



SİD UYGULAMALARINDA FİZİK DEĞERLENDİRME

Gönül Kemikler İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü



XI. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 2007
Antalya

Prostat Kanseri

Radikal tedavi seçenekleri

Cerrahi

Eksternal ışınlama

BRAKİTERAPİ - RADİKAL
- EK DOZ



Geçici implant

Kalıcı implant

Prostat Brakiterapisi

EK BOOST

- İntraprostatik dokulara daha yüksek doz
- Sağlıklı dokulara minimum doz

Prostat Brakiterapisi; Ek doz

1. Eksternal radyoterapi (pelvis & prostat)
46 Gy, 1.8 Gy/ fraksiyon



2 hafta ara

2. ^{125}I 110 Gy minimum perifer dozu (MPD)
 ^{103}Pd 100 Gy minimum perifer dozu (MPD)
veya

3. HDR I-192 ile 18-30 Gy/3-4 frak.

Prostat brakiterapisi; izotop seçimi

İzotop	keV	Yarı ömür
I-125	28	60 gün
Pd-103	21	17 gün
Cs-131	30	9.7 gün

Prostat Brakiterapisi

MONOTERAPİ (Radikal - kalıcı implant)

- ^{125}I – 145 Gy MPD
- ^{103}Pd – 125 Gy MPD

Ir-192

$\text{Ir}^{191}(\text{n}-\gamma) \text{Ir}^{192}$

Ort. enerji: 370 keV

Yarı hayat: 73.85 gün

- HVL: Dokuda 6 cm, kurşunda 2.5 mm
- U/mCi: 4.030
- Kullanım şekli: **Geçici implant**

LDR Ir-192 teli

veya

HDR Ir-192 kaynağı

I-125

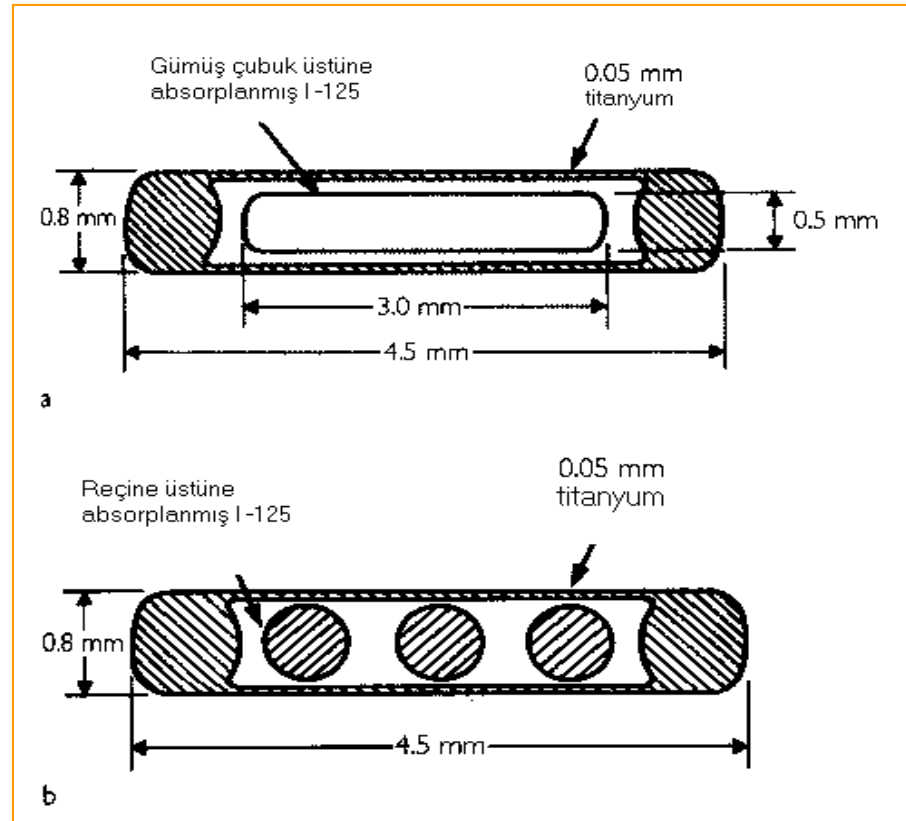
6711# ve 6702 # İyot-125

$\text{Xe}^{124}(\text{n}-\gamma) \text{I}^{125}(\text{EC}) - \text{Te}^{125}$

Ortalama enerji: 27-35 keV

Yarı hayat: 59.6 gün

- HVL: Dokuda 2 mm, kurşunda 0.025mm
- U/mCi: 1.27
- Kullanım şekli: **Kalıcı implant**

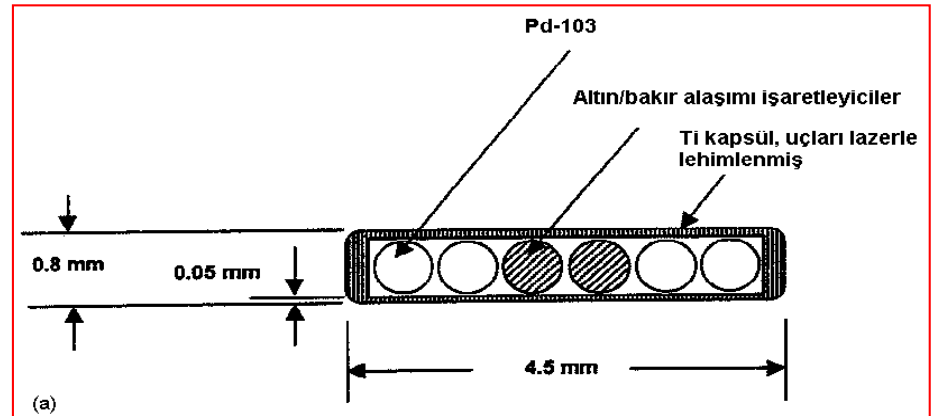
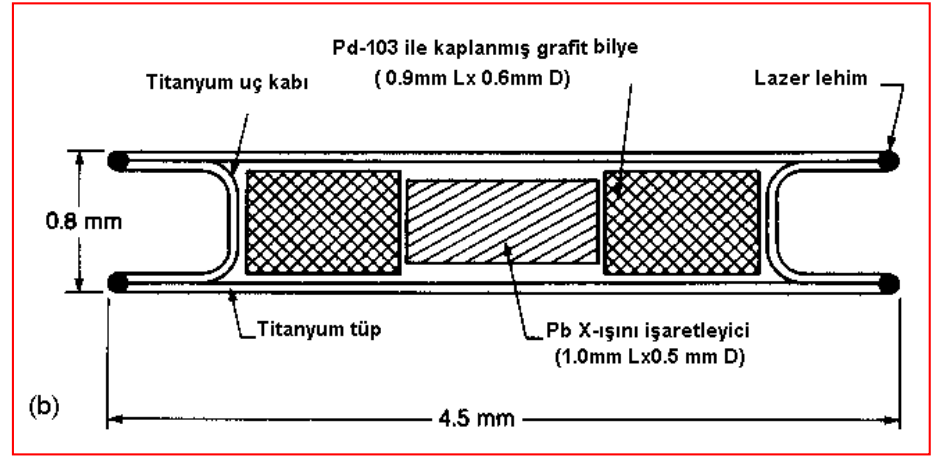


Pd-103

Pd-103 M200 ve MED 3633

$Pd^{102} (n-\gamma) Pd^{103} (EC)$
Ortalama enerji: 20-22keV
Yarı hayat: 17 gün

- HVL: Kurşunda 0.004 mm
- U/mCi: 1.293
- Kullanım şekli: **Kalıcı implant**

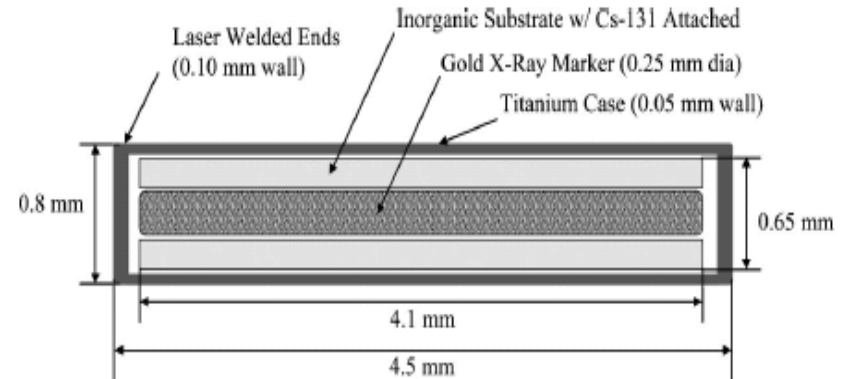


Cs-131

Ortalama enerji: 29-34 keV

Yarı hayat: 9.7 gün

- HVL: Kurşunda 0.08 mm
- U/mCi: 0.643
- Kullanım şekli: **Kalıcı implant**



Kaynak şiddeti

Tavsiye edilen birim:

Air kerma şiddeti, S_k

Kaynaktan 1 m mesafede havadaki doz şiddeti

Birim = $\mu\text{Gy m}^2 / \text{hr} = \text{U}$

Ci veya mCi

Kullanılan tipik aktivite değerleri:

I-125 için 0.4-1.0 U (0.3-0.8 mCi)

Pd-103 için 1.4-2.2 U (1.1-1.7 mCi)

Cs-131 için 1.6-2.0 U (2.5-3.2 mCi)

