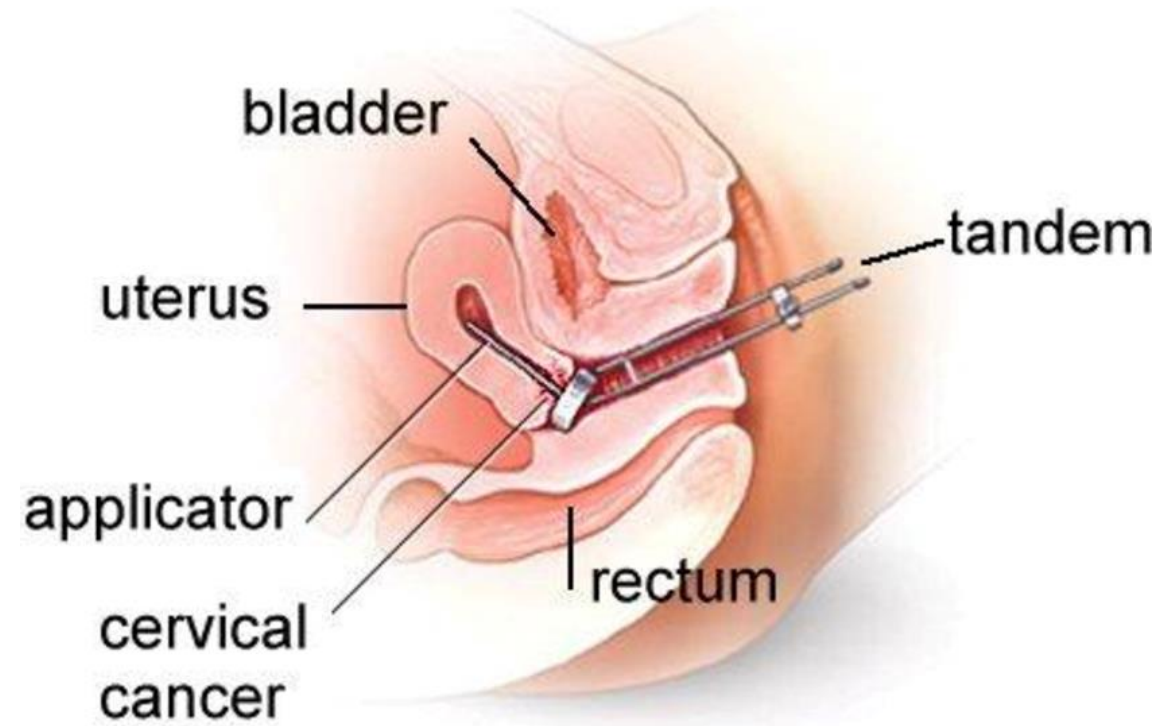


Jinekolojik Kanserlerde Brakiterapi

Medikal Fizik Uzmanı
Öğr. Gör. Dr. Kerem Duruer
14.10.2022

Giriş

- Son yıllarda radyoterapi, kanser hastalığının tedavisinde, eksternal radyoterapi ve brakiterapi olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır.
- Brakiterapi, kısa mesafeden, iyonize radyasyonun tedavi amaçlı kullanılmasıdır.
- Günümüzde brakiterapi, bir radyoterapi merkezindeki radyoterapi hastalarının yaklaşık **%10-20'sinin** tedavisinde kullanılmaktadır.

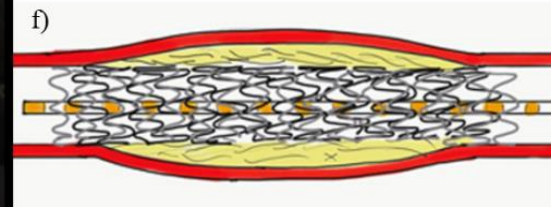
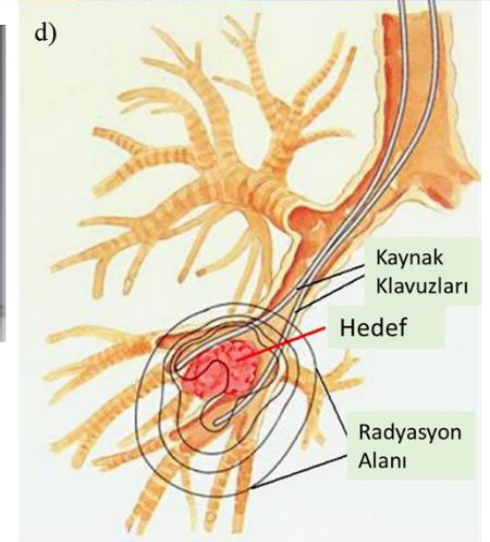
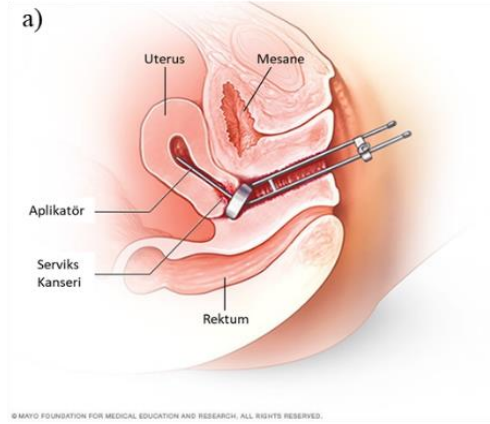


