

BRAKİTERAPİDE KULLANILAN FARKLI DOZ HESAPLAMA ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ayşe Dağlı¹, Fatma Yurt², Gültekin Yeğın³

¹Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü

²Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Uygulamalar Bölümü

³Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Anabilim Dalı

AMAÇ

AAPM TG-186 raporunda, TG-43 formalizmi yerine tavsiye edilen Model Tabanlı Doz Hesaplama Algoritmalarının doz hesaplamasındaki güvenilirliklerinin araştırılması.

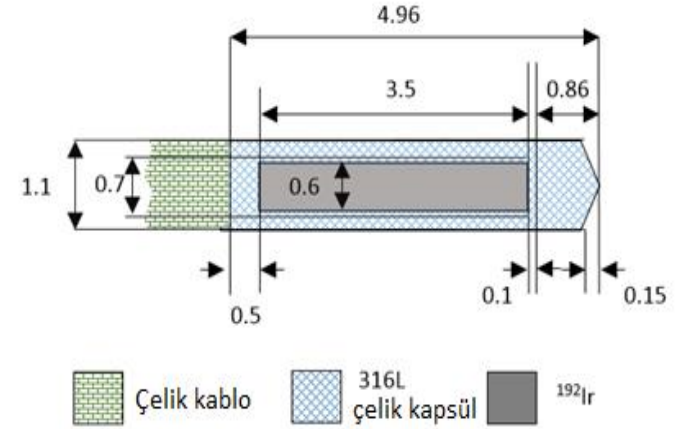
YÖNTEM MATERİYAL

Doz hesaplamalarında kullanılan algoritmalar:

- Eclipse BV-TPS (v.10); TG-43 ve AcurosBV
- EGSnrc Monte Carlo; BrachyDose

Kaynak: ^{192}Ir HDR

- Eclipse TPS: Varian MS-GammaMed HDR 12i
- MC: Çoklu Geometri (MG) paketi (Yegin, 2003)



Şekil 1. Varian Medikal Sistemler GammaMed HDR 12i kaynağının materyal ve boyutları (mm)

Doz Hesaplama Senaryoları

1. Homojen su fantomu senaryosu (ideal geometri)

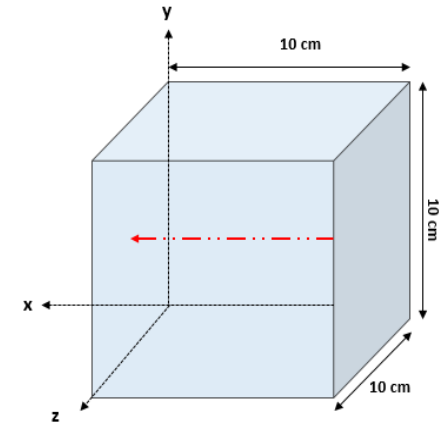
- Ortam heterojenliği, doz pertürbasyon etkileri yok
- Eclipse: 10 cm^3 , $0.25 \times 0.25 \times 0.20 \text{ cm}$ voksel boyutu
- MC: 10 cm^3 , $0.1 \times 0.1 \times 0.1 \text{ cm}$ voksel boyutu

2. Heterojen fantom senaryosu (olağan dışı durum)

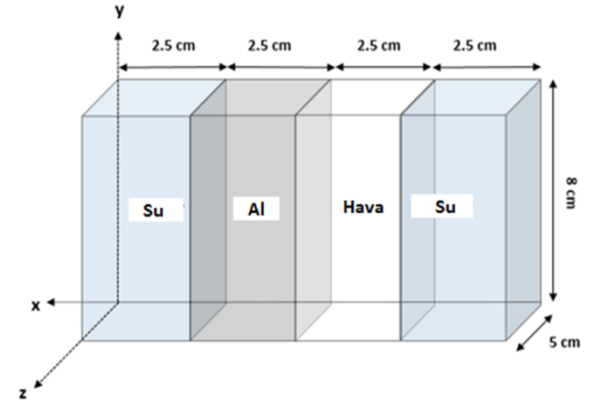
- Pek çok heterojenite konfigürasyonu
- Su-Alüminyum-Hava-Su
- Eclipse: $10 \times 5 \times 8 \text{ cm}^3$, $0.25 \times 0.25 \times 0.2 \text{ cm}$ voksel boyutu
- MC: $10 \times 5 \times 8 \text{ cm}^3$, $0.1 \times 0.1 \times 0.1 \text{ cm}$ voksel boyutu

