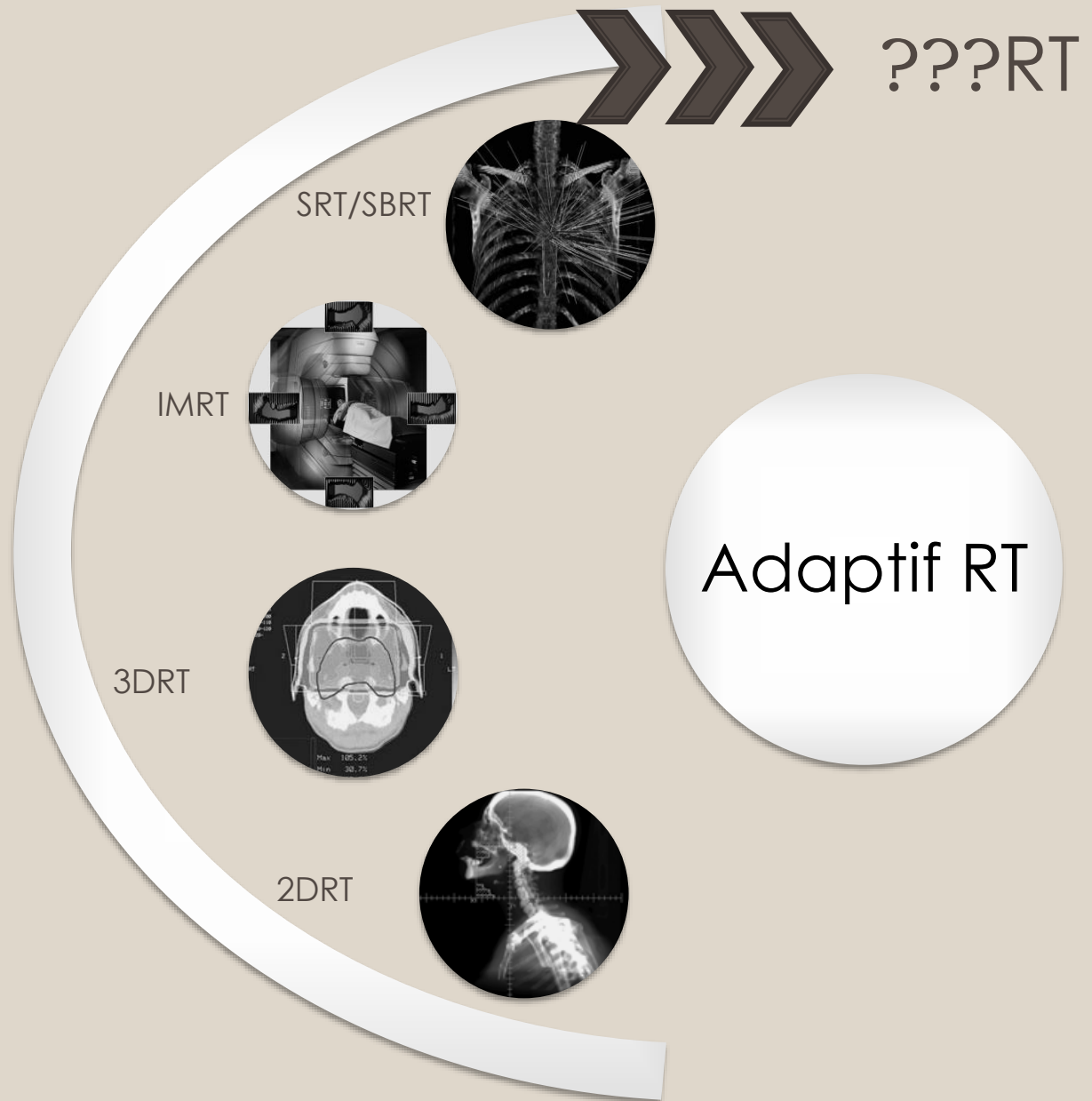


ADAPTİF RADYOTERAPİ

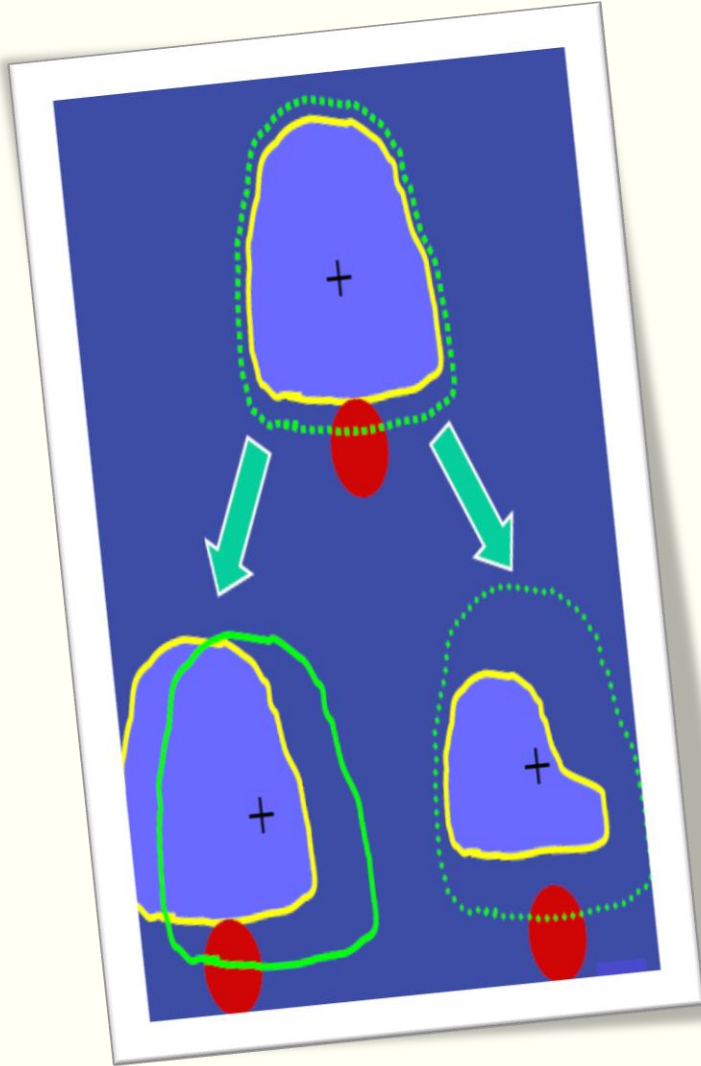


Aydın ÇAKIR, Ph.D.

Memorial Sağlık Grubu



Nereden geldik buraya?



- IMRT' de PTV için verdiğimiz küçük marjların tedavi için yeterli olmadığı
- Tümör pozisyonunda değişiklik olabileceği (inter fraksiyon-intra fraksiyon)
- Tümörün boyutu ve şeklinde değişiklik olabileceği

• **Ne yapmalıız?**



IGRT `nin açtığı ufuklar

Hastadaki değişiklikler (kilo kaybı, ödem...)