Brakiterapi

- Brakiterapi; **uygulama tipine göre 6'ya**, **tedavi süresine göre 2'ye**, **kaynak yükleme tipine göre 2'ye** ve **doz hızına göre de 4'e** ayrılır.

TABLO 1: Brakiterapi uygulamalarının tipleri.

Uygulama tipi	Uygulama alanları
İntrakaviter	Kaynaklar, tümör volümüne yakın vücut boşluklarına yerleştirilir.
İnterstisyel	Kaynaklar, tümör volümüne ameliyatla yerleştirilir.
Surface (mould)	Kaynaklar, yüzeysel lezyonlarda tedavi edilecek tümörün üzerine yerleştirilir.
İntraluminal	Kaynaklar, lümen içerisine yerleştirilir.
İntraoperatif	Kaynaklar, ameliyat sırasında hedef tümör dokusuna yerleştirilir.
İntravasküler	Tek bir kaynak, küçük veya büyük arterlere yerleştirilir.



(a) İntrakaviter, (b) İntersitisyel, (c) Yüzeysel, (d) İntralüminal, (e) intraoperatif, (f) İntravasküler

Brakiterapi

TABLO 2: Tedavi süresine bağlı olarak brakiterapi tedavilerinin sınıflandırılması.

Uygulama tipi	Açıklama
Geçici uygulama	Tömöre, kısa zaman dilimlerinde istenen doz verildikten sonra kaynaklar ortamdaki uzaklaştırılır.
Kalıcı uygulama	Kaynak tümör dokusunda kalır, doz kaynağın ömrüne bağlı olarak tespit edilir

TABLO 3: Kaynak yükleme olarak brakiterapi tedavilerinin sınıflandırılması.

Yükleme metodu	Açıklama
Sıcak yükleme	Radyoaktif kaynaklar aplikatöre önceden yerleştirilir ve hastaya kaynaklar yüklü iken uygulama yapılır.
Sonradan yükleme	Kılavuzlar önceden tümör bölgesine uygulanır ve sonra radyoaktif kaynaklar ya elle (manuel uygulama) ya da cihaz yardımı (otomatik uzaktan kumanda) ile yüklenir.

TABLO 4: Brakiterapi tedavilerinin doz hızına bağlı olarak sınıflaması.^a

Doz hızı	Doz spesifikasyon noktalarında doz hızının sayısal değeri
Çok düşük doz hızı (Very low dose rate) (VLDR)	<0.4 Gy/h
Düşük doz hızı (Low dose rate) (LDR)	0.4–2 Gy/h
Orta doz hızı (Medium dose rate) (MDR) ^b	2–12 Gy/h
Yüksek doz hızı (High dose rate) (HDR)	>12 Gy/h

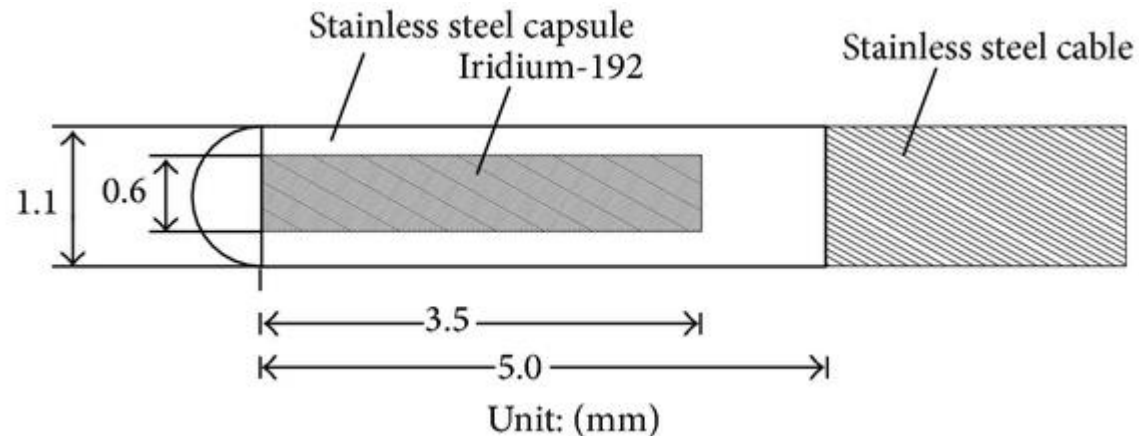
^aBuradaki tanımlamalar ICRU'ya göredir. Uygulamada, HDR tedaviler alt sınırı olarak verilen değer olan 12 Gy/h dan önemli ölçüde daha yüksek bir doz hızı ile verilir