Yarı ömür

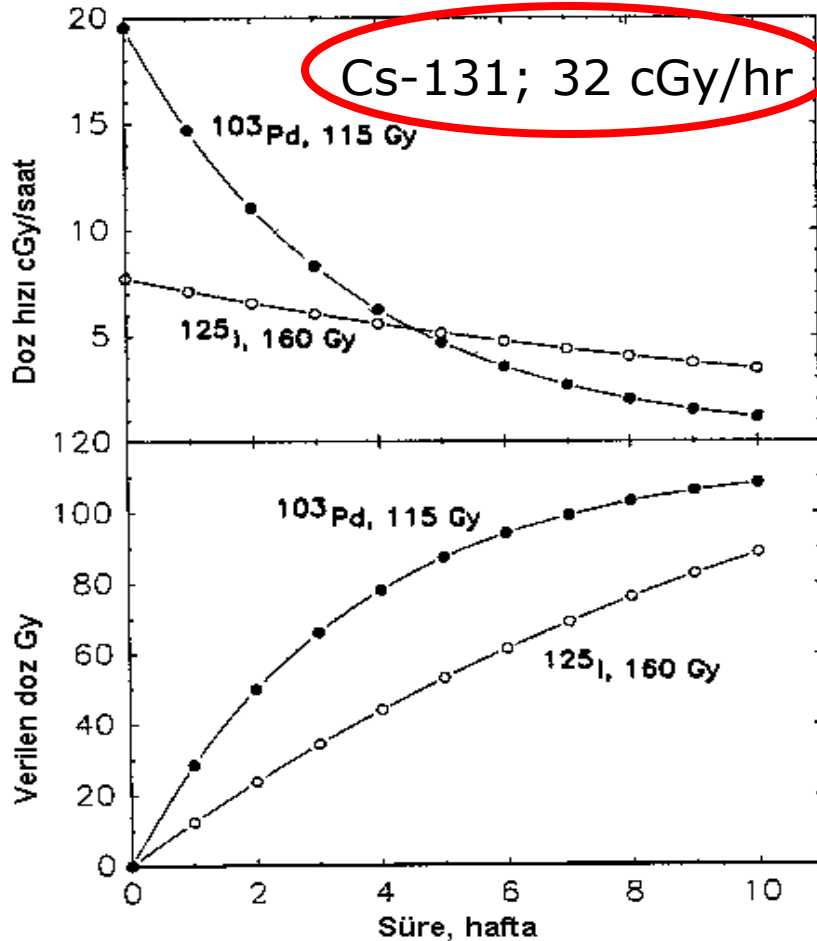
I-125	59.4 gün
Pd-103	17 gün
Cs-131	9.7 gün

I-125'in günde %1'i bozunur.

Pd-103'ün günde %4'ü bozunur.

Cs-131'in günde %7'si bozunur.

I-125, Pd-103 ve Cs-131; Doz Hızları

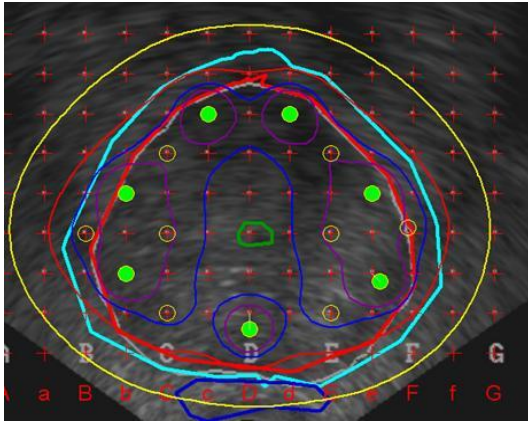


I-125 ile 197 günde toplam dozun %90'ı verilir.

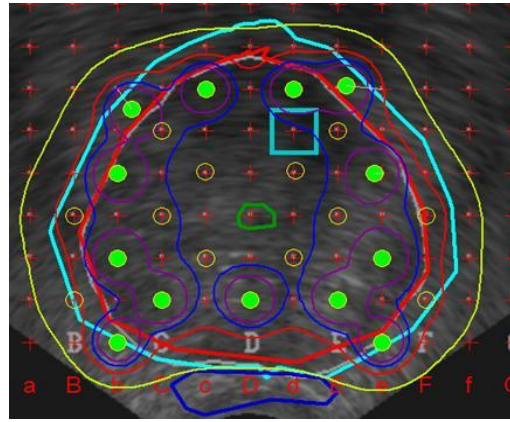
Pd-103 ile 56 günde toplam dozun %90'ı verilir.

Cs-131 ile 33 günde toplam dozun %90'ı verilir.

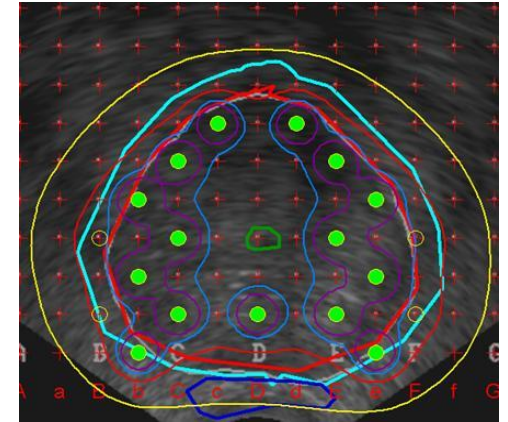
İzodoz dağılımları



I-125



Pd-103



Cs-131

Dose (%)	Color
200 %	Purple
150 %	Blue
100 %	Red
50 %	Yellow

$$D(t) = \frac{34.6\Gamma Q_0 T_p (1 - e^{-0.693t/T_p})}{r^2}$$

$D(t)$ Total doz (R)

34.6 Çevirme faktörü, 24 h/d* 1.44

Γ Ekspozur rate sabiti, (R cm² / h. mCi)

Q_0 Başlangıç aktivitesi (mCi)

T_p Fiziksel yarı hayat (d)

r Mesafe (cm)

t Işınlama süresi (d)

$$D(r) = 1.443 T_{1/2} A \Gamma f_{med} T(r) / r^2$$

Meisberger formalizmi

$D(r)$ Total doz

$T_{1/2}$ Yarı hayat

A Görünür aktivite (mCi)

Γ Ekspojur rate sabiti, (R cm² / h. mCi)

f_{med} Rontgeni rad'a çevirme faktörü

$T(r)$ Azaltma ve saçılma faktörü

r Kaynaktan hesaplama noktasına olan uzaklık

$$D(r) = 1.443 T_{1/2} S_k \Lambda \left[G(r, \pi/2) / G(r_0, \pi/2) \right] g(r) \phi_{an}(r)$$

Task Group 43

$D(r)$ Total doz

$T_{1/2}$ Yarı hayat

S_k Görünür aktivite (mCi)

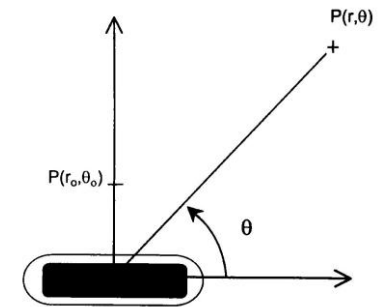
Λ Doz rate sabiti, (cGy. cm² / h. U)

$[G(r, \pi/2) / G(r_0, \pi/2)]$ Geometri faktörü

$g(r)$ Azaltma ve saçılma faktörü

ϕ_{an} Anizotropi düzeltme faktörü

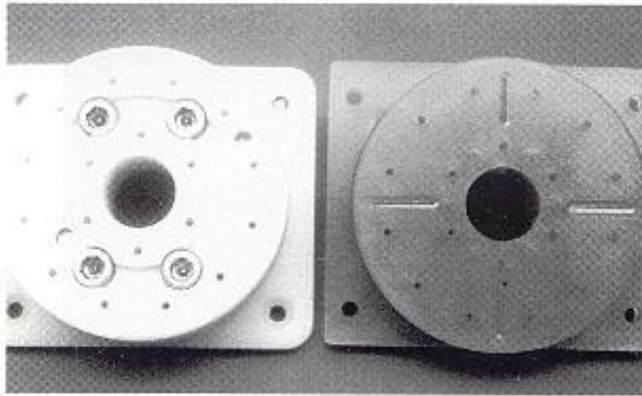
r Kaynaktan hesaplama noktasına olan uzaklık