Tümördeki ve nodal yapılardaki değişiklikler
(küçülme..)

Hasta anatomisindeki değişiklikler IGRT ile kolayca belirlenir.

Bu değişiklikler PTV ve riskli organlarda düşük ve yüksek dozlara sebep olur

✓ Düşük doz → farklı radyobiyojik etkileri var!!!!

✓ Yüksek
doz



Adaptif Radyoterapi neden gerekli ?

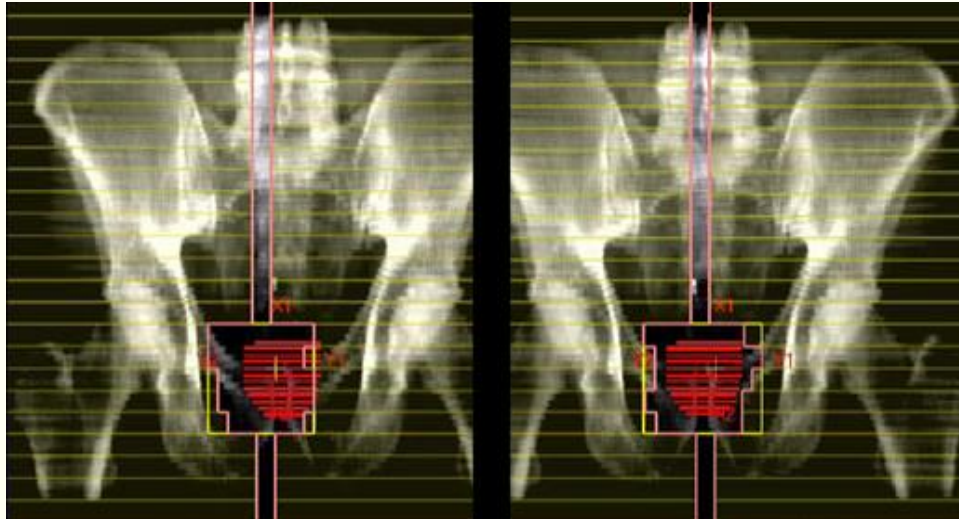
- Eksternal radyoterapi (EXRT) kanser radyoterapisinde en sık kullanılan teknik
- Tedavi sırasında günlük anatominin sabit kaldığı ve değişmediği varsayılır ve bu nedenle
- Genellikle EXRT’de tedavi planı bir kez yapılır ve tüm tedavi boyunca aynı plan kullanılır.

Adaptif Radyoterapi neden gerekli ?

- Ancak bu varsayım her zaman geçerli olabilir mi?
- Gerçekte bu varsayım anatomide, hedef şeklinde ve pozisyonundaki günlük değişimler nedeniyle her zaman geçerli değildir.
- Tedavi süresi boyunca
 - Hedefin şeklinde ve pozisyonunda – tümör küçülmesi veya büyümesi
 - Anatomik – boşluğu veya kavitesi olan organların doluluğundaki değişimler, organ hareketi, kilo kaybı
 - Tümör biyolojisindeki (hipoksi gibi)değişiklikler

MLC'ler hep aynı yere bakıyor...oysa hedef değişti!!!

- Tedavi öncesi tek bir plan yapılması ve tüm tedavi boyunca bu plana göre RT'nin uygulanması gerçekte verilen dozun tanımlanmasında yetersizdir.
- Bu durum PTV'nin planlanandan daha az,
- OAR'nin daha fazla doz almasına neden olabilir



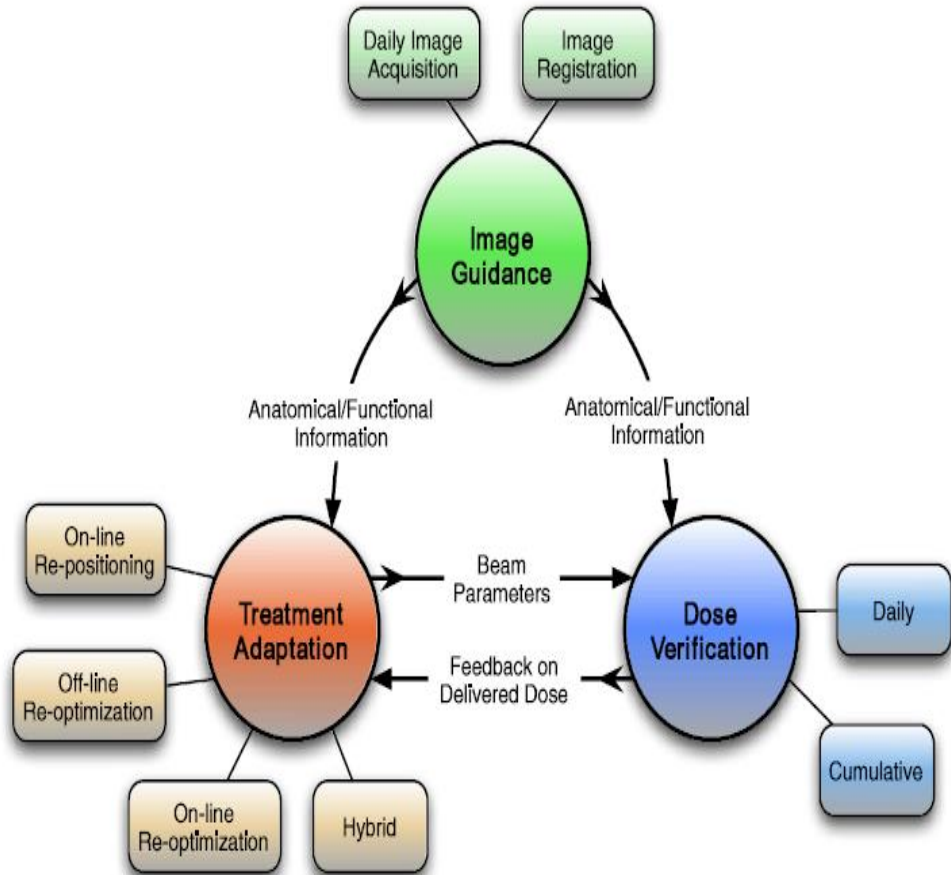
Adaptif Radyoterapi

ART, hasta anatomisindeki (tümör küçülmesi veya büyümesi, kilo kaybı, organ hareketi gibi) ve/veya tümör biyolojisindeki değişimleri (hipoksi gibi) hesaba katmak için radyoterapi süresince hastaya uygulanan radyoterapi planının değiştirilmesidir.

ART, geleneksel EXRT'deki durağan anatomi temel varsayımının değişken anatomi ile değiştirilmesi ve tüm tedavi boyunca bu kavramın uygulanmasıdır.