^bMDR çok sık kullanılmaz. Kullanıldığı birkaç durumda; tedavi sonuçları LDR veya HDR tedavileri ile karşılaştırılmayacak kadar kötüdür.

- Brakiterapi; **uygulama tipine göre 6'ya**, **tedavi süresine göre 2'ye**, **kaynak yükleme tipine göre 2'ye** ve **doz hızına göre de 4'e** ayrılır.

Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri

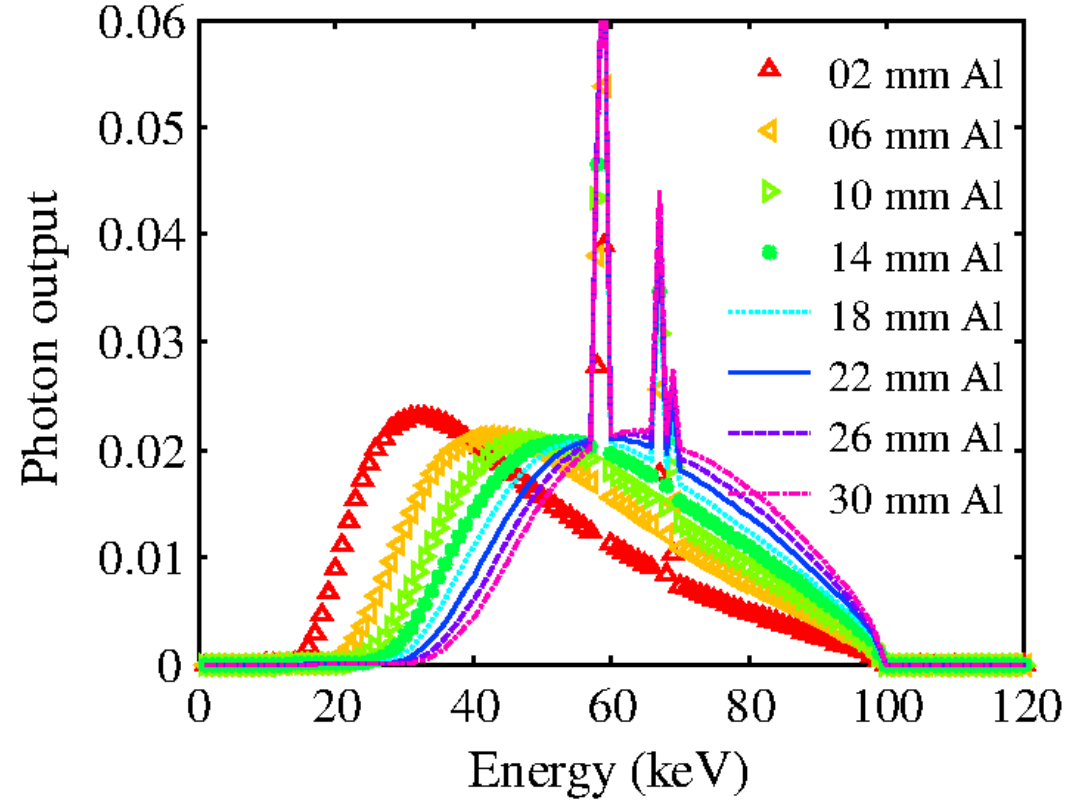
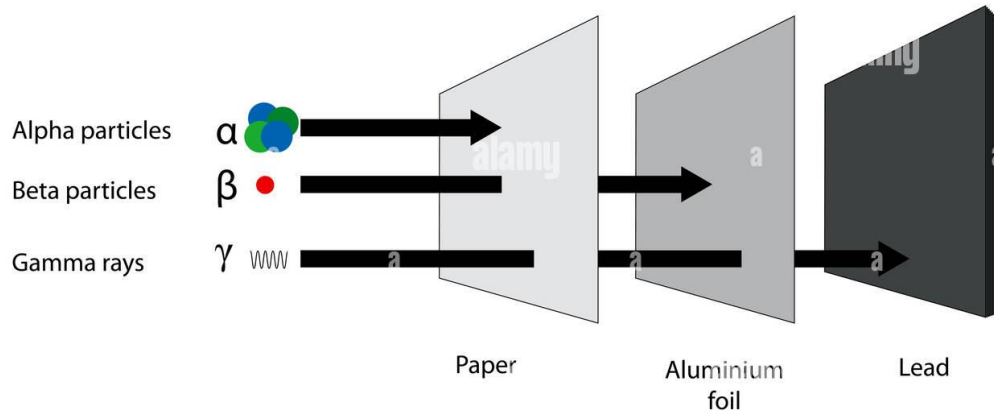
- Brakiterapi kaynakları hem bulaşmayı (kontaminasyon) ve sızıntıyı (leakage) önlemek, hem de toz/mikropellet formundaki radyoaktif materyali bir kayba uğramadan (kalıcı olmayan uygulamalarda defalarca) kullanılacak şekilde bir arada tutmak için, radyoaktif olmayan platin, titanyum veya çelik gibi ince bir metal tabaka ile kaplıdır.



Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri

- Bu kapsül, filtrasyon ile kaynaktan yayınlanan birden fazla enerjideki gamma ışınının (foton) ortalama enerjisinde bir sertleşme sağlarken, daha önemlisi alfa ışınlarını ve foton yayan kaynaklardan bozunma sırasında oluşan beta ışınlarının soğurulmasına yarar.

Radioactivity Penetration Range



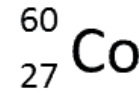
Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri

Brakiterapide farklı uygulamalara göre uygun bir radyoizotopun seçimi o izotopun fiziksel ve dozimetrik özelliklerine bağlıdır.

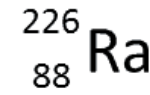
- Enerji
- Dokuya penetrasyon kabiliyeti
- Yarı ömür ($t_{1/2}$)
- HVL
- Spesifik Aktivite
- Hava KERMA şiddeti

the amount of material necessary for 37 GBq of radioactivity

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$



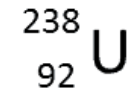
0.00088g
 $t_{1/2} = 5.27 \text{ y}$



1g
 $t_{1/2} = 1600 \text{ y}$

$$N(\text{atoms}) = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} / \lambda$$

Source: www.nuclear-power.net
Data: JANIS 4.0 / NEA



2977 kg
 $t_{1/2} = 4.47 \times 10^9 \text{ y}$

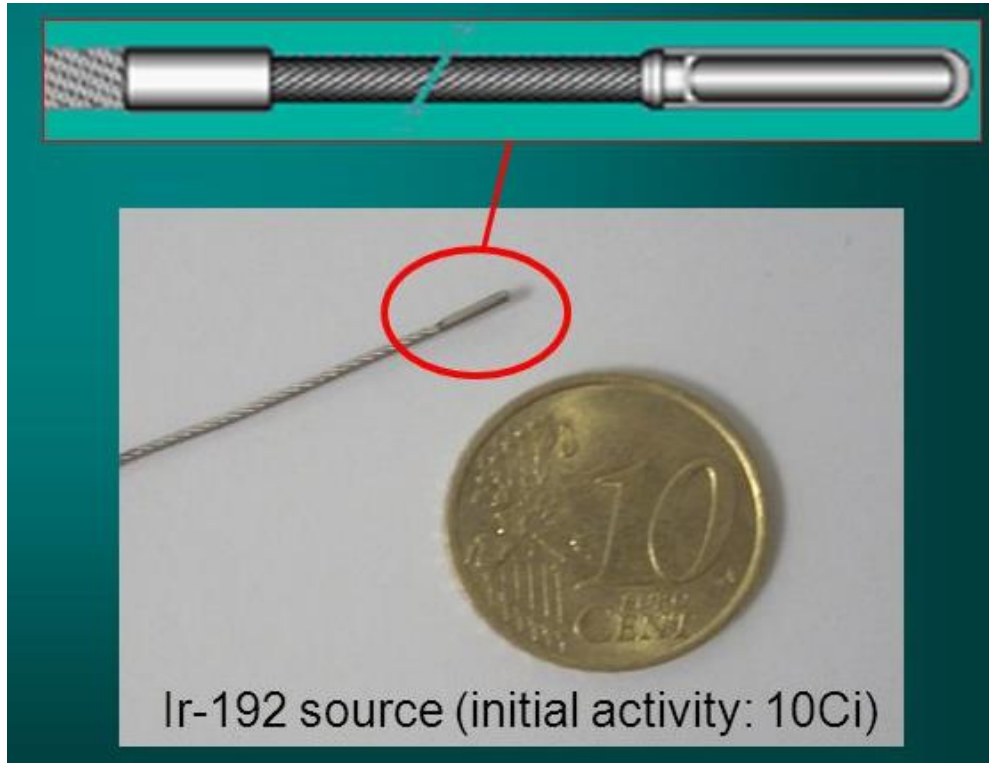
Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri

TABLO 5: Brakiterapide kullanılan kaynakların özellikleri ve klinik uygulamaları.