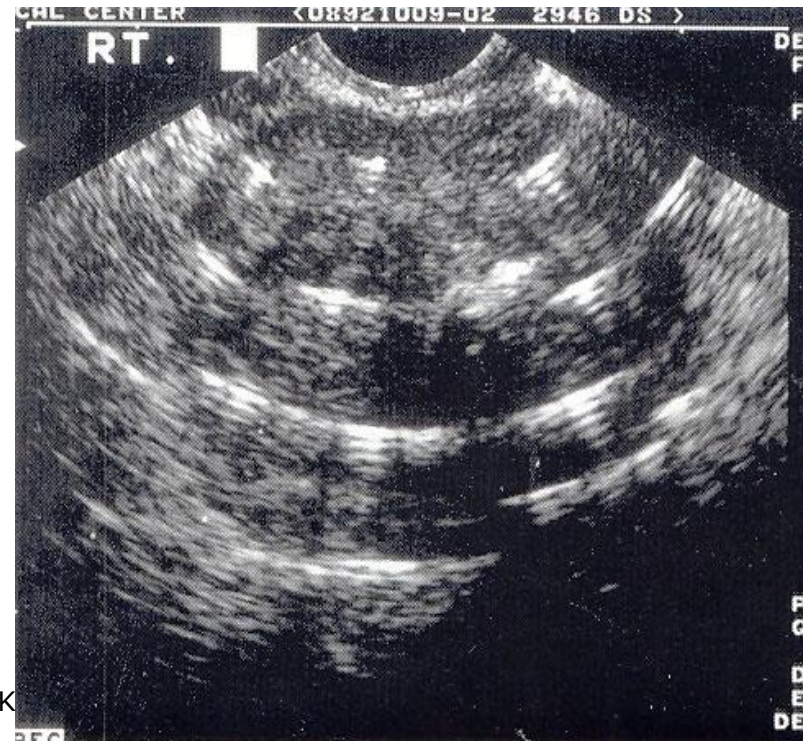
Prostat Brakiterapisi, HDR

1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. İğnelerin yerleştirilmesi, CT filmleri
4. Planlama ve ışınlama (3-4 fraksiyon)
5. Post planlama (optimizasyon)

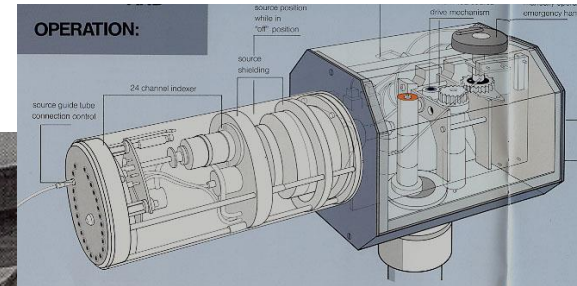
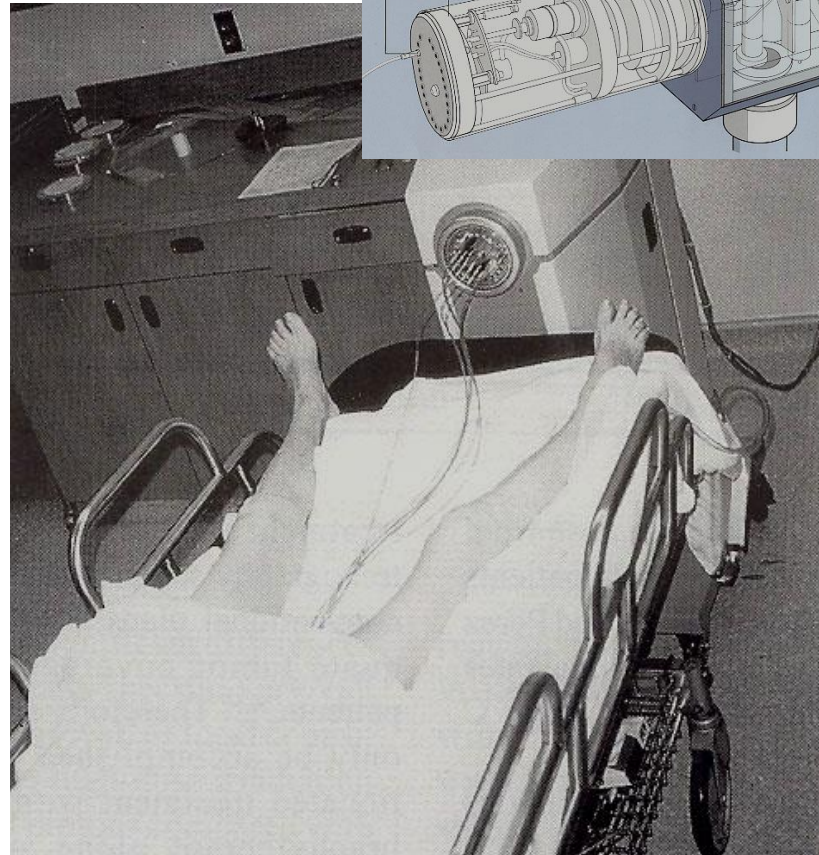
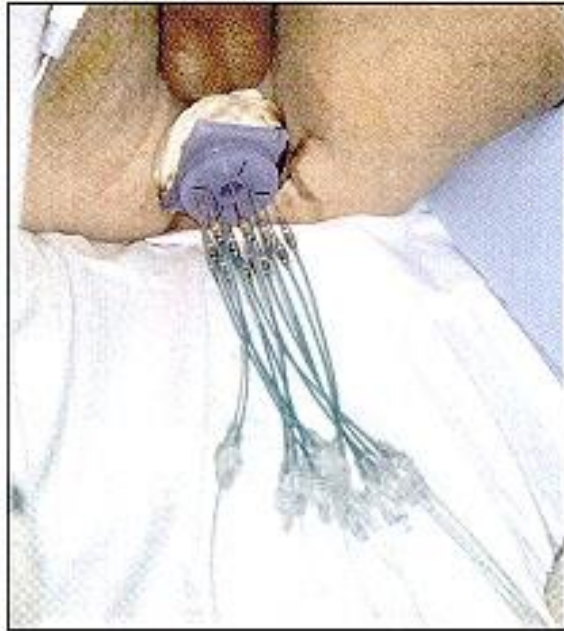
Prostat Brakiterapisi, HDR



^{192}Ir source



Prostat Brakiterapisi, HDR



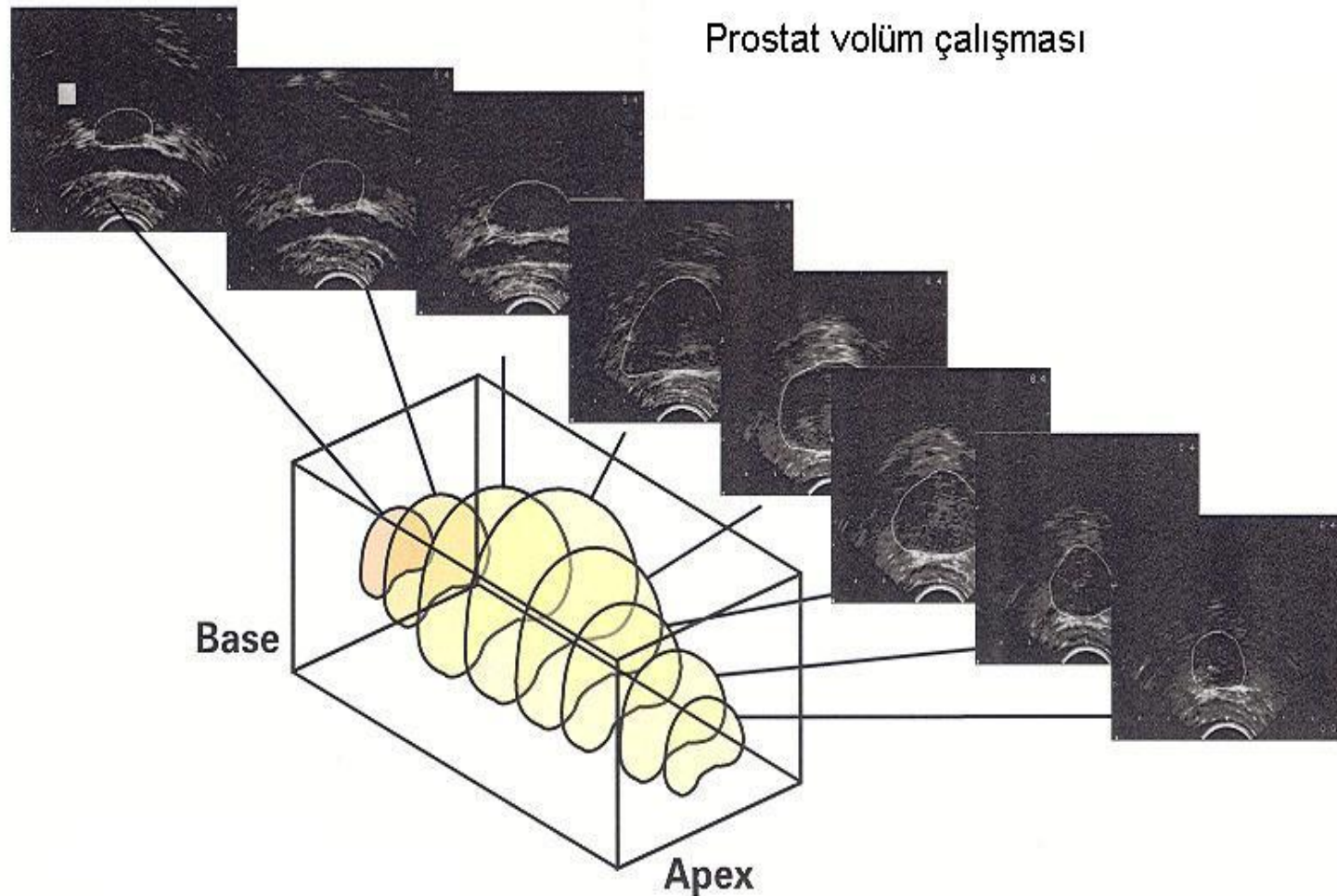
Prostat Brakiterapisi, LDR

1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. Ön planlama (Preplanning)
4. Kaynakların hazırlanması ve implant
5. Post planlama (2 gün- 4 hafta)
5. Değerlendirme ve takip