ART bileşenleri

- Görüntü kılavuzluğu
- Tedavi adaptasyonu
- Doz doğrulanması

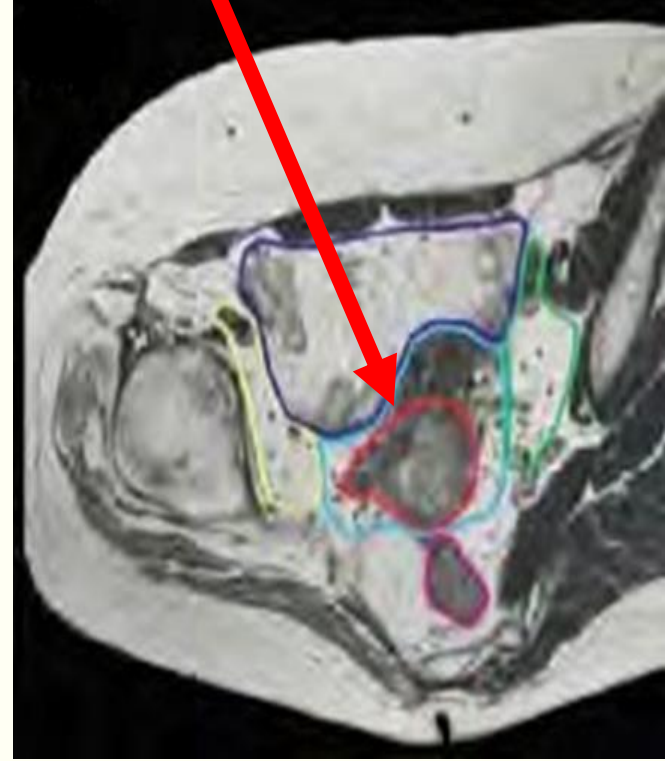


IGRT yöntemlerimiz nelerdir?