Element	İzotop	Enerji (MeV)	Yarı ömrü	Kaynak formu	Klinik uygulama
Radyum	²²⁶ Ra	0,83 (γ)	1,626 yıl	Tüp-iğne	LDR intrakaviter, interstisyel
Sezyum	¹³⁷ Cs	0,662 (γ)	30 yıl	Tüp-iğne	LDR intrakaviter, interstisyel
Sezyum	¹³¹ Cs	0,030 (γ)	9,69 gün	Seed	VLDR kalıcı interstisyel
İridyum	¹⁹² Ir	0,397 (γ)	73,8 gün	Seed-iğne	LDR interstisyel HDR intrakaviter, interstisyel
Kobalt	⁶⁰ Co	1,25 (γ)	5,26 yıl	Seed-tel	HDR intrakaviter
İyot	¹²⁵ I	0,028 (γ)	59,6 gün	Seed	VLDR kalıcı interstisyel
İyot	¹³¹ I	0,61 (β) 0,364 (γ)	8,06 gün	Oral kapsül veya solüsyon	LDR (tiroid Ca sistemik tedavi)
Altın	¹⁹⁸ Au	0,412 (γ)	2,7 gün	Seed	LDR kalıcı interstisyel
Stronsiyum	⁹⁰ Sr	2,24 (β)	28,9 yıl	Plak	HDR kontak tedavi /konjonktiva
Stronsiyum	⁸⁹ Sr	1,4 (β)	51 gün	IV solüsyon	LDR sistemik tedavi/kemik met
Paladyum	¹⁰³ Pd	0,020 (γ)	8,06 gün	Seed	VLDR kalıcı interstisyel
Fosfor	³² P	1,71 (β)	14,3 gün	Kolloid solüsyon	MDR intraperitoneal (over Ca)

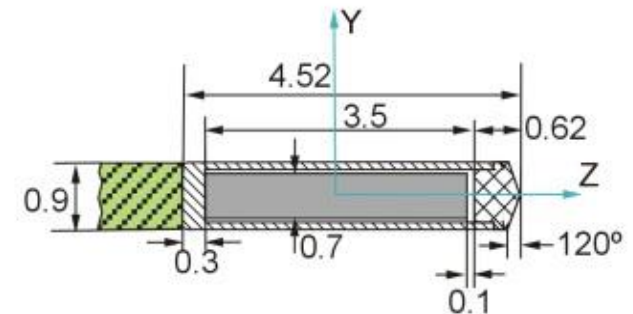
Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri

Ir-192 Kaynakları



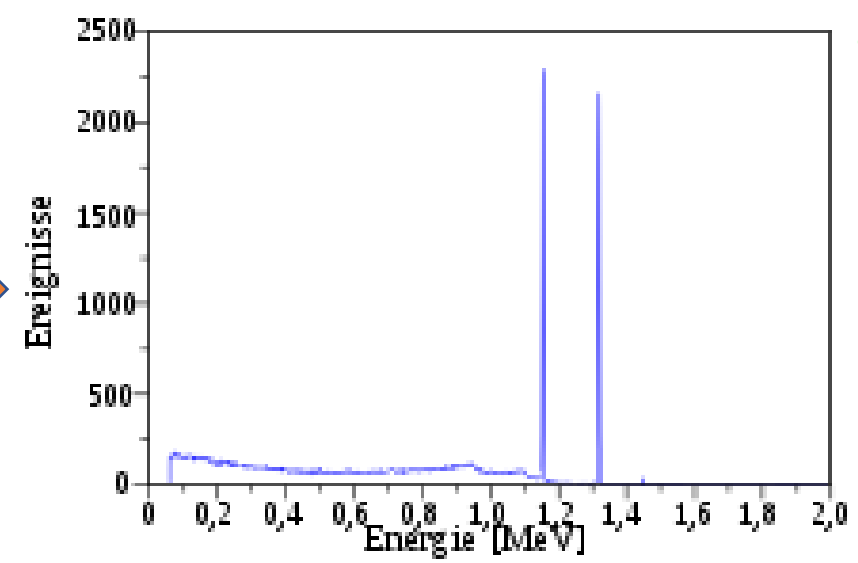
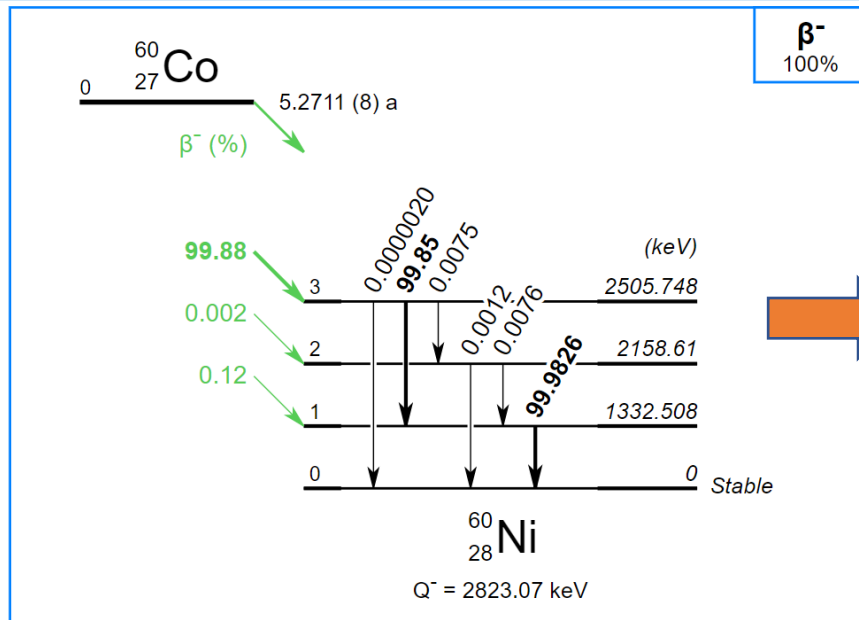
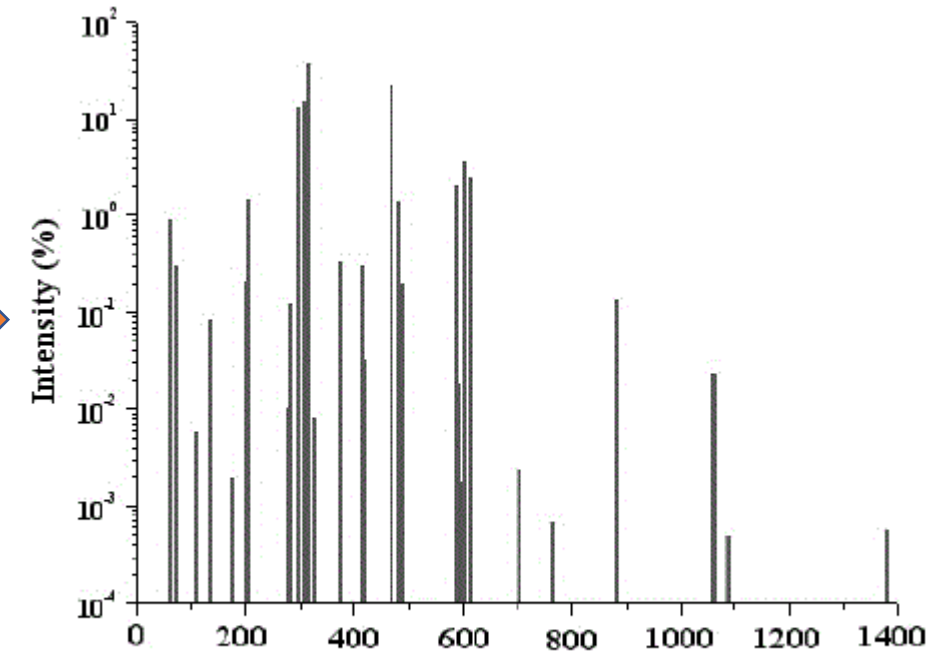
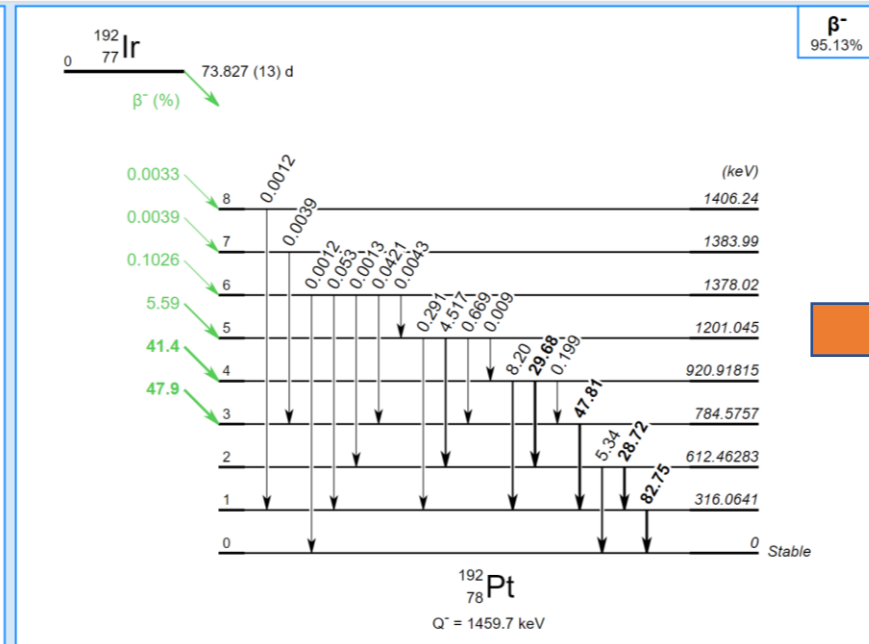