Prostat Brakiterapisi, LDR

1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. Ön planlama (Preplanning)
4. Kaynakların hazırlanması ve implant
5. Post planlama (2 gün- 4 hafta)

Prostat Brakiterapisi, Volüm Çalışması



Prostat Brakiterapisi, LDR

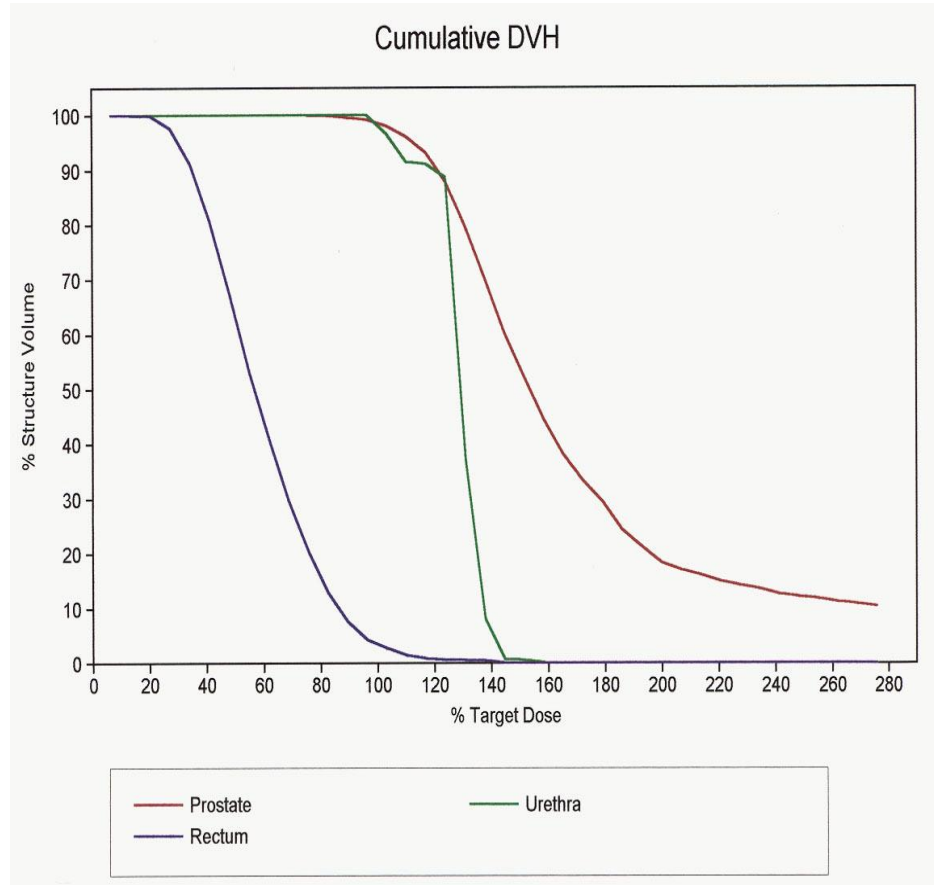
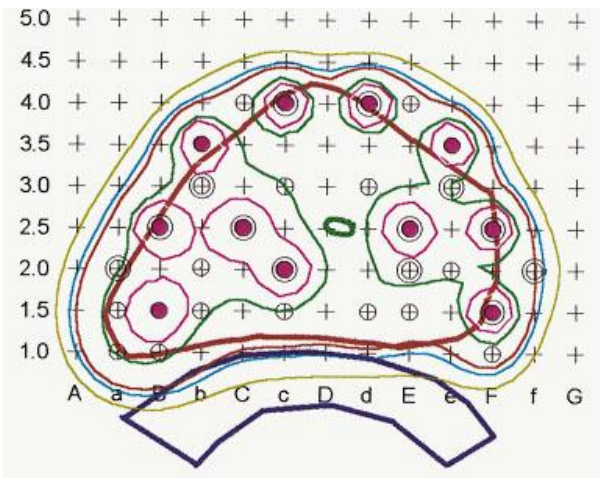
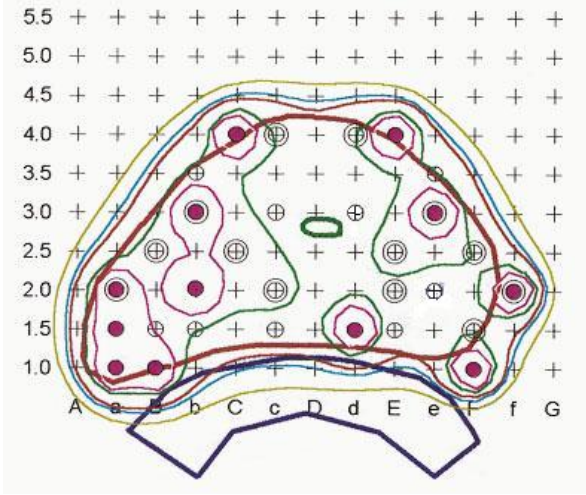
1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. Ön planlama
4. Kaynakların hazırlanması ve implant
5. Post planlama (2 gün- 4 hafta)

Prostat Brakiterapisi, Ön Planlama

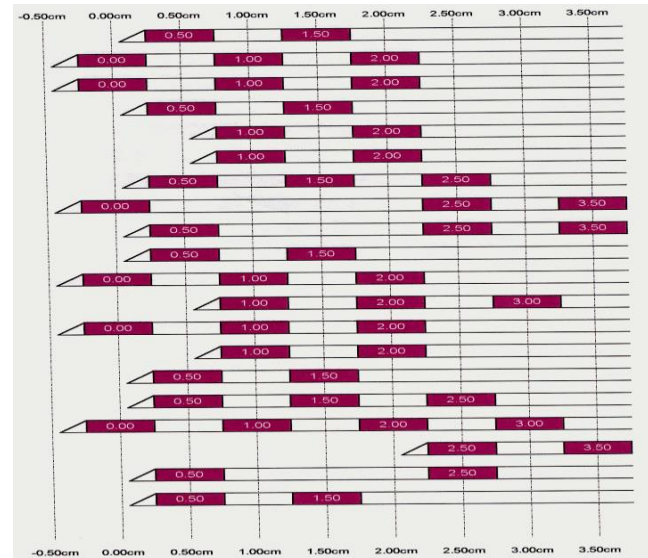
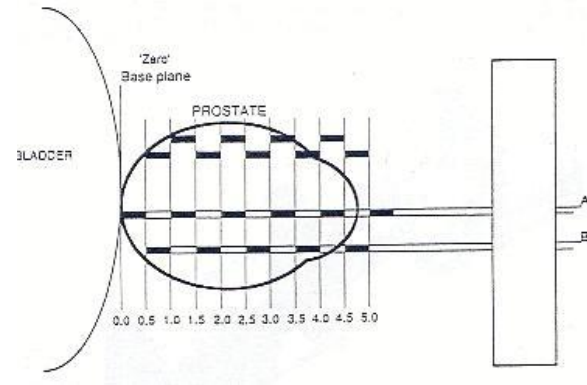
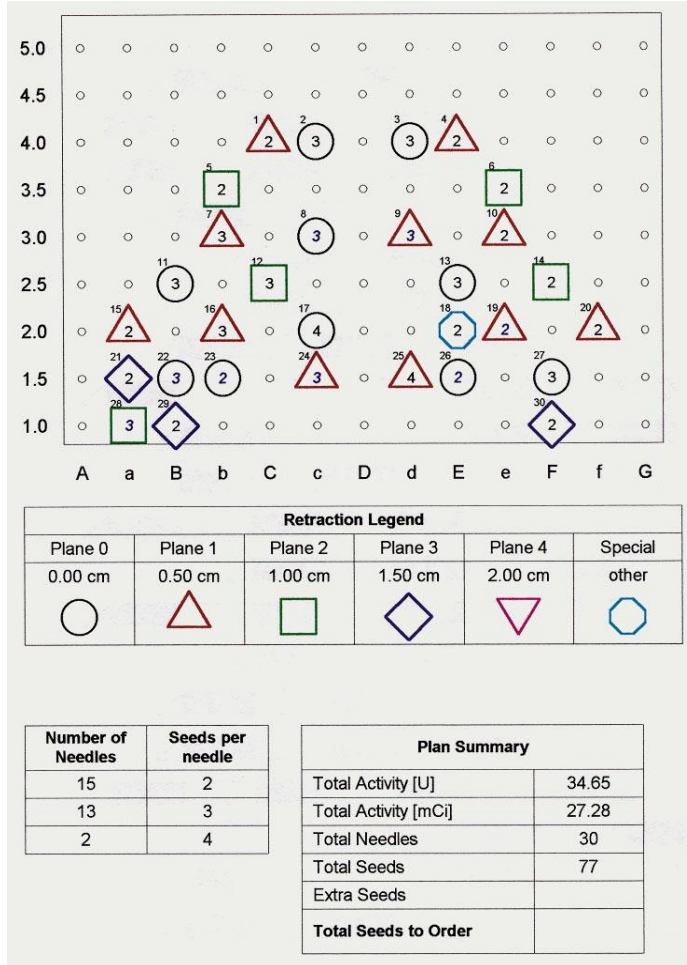
□ AMAÇ:

- Üretra ve rektum ön duvarının dozlarını sınırlandırarak en uygun doz dağılımının elde edilmesi;
 - Periferik yükleme
 - Modifiye periferik yükleme
- CDVH ların elde edilmesi
- Kaynak aktivitesinin yeniden değerlendirilmesi
- Kaynak/iğne sayılarının belirlenmesi ve yükleme planlarının yapılması