- 2D KV
- MV port
- 3D-CBCT
- 3D-MVCT

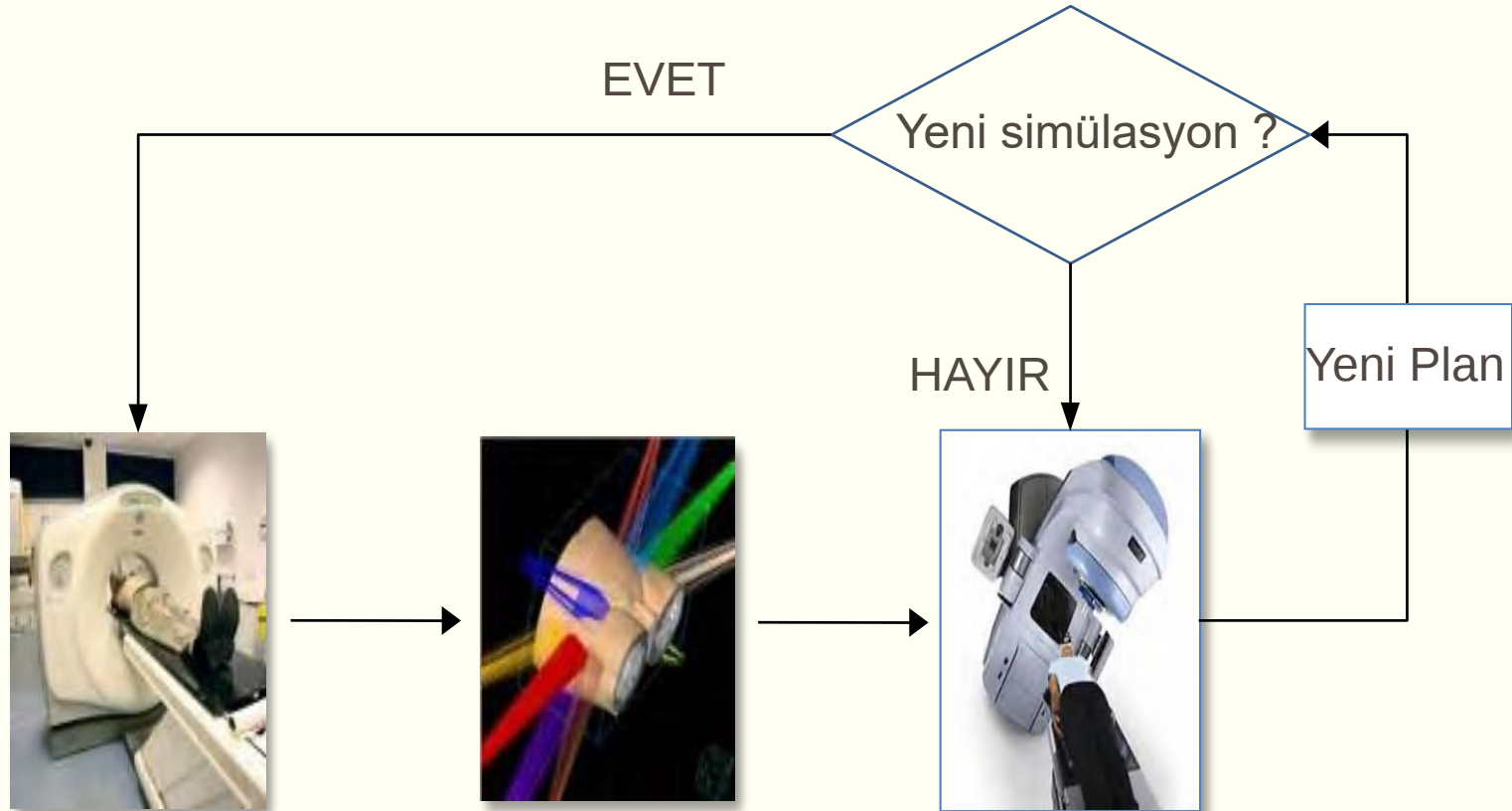


PTV

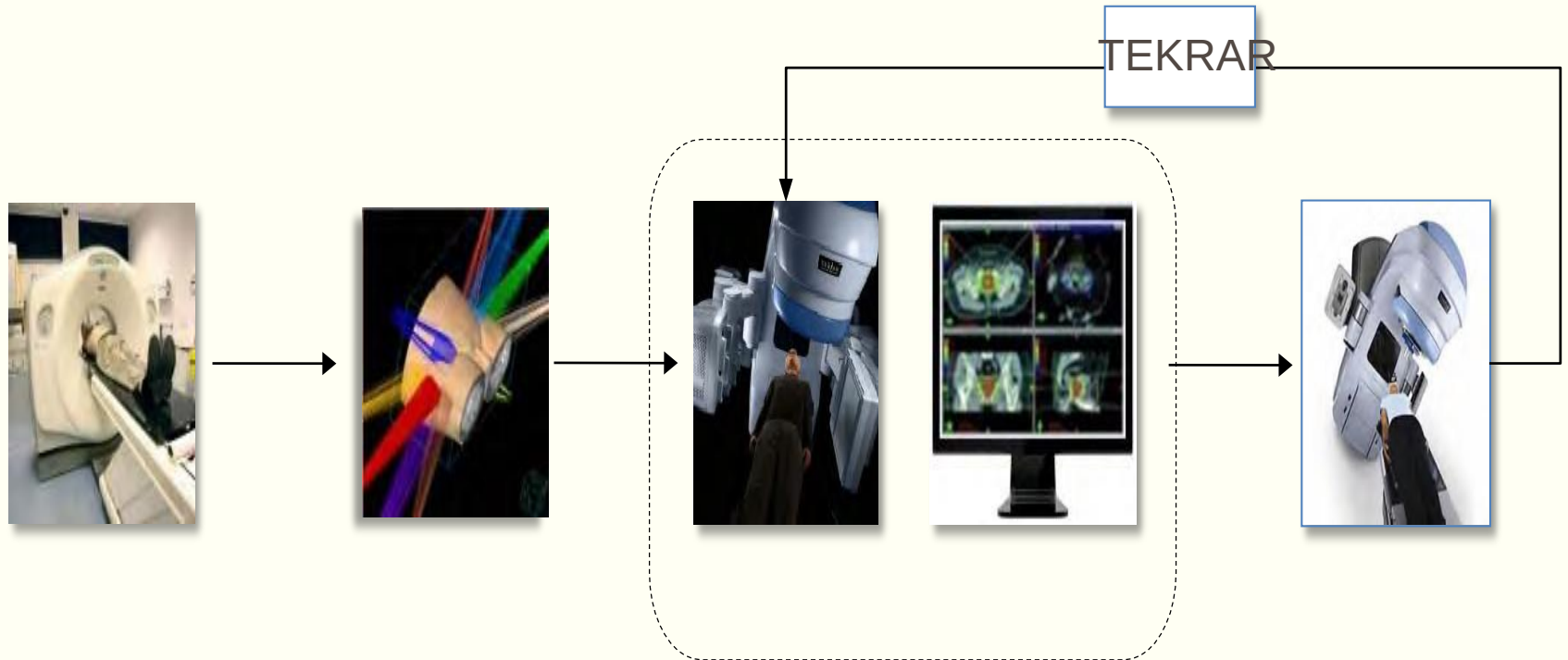


- Tumor volümünde küçülme
- Komşu organlardan dolayı tümör volümü değişikliği
- Tümör ve komşu organlardaki pozisyon değişikliği

Offline Adaptif RT



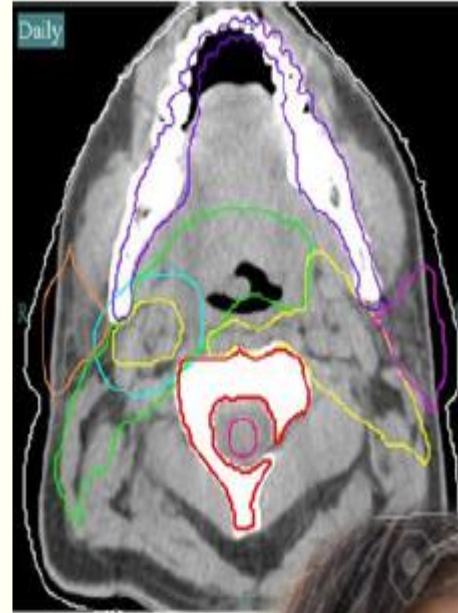
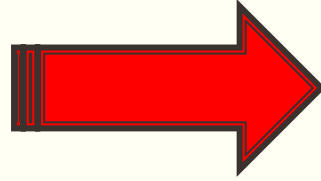
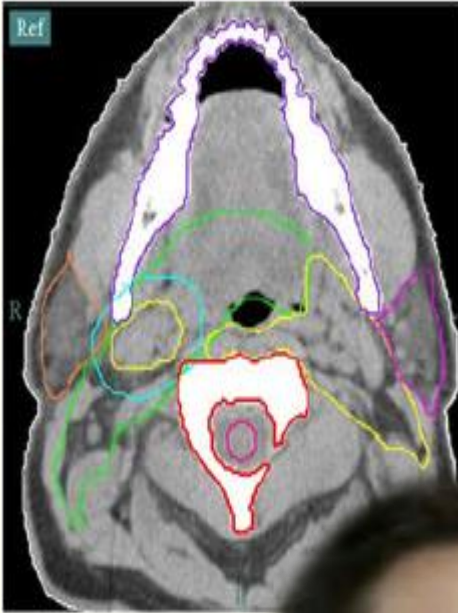
Online adaptif RT



Rijit eşleştirme

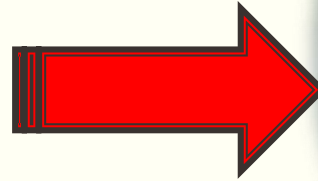
- Rijit eşleştirme, günlük elde edilen imajların referans imajlarla (Planlama CT) 3 boyutlu düzlemsel + rotasyonel yolla eşleştirilmesidir. Bu eşleştirme hedef düzeltmesi için hastanın yeniden pozisyonlanmasında kullanılır.
- Günlük hedef düzeltmesinde hız ve performans sağlar ve bu nedenle günümüzde IGRT klinik pratiğine büyük ölçüde adapte edilmiştir.
- Ancak hedef/organ deformasyonu, tümör küçülmesi/büyümesi varlığında rijit eşleştirme, şekil ve volüm değişimlerinde hakkında bilgi sağlamada yeterli olmayabilir.