Her iki senaryoda aynı geometri için iki farklı plan;

- Fantomun merkezinde **tek** HDR brakiterapi kaynağı
- Fantomda **beş** HDR brakiterapi kaynağı
- Her plan için, BrachyDose, AcurosBV, TG-43
- kaynağın merkezinden ve kaynağın enine ekseninden 1 cm uzaktabulunan bir noktada 1.0 Gy 'e normalize



Şekil 2. Homojen Fantom Senaryosu. Eclipse TPS 'inde oluşturulan sanal fantom boyutları



Şekil 3. Heterojen Fantom Senaryosu. Eclipse TPS 'inde oluşturulan sanal dikdörtgen fantom boyutları

	Kütle yoğunluğu (g/cm^3)	Rölatif elektron yoğunluğu	Hounsfield sayısı (HU)
Su	1.0	1.0	0
Hava	0.012	0.0072	-993
Alüminyum	2.7000	2.3153	2640

3. Serviks CA hastası senaryosu (klinik durum)

Eclipse:

- BT serisi, 0.25x0.25x0.375 cm voksel boyutu
- CTV, rektum, sigmoid, mesane ve femur başları
- CTV 'de optimal doz dağılımı için, 0.5 cm aralıklı 26 kaynak pozisyonu

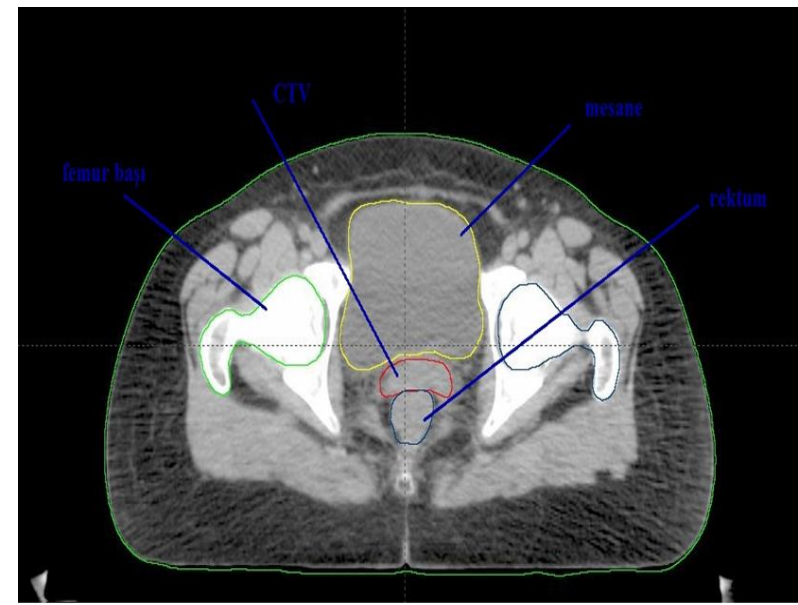
MC:

- Geometri, kaynak pozisyonları ve her organın hacmi

DICOM dosyasından elde edildi ve materyal atamaları buna göre yapıldı.

- Herhangi bir vokselin kütle yoğunluğu (ρ), DICOM dosyasındaki aynı voksel için atanan HU değerinden hesaplandı.
- HU 'den ρ 'ya dönüşüm için bir EGSnrc dosyasında tanımlanan BT kalibrasyon eğrisi (NRCC PIRS-794) kullanıldı
- Doğrusal voksalize fantom, 0.2x0.2x0.2 cm voksel boyutu

Tüm doz hesaplamalarında rölatif doz, tümör bölgesi içindeki bir noktada(3.0, -5.0,7.0), 1.0 Gy 'ye normalize edildi.



Şekil 4. Serviks kanseri hastasının pelvik bölgesinin aksiyel görünümü (Senaryo-3).

Doz Hesaplamaları

- Bildirilen tüm doz değerleri sudaki doza (dose to water- $D_{m,w}$) göre hesaplanmıştır.

MC hesaplamalarında;

- 'History' sayısı 5×10^9
- Elektronlar taşınmadı.
- Foton kesme enerjisi 1 keV olarak belirlendi.
- Rayleigh saçılması, Compton saçılması, Fotoelektrik absorpsiyon ve X-ışınları flüoresans emisyonları hesaba katıldı.
- Foton tesir kesitleri, XCOM veri tabanından
- Kütle enerji absorpsiyon katsayıları (μ_{en}/ρ), EGSnrc kullanıcı kodu 'g' den elde edildi.
- BrachyDose, yol uzunluğu tahmini-kerma, her parçacık adımımda kerma değerleri (μ_{en}/ρ)_{su} ile çarpıldı.