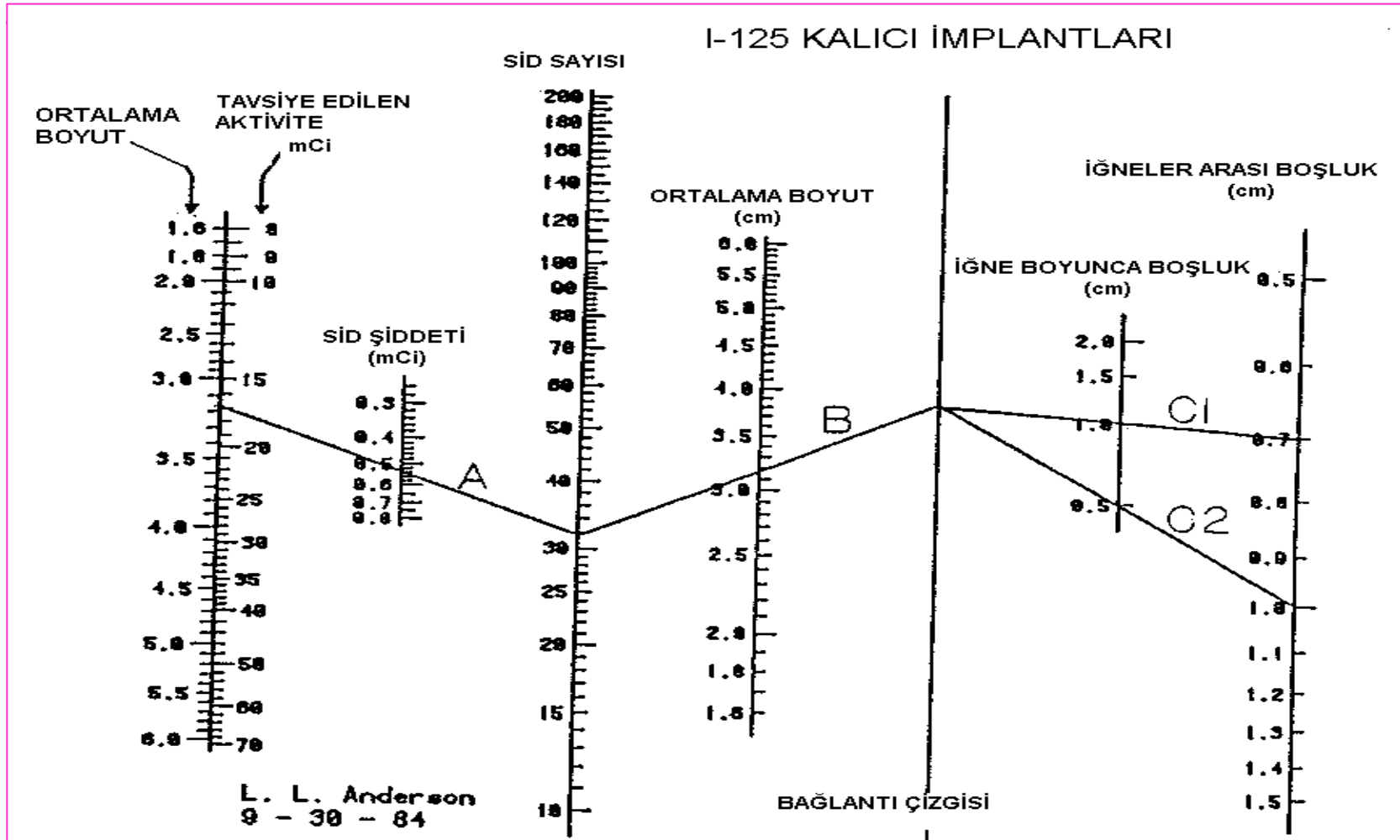
Prostat Brakiterapisi, Ön Planlama



Prostat Brakiterapisi, Ön Planlama



Memorial Sistemi (nomogram)



Prostat Brakiterapisi, LDR

1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. Ön planlama (Preplanning)
- 4. Kaynakların hazırlanması ve implant**
5. Post planlama (2 gün- 4 hafta)

Prostat Brakiterapisi,kaynak ve iğneler



Serbest sid



Rapid Strand

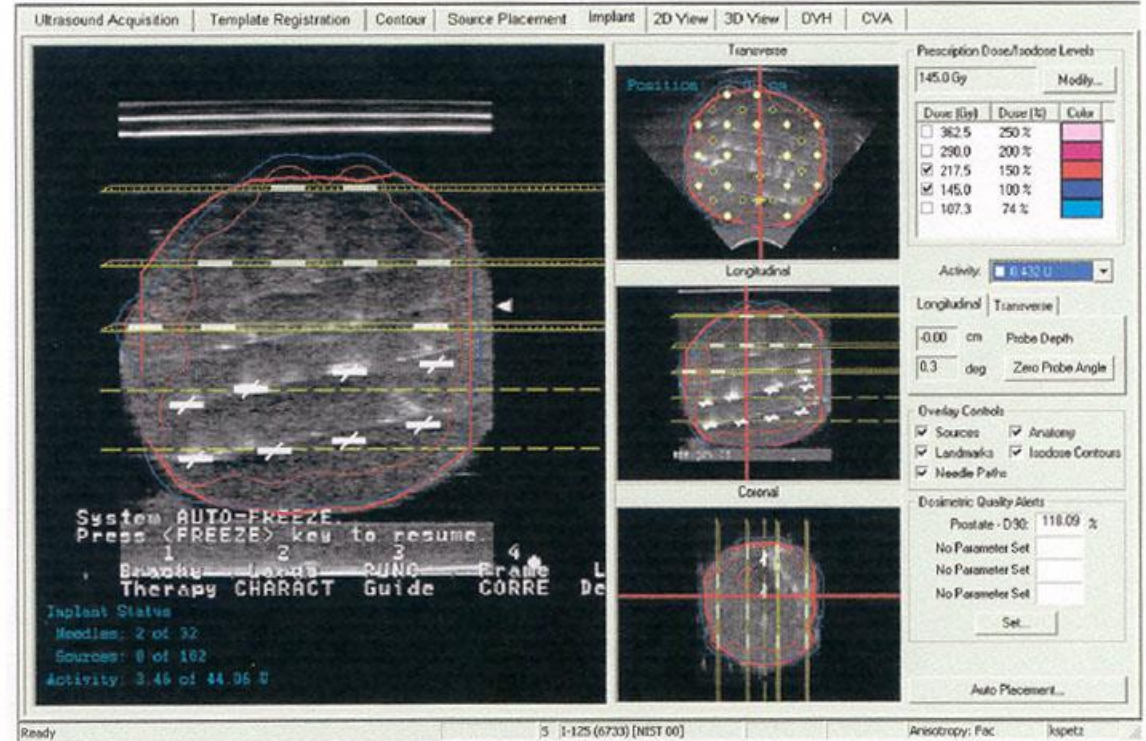
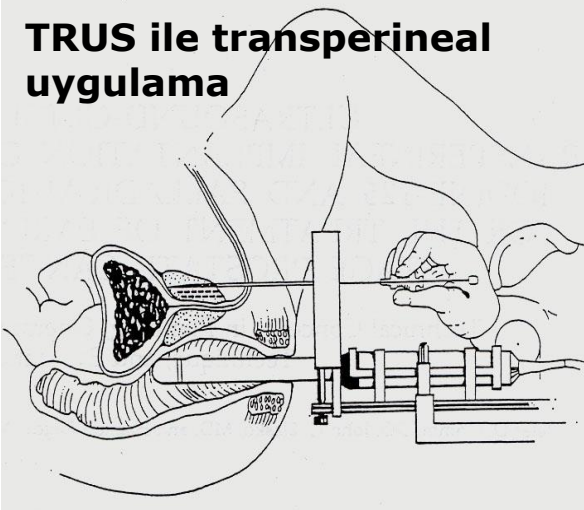