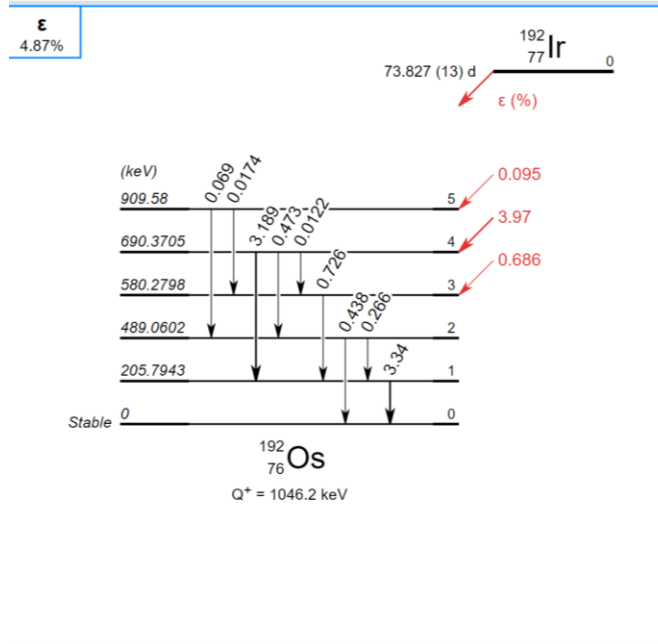
- $t_{1/2}$: 73,8 gün
- Ortalama foton enerjisi: ~380 keV
- HVL: 2,5 mm Pb
- Kaynak uzunluğu: 3,5 mm
- Kaynak Çapı: 0,6 mm