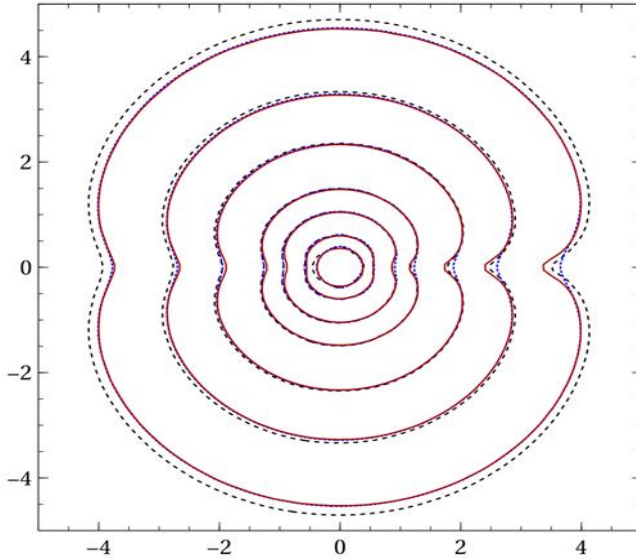
AcurosBV doz hesaplamasında,

- Rayleigh saçılması haricinde tüm foton etkileşimlerini içeren CEPXS kullanılarak tesir kesitleri hazırlandı.

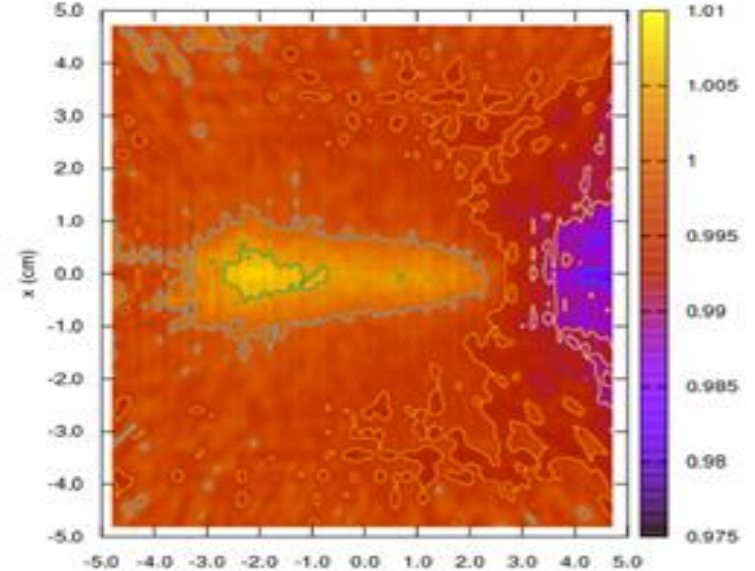
BULGULAR

Senaryo-1

- Farklı algoritmalarla hesaplanan üç doz dağılımı, tüm noktalarda beklendiği gibi tutarlı sonuçlar verdi.
- Tek kaynak planında; BrachyDose ve AcurosBV, mükemmel bir uyuma sahipti (Şekil.5)
- Beş kaynak planında; BrachyDose ve AcurosBV 'nin neredeyse tüm noktalarda % 1 doz farkıyla uyushmaktadır (Şekil.6)