Strand



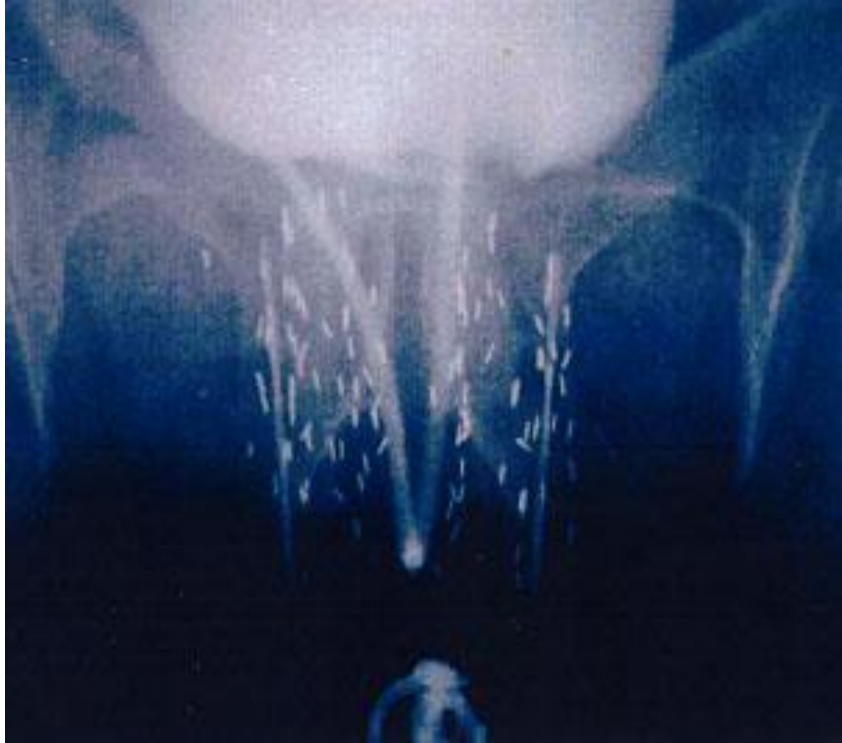
Prostat Brakiterapisi, uygulama

TRUS ile transperineal uygulama

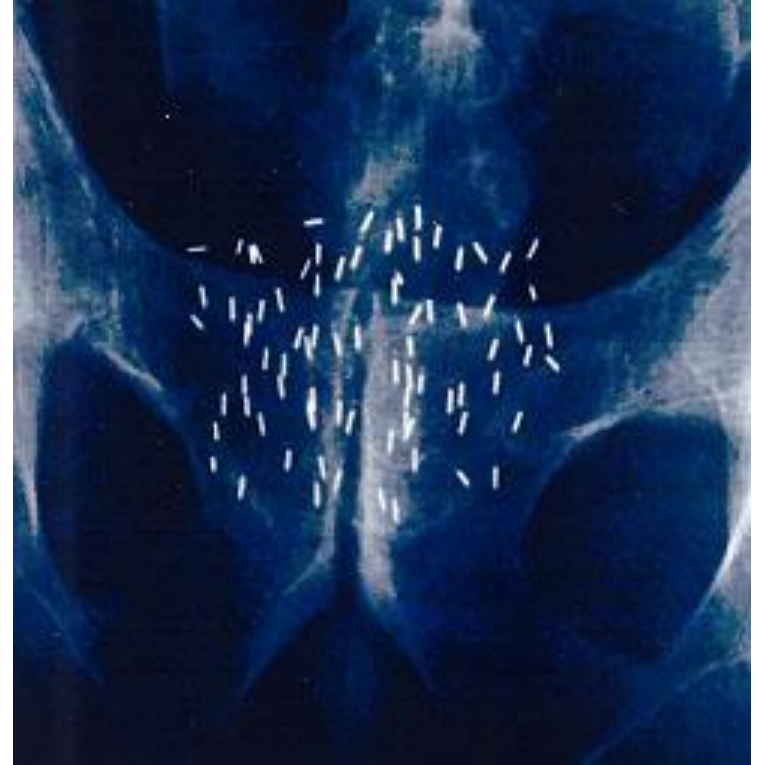


Gerçek zamanlı (real time) planlama

Prostat Brakiterapisi; İmplant sonrası



Fluoroskopi



Post implant radyografi

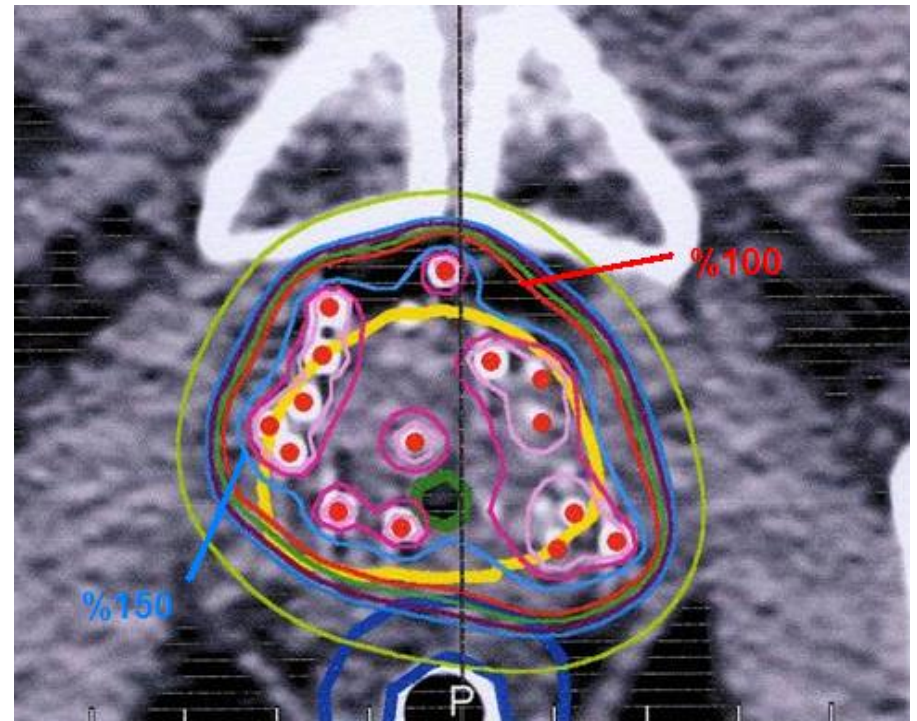
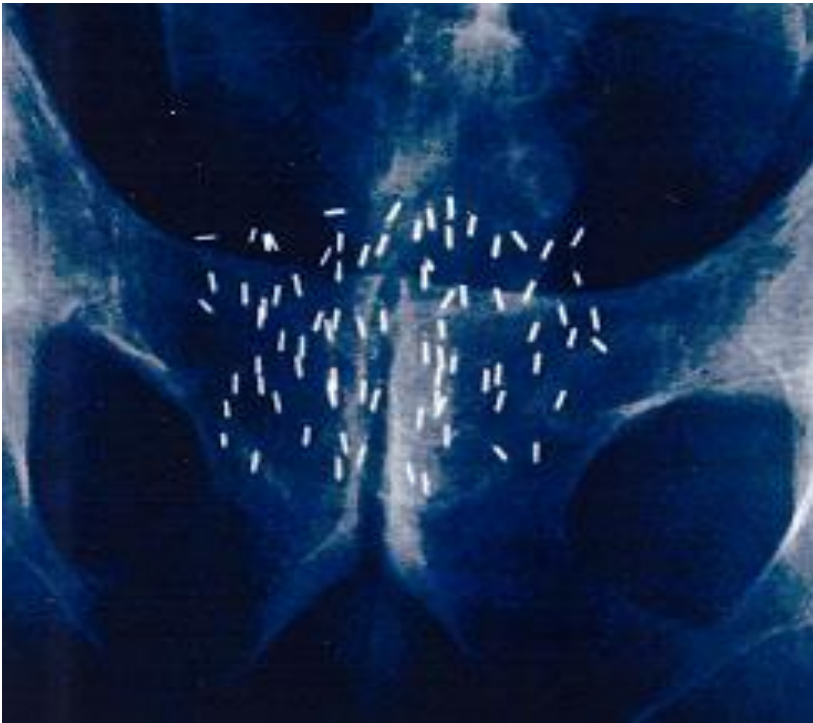
Prostat Brakiterapisi; İmplant sonrası

- Operasyon sonrası ortamda doz kontrolü
 - Sid düşmesi
 - İğne içinde sid kalması
 - Hasta etrafındaki doz kontrolü
- Artan sidler ile kullanılan sidlerin kontrolü
- Artan sidlerin kendi konteynerlerinde radyoproteksiyon kurallarında muhafaza edilmesi

Prostat Brakiterapisi, LDR

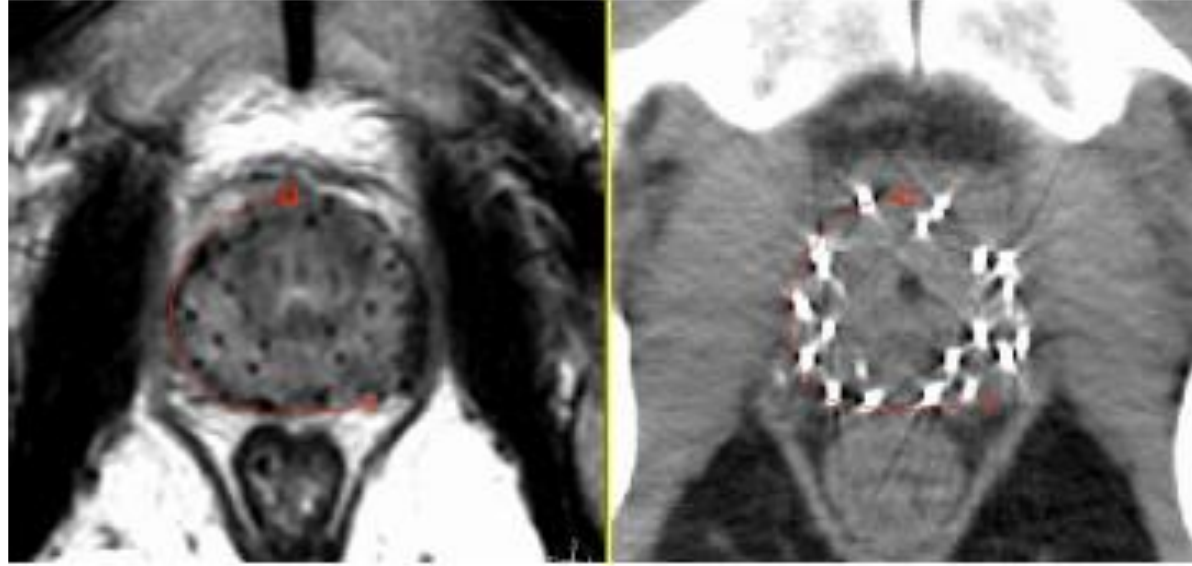
1. Tedavi kararının verilmesi
2. Volüm çalışması (US veya CT)
3. Ön planlama (Preplanning)
4. Kaynakların hazırlanması ve implant
5. Post planlama (2 gün- 4 hafta)