Rijit eşleştirme



**Kemiğe göre
rijit eşleştirme**

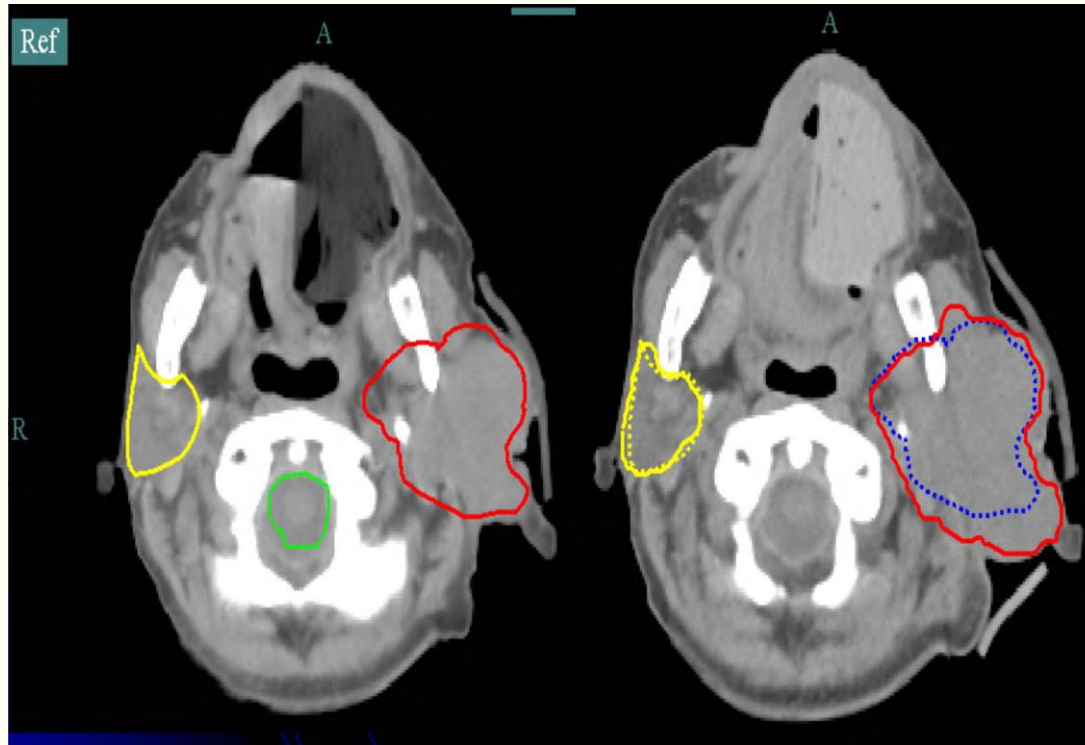
**Planlama
CT**



**CBCT/MV
CT**

Rijit eşleştirme

- Rijit olmayan değişiklikler, rijit eşleştirme ile tam olarak düzeltilemez



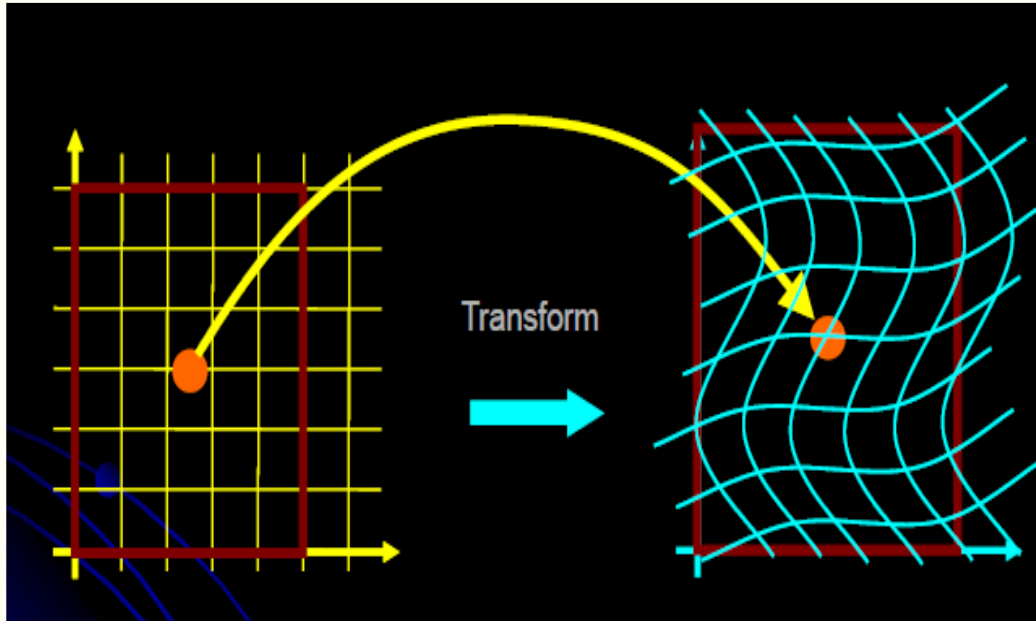
Planlama
CT

Tedavinin 2.
haftası

Deforme edilebilir (rijit olmayan) eşleştirme

- Deforme edilebilir eşleştirme tekniği planlama ve günlük görüntü setleri arasında voxel-voxel haritalama işlemi

Deforme transformasyon



Deforme edilebilir (rijit olmayan) eşleştirme

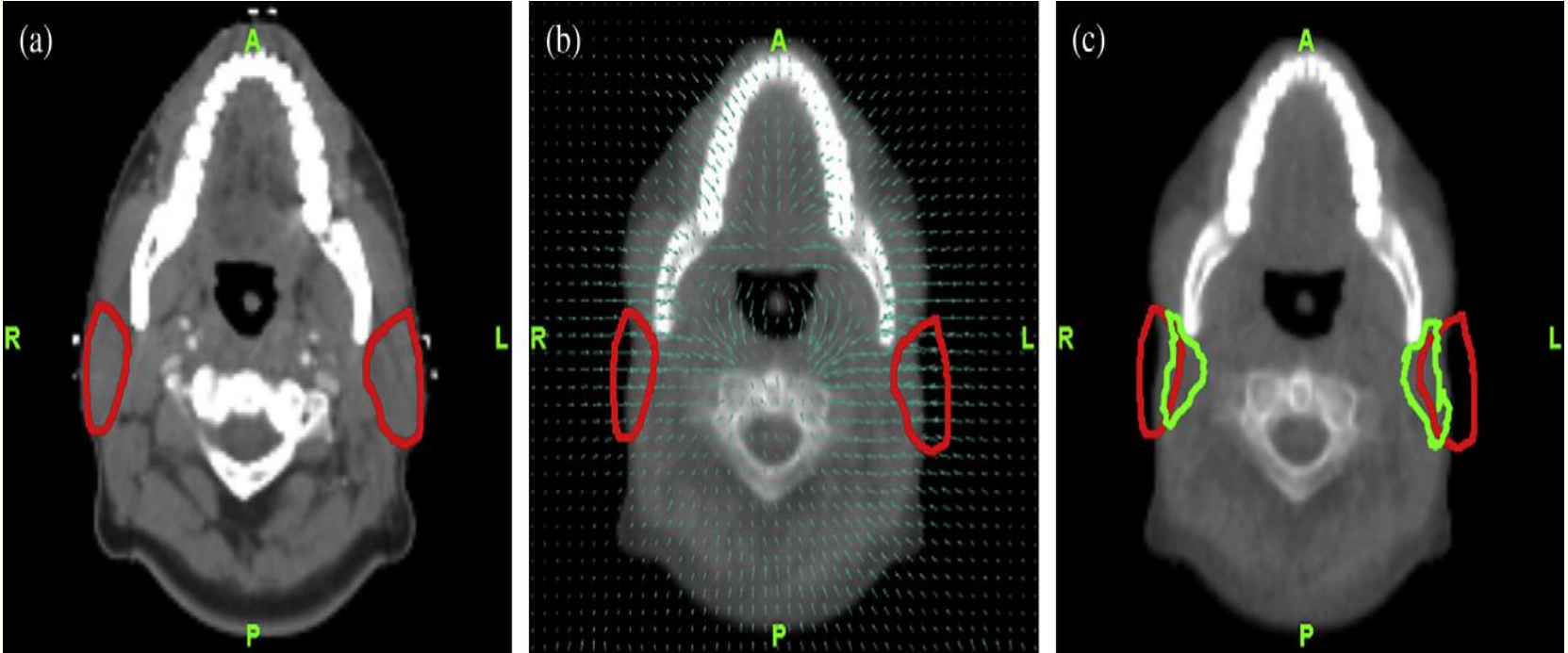
- İki görüntüde aynı noktanın geometrik karşılığının bulunması



Yaklaşımlar

- Feature-based (control points, thin-plate spline...)
- Model-based (finite element method...)
- Image-intensity based (optical flow, diffusion method, free-form....)