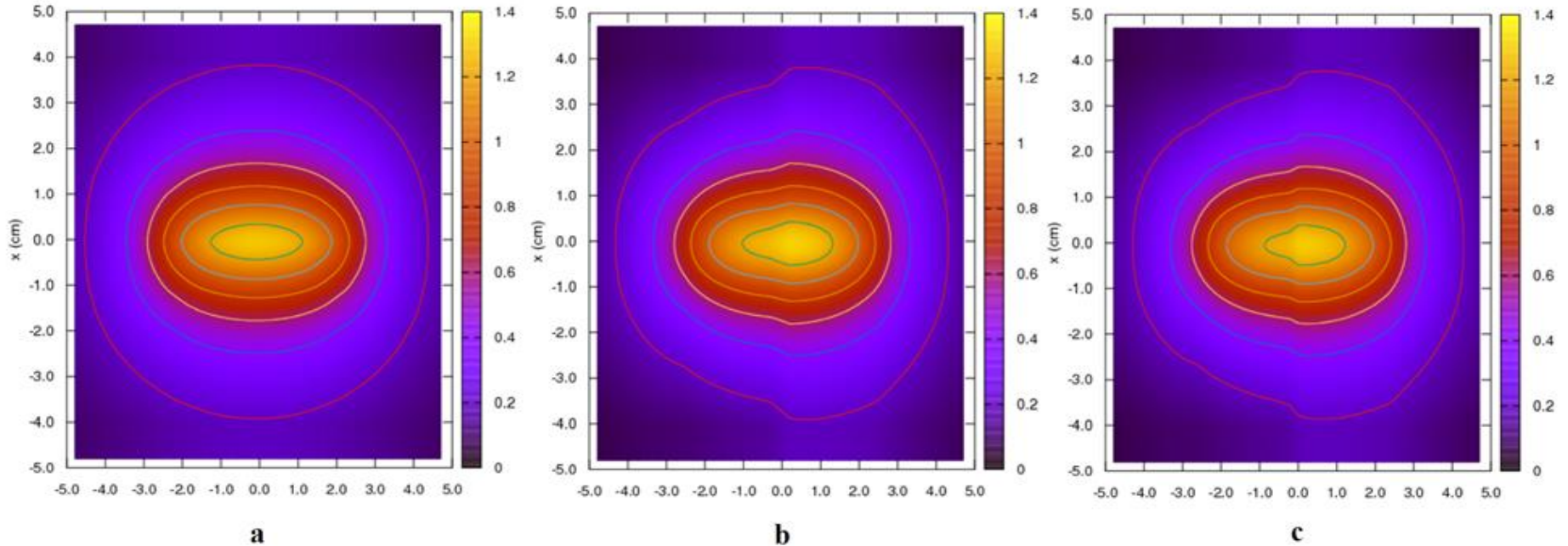
Şekil 5. Senaryo-1 'deki tek kaynak planı için izodoz eğrilerinin karşılaştırılması. Kırmızı çizgi BrachyDose, mavi çizgi Acuros®BV ve kesikli çizgi Eclipse TG-43 izodoz eğrilerini temsil etmektedir



Şekil 6. Beş kaynak planı için Acuros®BV ve BrachyDose algoritmalarının rölatif doz farkı

Senaryo-2

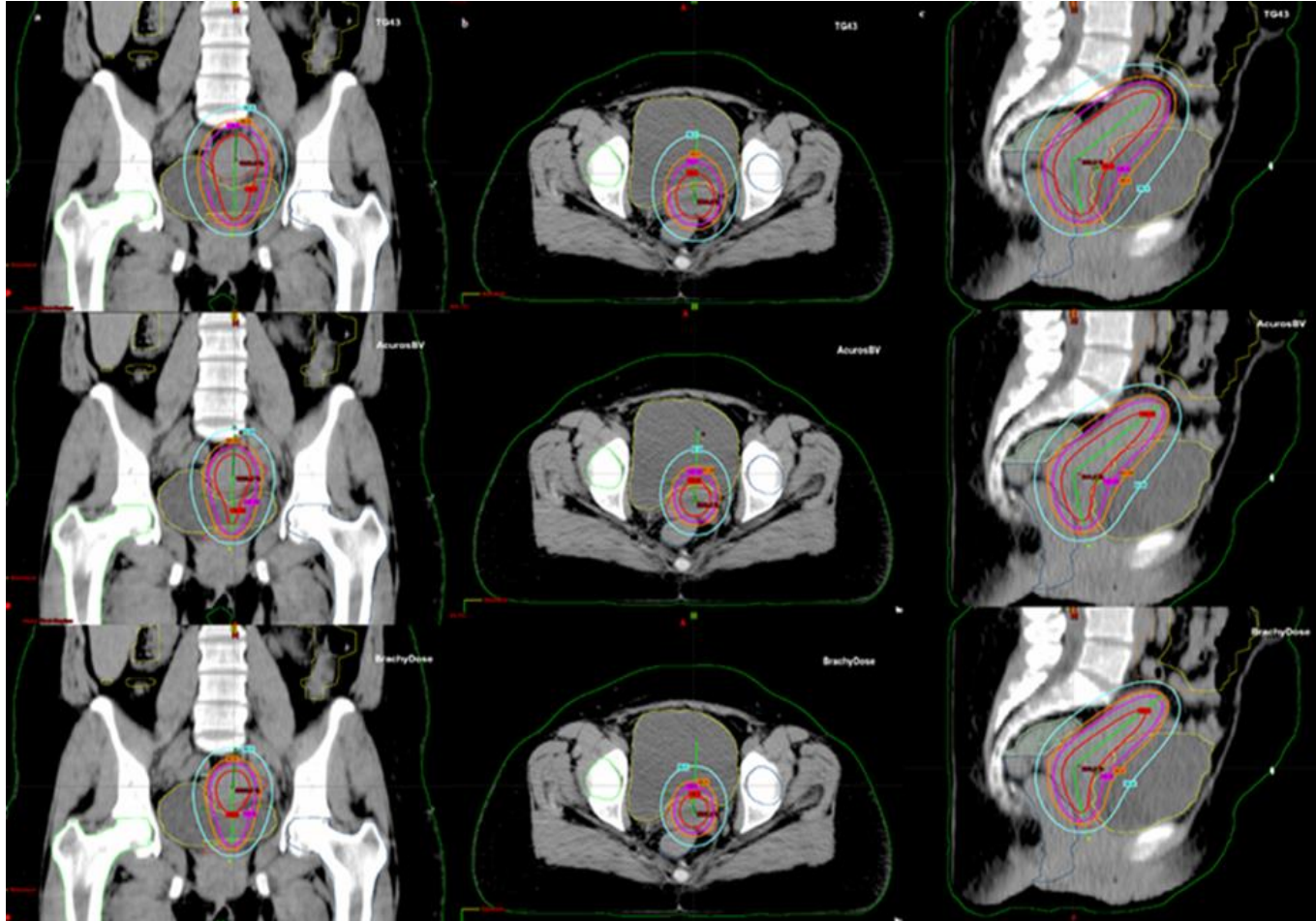
- İzodoz eğrileri incelendiğinde, materyal ara yüzlerinde TG-43 için fark yaratmadı, ancak alüminyum-hava ara yüzünde izodoz eğrisi kırılmasının, AcurosBV 'ye kıyasla BrachyDose'da daha belirgin olduğu bulundu.
- TG-43 ve MBDCA arasındaki fark % 5 civarındadır, BrachyDose ve AcurosBV arasındaki doz farkı % 2 içindedir.
- Maksimum farklılıklar, beş kaynak planında gözlenmiştir.



