 - Kullanacak ekibin eğitimi
 - Klinik protokol oluşturulması
 - Anlık karar verme
- **Sistemin Kalite Kontrolleri mutlaka yapılmalı**

KALİTE KONTROL VE STANDARDİZASYON



ÖZET

- IGRT'de mutlaka optimizasyon yapmamız gerekiyor.
- Kritik bir (birkaç) organın görüntü alanına girdiği bir bölgede MV görüntü alınmaması, Ör: tüm beyin veya baş boyun ışınlarken MV görüntüden kaçınalım. (Lens dozu, medulla dozu vs...)
- Kemik yapıya dayalı bir eşlemede doğru sonuç verecekse boş yere MVCT veya CBCT den kaçınalım Ör: meme ışınlaması
- Yumuşak doku olan bir bölge ışınlanacak ise burada CBCT tercih edelim.
- Mesane/rektum doluluğu/boşluğu önemli ise CBCT mutlaka kullanalım.
- Metal artifakt varsa fiziksel etkileşimleri de düşünerek MVCT kullanalım!
- Organ hareketi için 4DCT yi mutlaka tercih edelim.
- Kemik yapıdan dolayı kV kullanılan bir hastada düzenli aralıkla veya takibe dayalı olarak CBCT ile adaptif RT yapma olasılığını değerlendirelim!

SON

Beni dinlediğiniz için teşekkür ederim😊