LDR brakiterapi, post planlama



Prostat Brakiterapisi, Post Planlama

- CT&MR görüntüleri
- Organ konturları
- Sid pozisyonları
- Klinik değerlendirme

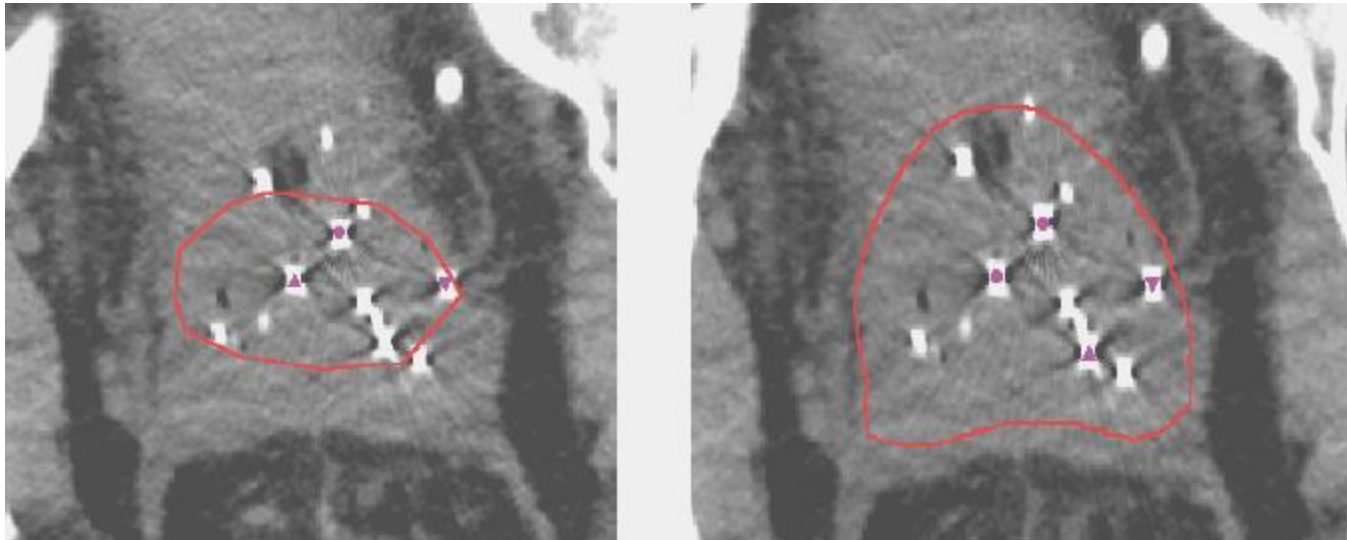


MR görüntüsü

CT görüntüsü

Prostat Brakiterapisi, Post Planlama

CT' de prostat volümlerinin çizilmesi ???



MR füzyon gerekli!!!

Radyoaktif izotoplar için BED hesabı

$$BED_{\text{implant}} = D90 \times \frac{1 + D_0}{(\mu + \lambda) \times \alpha / \beta}$$