Deforme edilebilir (rijit olmayan) eşleştirme



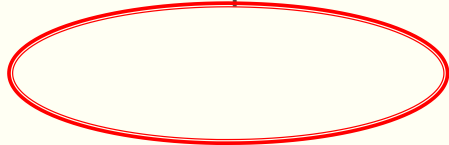
Planlama CT

Voksellerin orijinal lokalizasyonundan güncel lokalizasyonlarına hareketini gösteren vektörler

Otomatik olarak oluşturulmuş parotis deforme konturları

Tedavi Adaptasyonu

- Tedavi adaptasyonu ART'nin diğer bir ana bileşeni
- Bu amaç için çeşitli yöntem ve protokoller geliştirilmiştir.
- Bunların bazıları hali hazırda uygulanmaktadır.
 - Online pozisyon düzeltme
 - Offline planlama
 - Online planlama

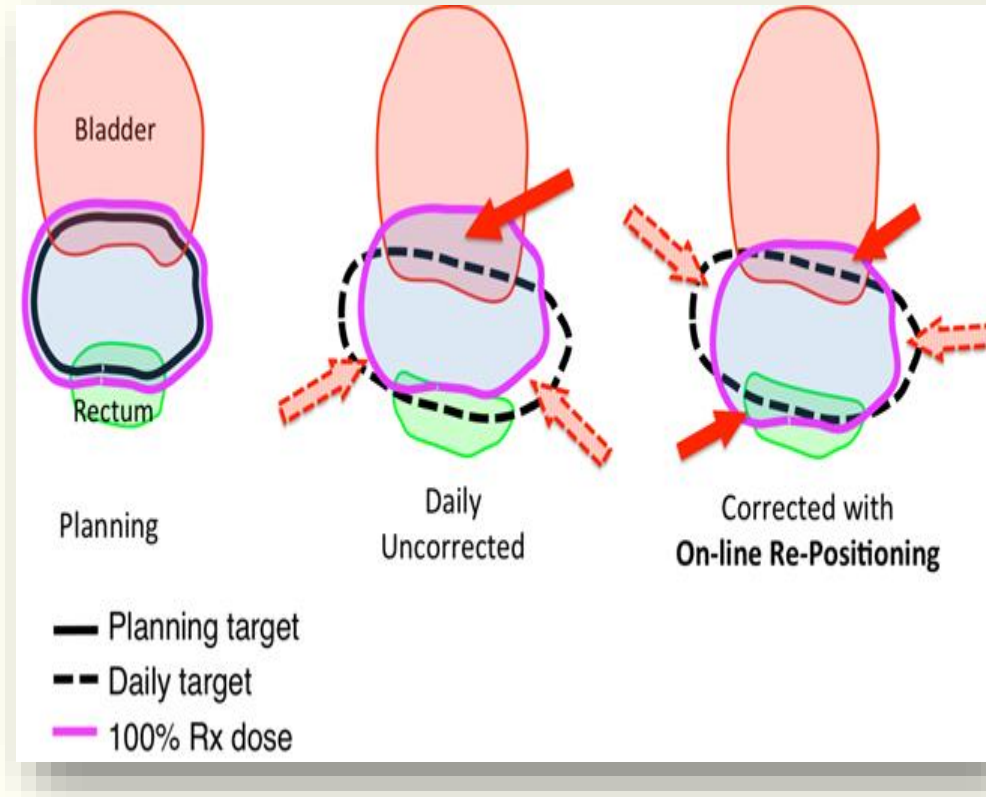


Görebilir miyim
bilemiyorum

Online pozisyon düzeltme

- ART'nin ilk aşaması ve IGRT teknolojisi olan kliniklerde büyük oranda uygulanmakta
- Hastanın pozisyonu, planlanan anatomiden olası hedef pozisyon değişikliği için günlük görüntüler kullanılarak düzeltilmekte
- Bu amaçla portal görüntüleme (kemik), CBCT (kemik ve yumuşak doku), fiducial markırlar (yumuşak doku) kullanılabilmektedir

Online pozisyon düzeltme



Etkili olması ve büyük oranda kullanılmasına rağmen sadece online pozisyon düzeltme günlük hedef/organ deformasyonundan kaynaklanan pozisyon düzeltilmesinde tek başına yeterli değildir.

Offline planlama

- İlk tedavi fraksiyonlarından elde edilen görüntü bilgilerini kullanarak tedavi planını optimize etmek
- Böylece setup hataları ve organ hareketinden kaynaklanan sistematik hataları önlemek
- Offline optimizasyon tekniğinin önemli kavramı günlük görüntünün alındığı fraksiyonda değil sonraki fraksiyonlarda kullanılmasıdır

Adaptif Radyoterapide QA

AAPM TG40 (1994)

KONVANSİYONEL RADYOTERAPİ

AAPM TG53 (1998)

TEDAVİ PLANLAMA

AAPM TG142 (2009)

LİNEER HIZLANDIRICI

AAPM TG100 (2016)

RADYOTERAPİDE RİSK ANALİZİ QM

AAPM TG132 (2017)

RADYOTERAPİDE IMAGE REGİSTRATION

ASTRO, AAPM IMRT İÇİN QA  **ADAPTİF
RT**



AAPM TG100

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) HATA TÜRLERİ VE ETKİ ANALİZİ