Şekil 7. Senaryo-2 'de beş kaynak planın izodoz eğrilerinin görünümü a) Eclipse TG-43 planı b) Acuros®BV planı c) BrachyDose planı

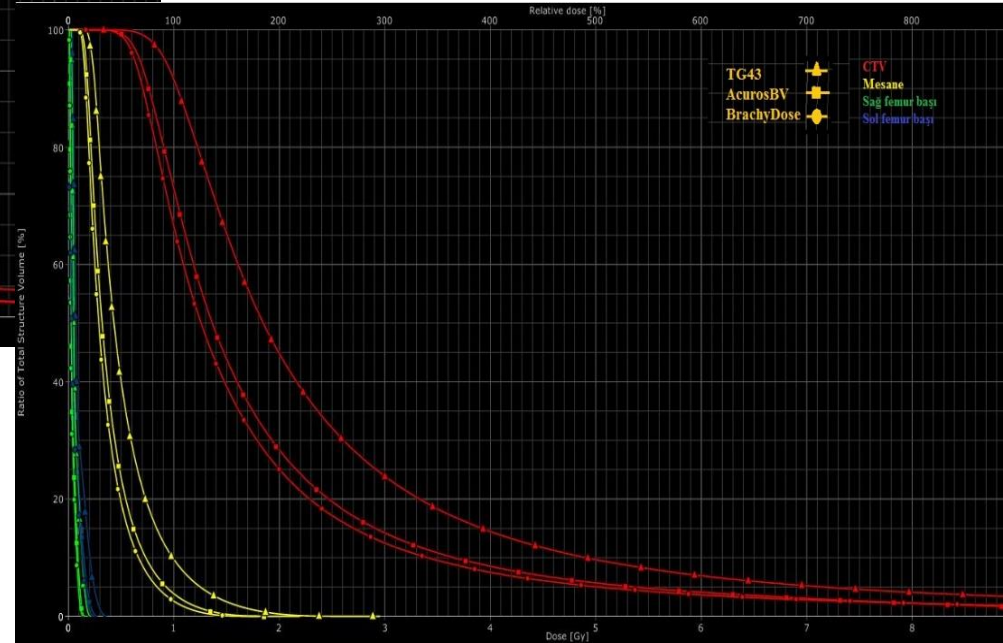
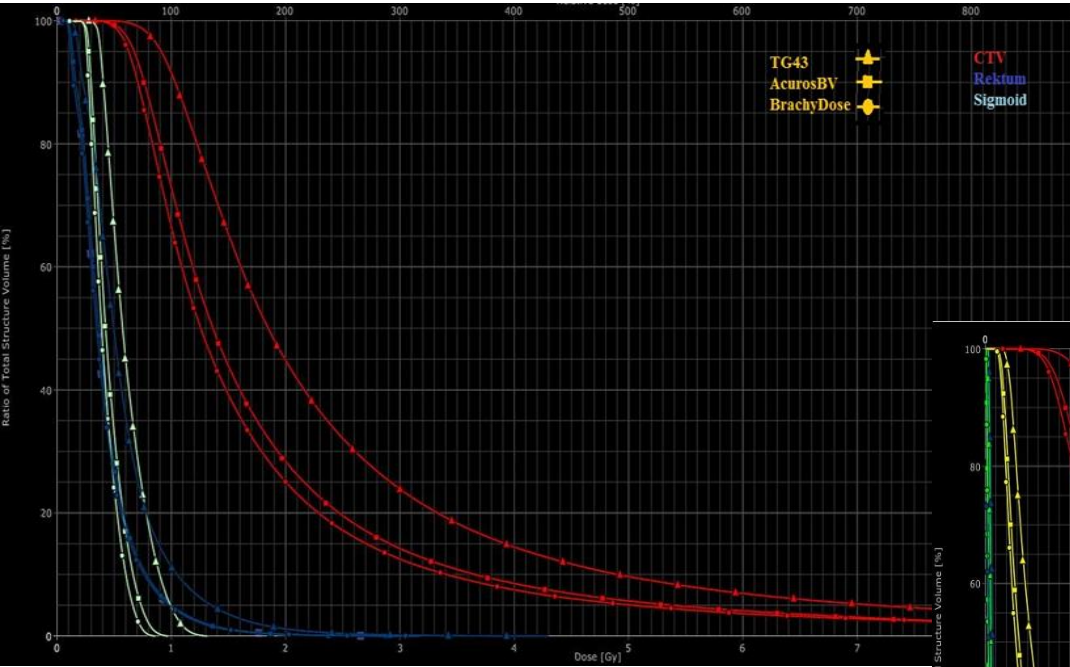
Senaryo-3

- BrachyDose (3ddose) doz dağılımı, DICOM formatına dönüştürüldü ve Eclipse TPS 'ne aktarıldı.



Şekil 10. Senaryo-3'deki Eclipse TPS 'deki izodoz eğrileri a) frontal kesit ve b) aksiyal kesit c) sagittal kesiti. En içten dışa doğru izodoz eğrileri, sırasıyla, % 50 (mavi), % 80 (turuncu), % 100 (macenta) ve % 150 (kırmızı) 'dir.

Senaryo-3



- TG-43 ile diğer iki model tabanlı algoritma sonuçları arasındaki D_{2cc} farklılıkları %30-70 olup en yüksek fark kemik yapılarında görüldü.
- CTV (D_{90}), rektum, mesane, sigmoid (D_{2cc}) ve kemikte (D_{ort}) BrachyDose ve AcurosBV arasındaki doz farkı sırasıyla %7, %2, %11, %11 ve %1'dir.

SONUÇ

- Brakiterapi doz hesaplamasında TG-43 formalizminin yetersizliklerinin olduğu ve model tabanlı algoritmalarının kullanılması ile daha güvenilir sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.
- Homojen su fantomunda ve klinik olmayan heterojen ortamlar için elde edilen doz değerleri arasında mükemmel bir uyum gözlemlendi.
- Hasta planında, BrachyDose ve AcurosBV arasında anlamlı doz farklılıkları bulundu.
- Literatürde TG43-(MC, ABV) farkının fantom çalışmalarında %20'ye (Fonseca GP et al.,2013) klinik vakalarda ise %25'e kadar çıkabildiği (Fonseca GP et al.,2014) bildirilmiştir.
- BT verilerinde HU değerlerinin kütle yoğunluğuna dönüştürülmesinde kullanılan BT-kalibrasyon eğrilerinin farklı olması ve her planda farklı voksel boyutlarının kullanılması nedeniyle farklılıklar olabileceği değerlendirilmektedir.
- İlerleyen çalışmalarda, Monte Carlo brakiterapi doz dağılımları üzerindeki BT verilerinin etkileri araştırılacaktır.

TEŞEKKÜRLER...