D90= Volümün %90 ının aldığı doz

D_0 = Başlangıç doz hızı

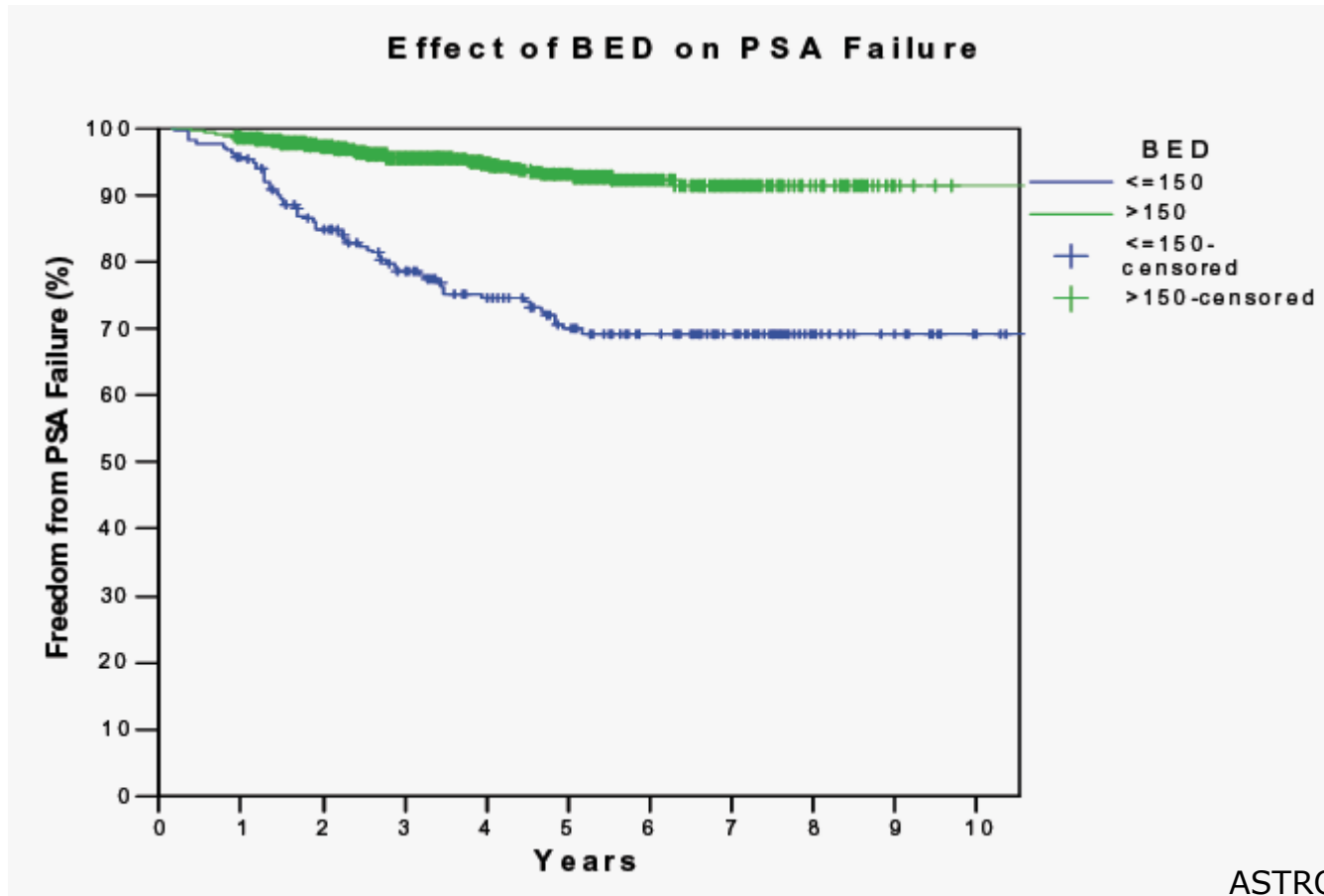
μ =Subletal hasarın onarım katsayısı

λ = Radyoizotopun bozunma katsayısı

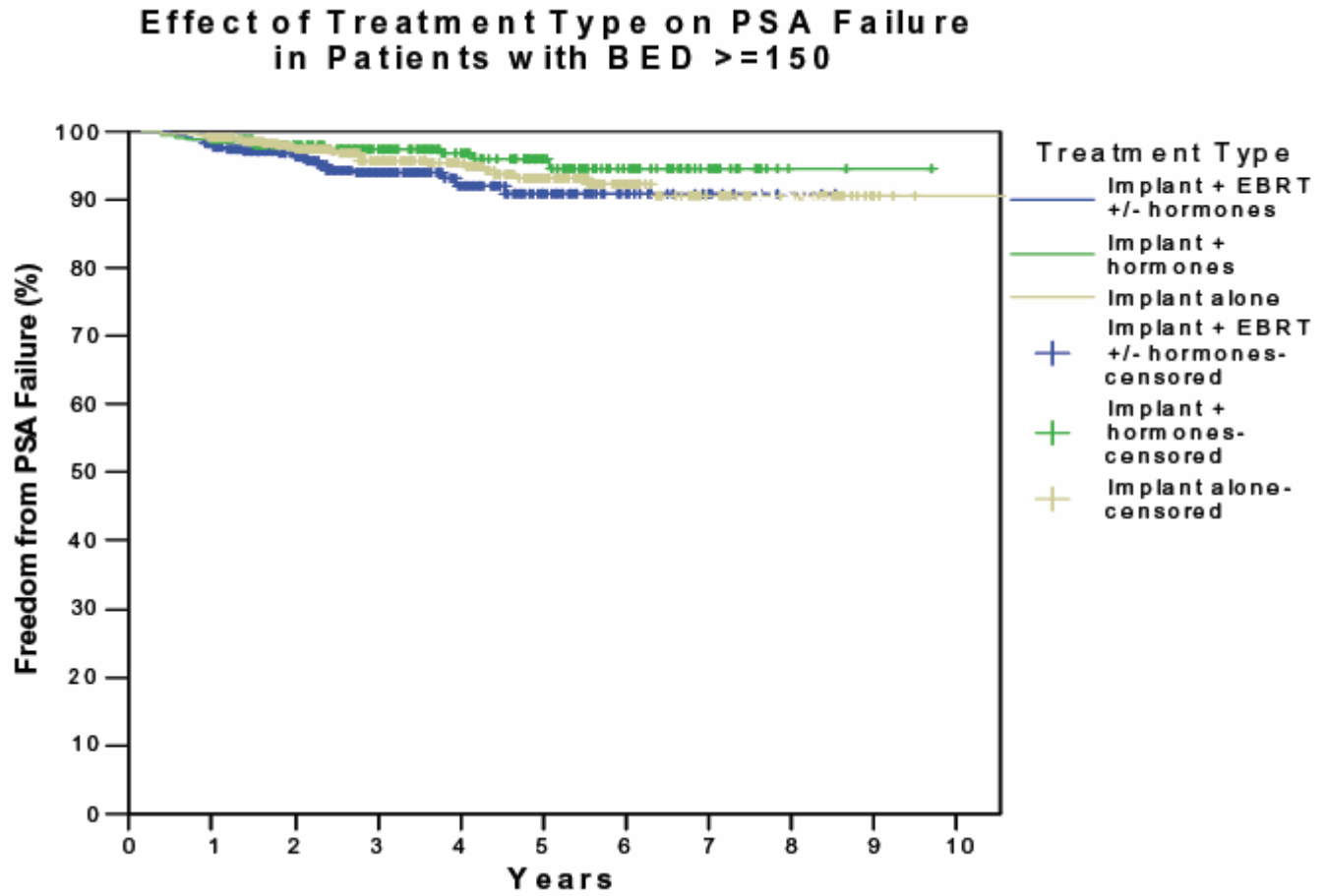
α/β = 1.5-2 Gy

(D90,1 ay sonra alınan CT den yapılan dozimetriye göre)

BED'in PSA nüksü üzerine etkisi

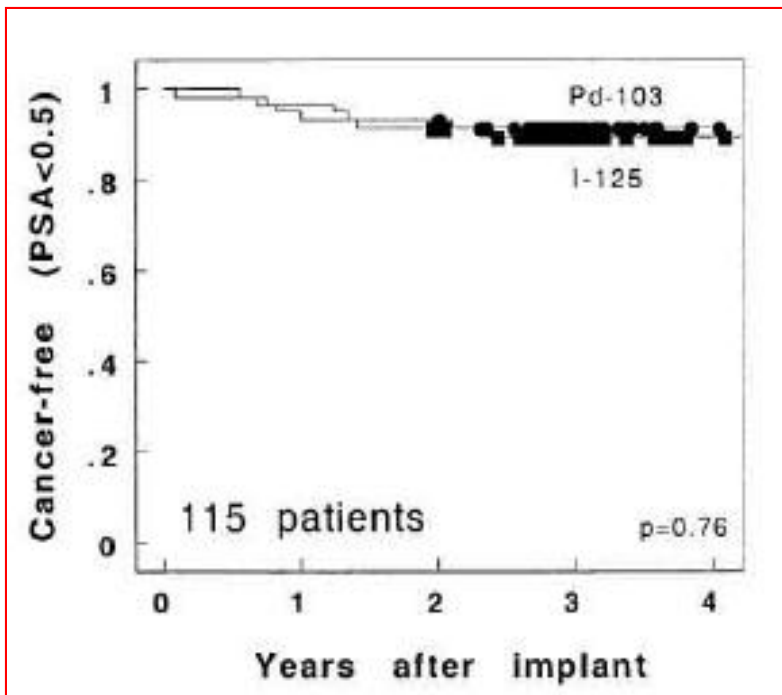


Tedavi tiplerinin PSA nüksü üzerine etkisi



ASTRO,2007

Prostat brakiterapisi



□ I-125 = Pd-103

□ Cs-131 ?????

Target Volüm, Riskli Organlar

CTV: Klinik target volüm, prostat

PTV : Prostat sınırlarından 2-3 mm daha geniş olan volüm

Prostat	Volüm (cc)
	D90 (Gy)
	V90 (cc)
	V100 (cc)
	V150 (cc)
	V200 (cc)

Üretra	Volume (cc)
	V100 (cc)
	V150 (cc)
Rektum	V50 (cc)
	V100 (cc)

%50 üretra dozu < 215Gy

%50 rektum volümü < 4cc

Kalite İndeksleri

□ $HI = 100 \times ((V_{100} - V_{150}) / V_T)$

□ $CI = 100 \times ((V_{100} - V_T) / V_T)$

Homojenite indeksi

$$HI = 100 \times ((V_{100} - V_{150}) / V_T)$$

V_{100} ; Tedavi dozunu veya daha yüksek doz alan volüm

V_{150} ; Terapötik dozdan veya tümör nekrozuna sebep olacak kadar yüksek doz alan dokularının volümü

V_T ; Tümör volümü

İdeal bir implantta yaklaşık 0.7 dir

Kapsama indeksi

$$CI = 100 \times ((V_{100} - V_T) / V_T)$$

Target volümün tanımlanan dozla kapsanmasını ölçülendirir.

CI=0 ise, tedavi volümünün tümör volümüne eşit olduğu anlamına gelir.

CI<0 ise, tedavi volümünün tümör volümünden küçük olduğunu gösterir.

Uveal melanomlarda sid uygulaması



I-125 sidleri
2,5-6,5 mCi/sid
8-24 adet sid
80-100 Gy/apex dozu



Uveal melanomlarda sid uygulaması

Treatment Plan on LaserWriter 8 LaserWriter IIg

PRINT PLAN RETINA LOADING ISODOSE DVH POINTS TABLES SUMMARY PLAQUE IMAGE SETUP

Patient: Anne Onymous, Right eye, JT = 122.55 hrs, 0, basic tutorial

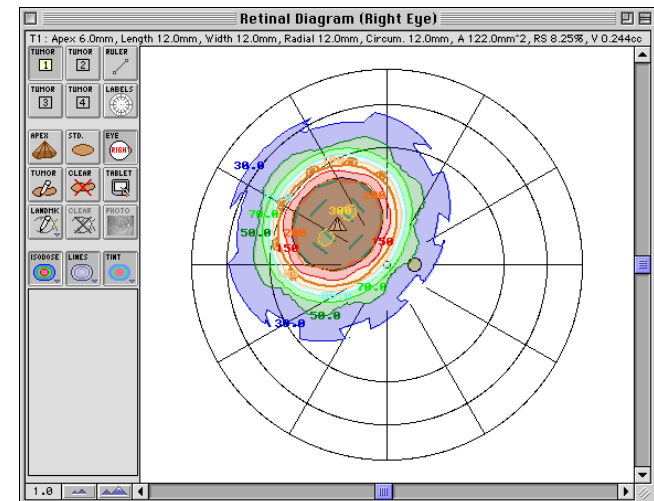
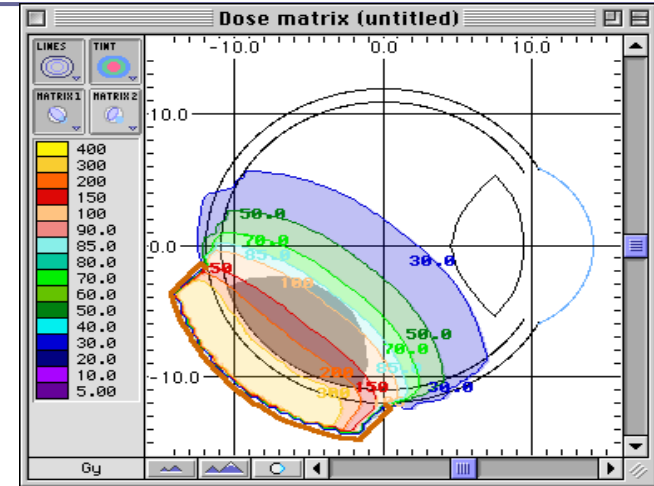
Plaque Simulator Treatment Plan

Plaque 1 CAX (mm)	Avg. dose rate (cGy/hr)	Total Dose (Gy)
0.00 (external sclera)	287.0	351.7
1.00 (inner sclera)	232.6	285.1
2.00	186.7	228.7
3.00	150.9	184.9
4.00	123.0	150.7
5.00	100.9	123.7
6.00 (COMS 5 mm)	83.39	102.2
7.00	69.37	85.01
8.00	58.09	71.20
9.00	48.98	60.02
10.00	41.57	50.95

Critical Site	Avg. dose rate (cGy/hr)	Total Dose (Gy)	Dist. from plaque (mm)
Prescription point	69.35	84.99	7.002 Tumor 1 Apex
Sclera	232.6	285.1	1.000 (from plaque center)
Optic disc	36.56	44.81	12.62 (center to center)
Opposite retina	7.719	9.460	23.00 (from plaque center)
Lens	14.47	17.73	17.90 (center to center)
Eye origin	30.52	37.40	12.00 (from plaque center)
Macula (posterior pole)	72.36	88.67	9.580 (center to center)
Tumor apex	69.35	84.99	7.002 (from plaque center)

Dose calc. mode: Standard, Line, F[0], Pexp, T, Shell
Dose calc. data: from the built-in resources
Dose constants: I-125 (6711) 0.98 cGy/U-hr at 1cm

1.0 2 of 2



Teşekkürler...



XI. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 2007
Antalya