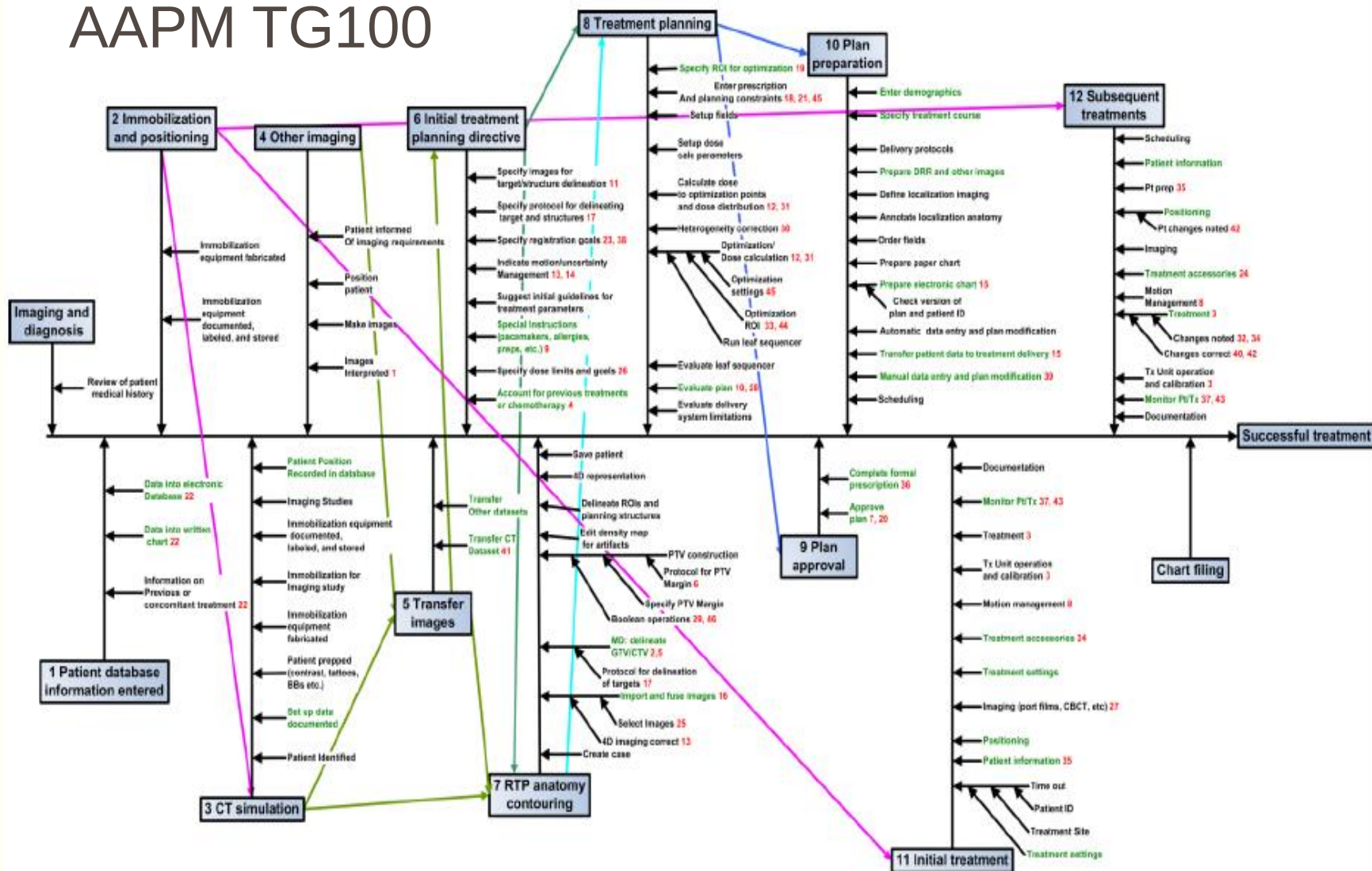
HATANIN ÖNEMİ (Severity) = (S) (1.....10)

HATANIN ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI (Occurence) = (O)
(1.....10)

**HATANIN TESPİT EDİLEMEME OLASILIĞI (lack of Detectable)
= (D)** (1.....10)

RPN (Risk Priority Number) = S*O*D

AAPM TG100



Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 132

Kristy K. Brock^{a)}

Department of Imaging Physics, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, 1400 Pressler St, FCT 14.6048, TX 77030, USA

Sasa Mutic

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

Todd R. McNutt

Department of Radiation Oncology, Johns Hopkins Medical Institute, Baltimore, MD, USA

Hua Li

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

Marc L. Kessler

Department of Radiation Oncology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

(Received 7 January 2016; revised 13 February 2017; accepted for publication 19 February 2017; published 23 May 2017)

Kristy Brock,
develop agr.

Ray Search lab & Varian code

Sasa Mutic,
Todd McNutt,
Hua Li,
Marc Kessler,

Modus & Varian lisans agr.
Philips Medical & Elekta Oncology
Philips Medical research agr.
Varian Medical code develop agr.

DIR algoritmalarının doğruluğu

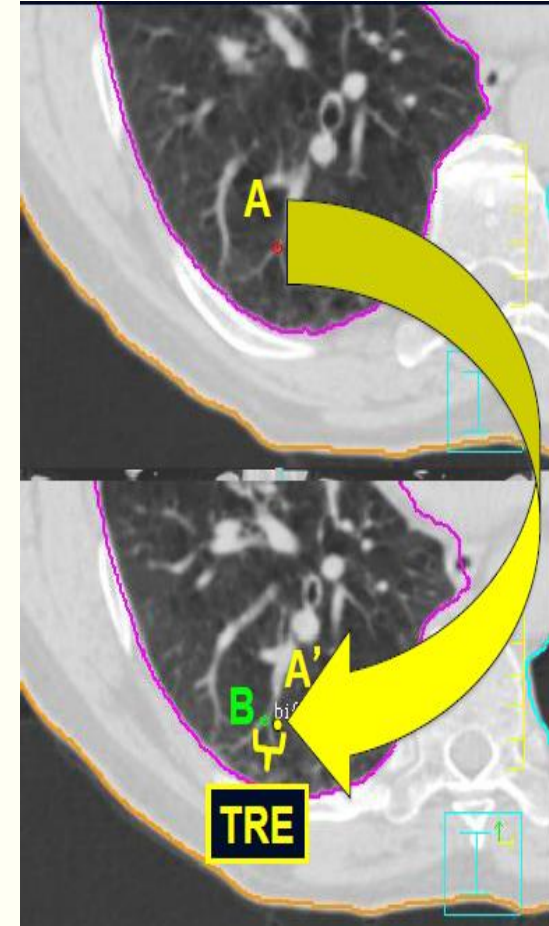
❑ *Target Registration Error (TRE)*

(Eşleştirme sonrası A imajındaki görüntü B imajındaki ile örtüşüyor mu? $TRE=0$ güzel sonuç

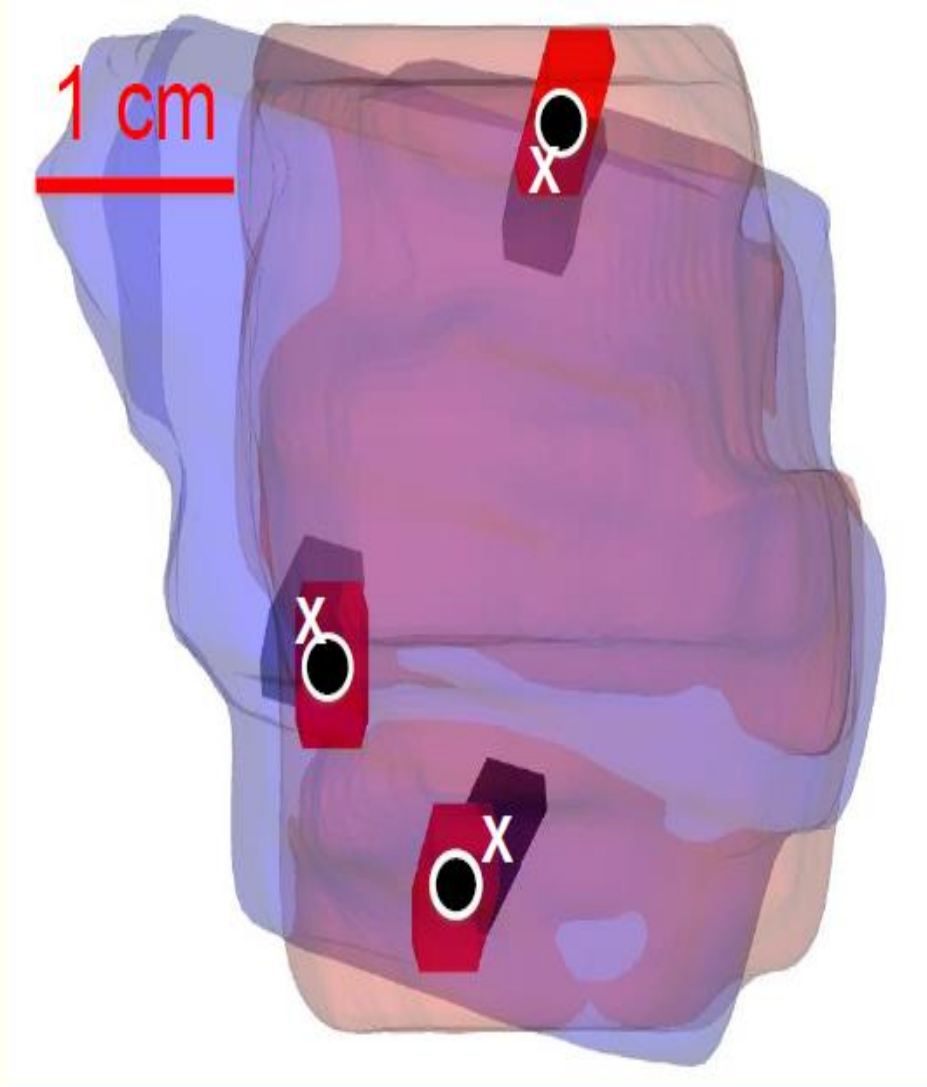
❑ *Mean Distance to Agreement (MDA)*

❑ *Dice Similarity Coefficient (DSC)*

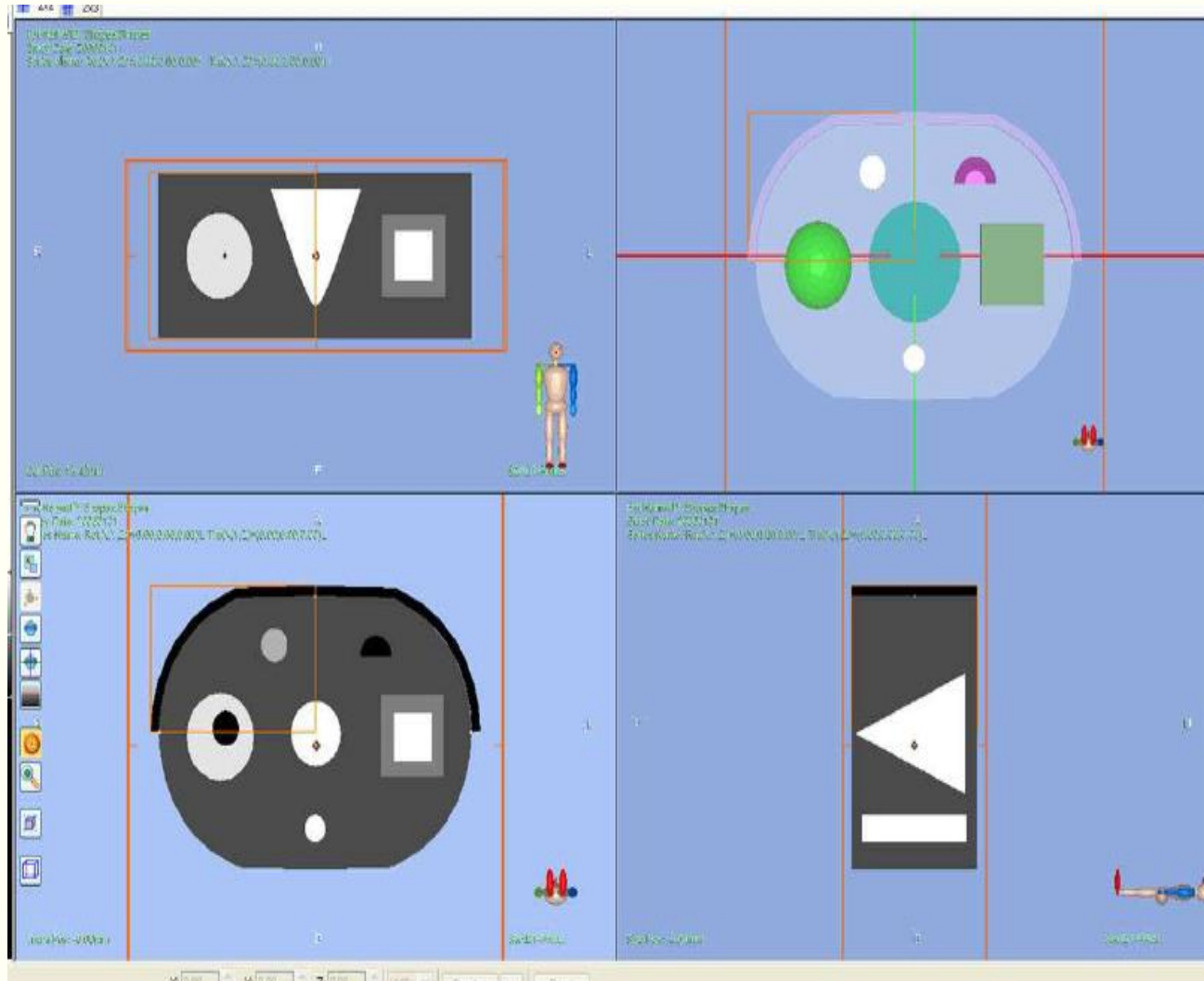
❑ $DSC=1$ güzel sonuç , $DSC=0$ kötü sonuç



Noktaların eşleşmesi her zaman doğru eşleşme değildir!!!!



Boyutları ve Deformasyonu bilinen Fiziksel fantomla Algoritma Kontrolü



ART sürecinde Kalite Kontrol

- ❑ ART simülasyon, konturlama, planlama, değerlendirme, hasta QA aşamalarını kapsar.
- ❑ Kompleks tedavi planlarının uygulanması süreçteki belirsizlerin artmasına ve hataların tespitinin zorlaşmasına neden olur. QA için giderek daha fazla gerekecektir.
- ❑ AAPM TG100 Kliniğe ait yüksek öncelikli hataların nedenlerinin tespit edilerek ortadan kaldırılmasını önermektedir.
- ❑ AAPM TG40,TG53 ve TG142 raporuna ilave TG132 öneriliyor.
- ❑ Her klinik kendi sistemlerini kullanarak End to End testi yapması tüm sistemi doğrulamak adına en doğru adımdır.

End to End Test

- ❑ Simülasyon aşamasından tedavinin uygulamasına kadar zincirin her halkasının kontrol edilmesini sağlar.
- ❑ Tek tek cihaz veya sistemin kontrolünün yanında sistemler arasındaki bağlantılarında test edilmesini sağlar.
- ❑ Yılda iki kez ve her upgrade sonrası yapılması önerilmektedir.



Adaptif
istiyoruz

Adap
tif



“image- plan-treat”