Steel cable 316L steel capsule
316L steel weld ^{192}Ir Air



GammaMed HDR ^{192}Ir model Plus source

Brakiterapide Kullanılan Kaynaklar ve Özellikleri



Aktivite

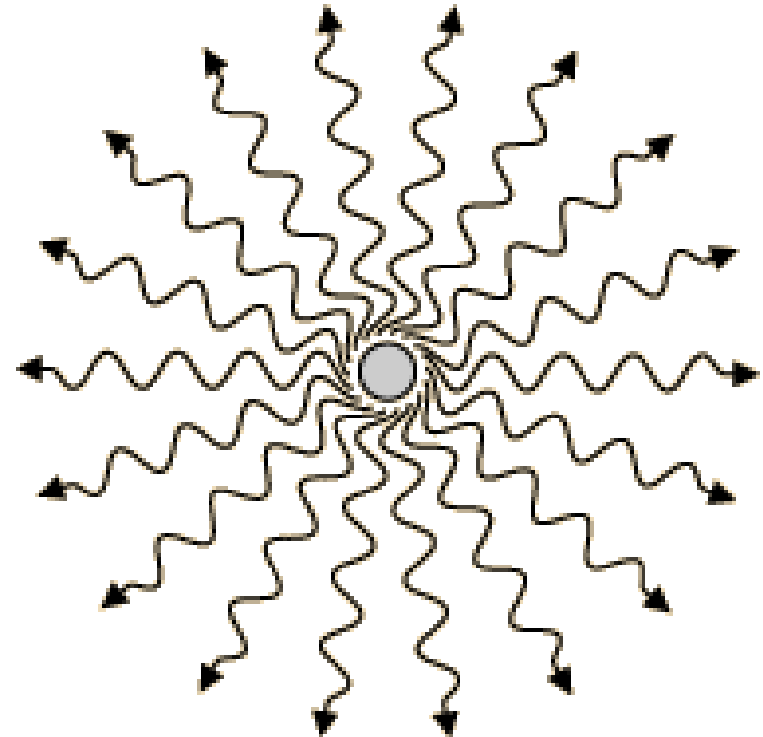
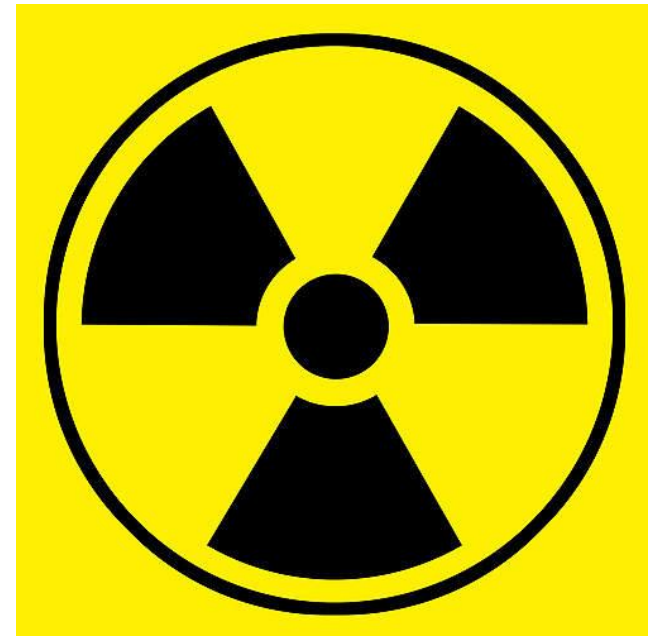
Radyoaktif bir kaynağın birim zamandaki parçalanma sayısına **Aktivite** denir

Eski birimi: Ci

Yeni birimi: Bq: sn⁻¹

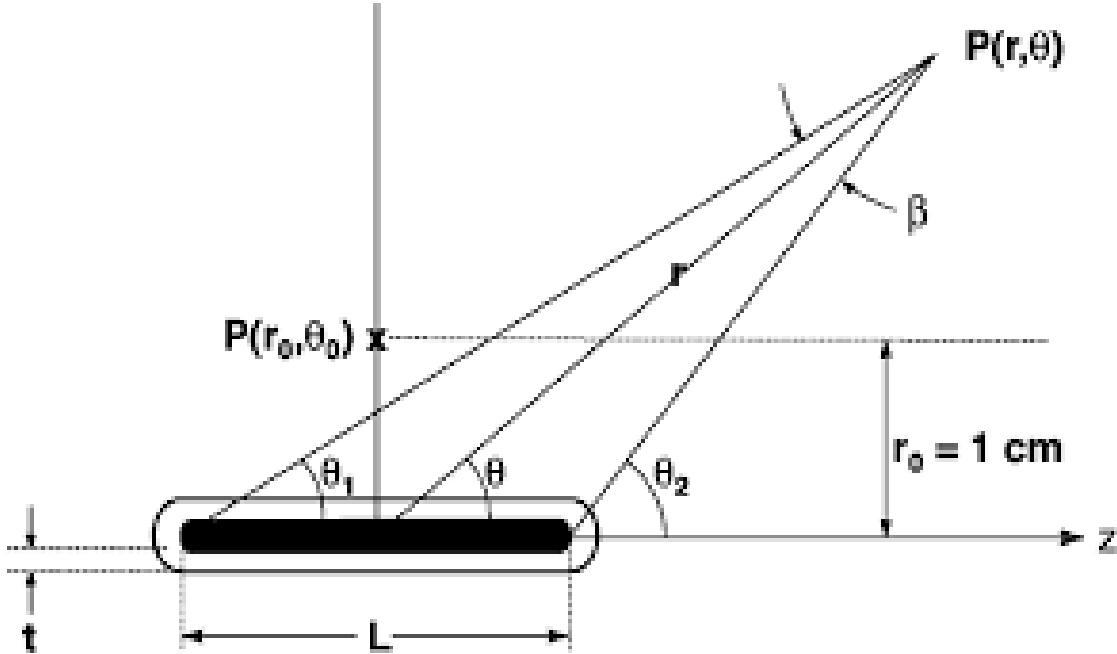
1 Ci: 3,7x10¹⁰ Bq

$$A = \lambda \cdot N \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$



Brakiterapi Fiziği

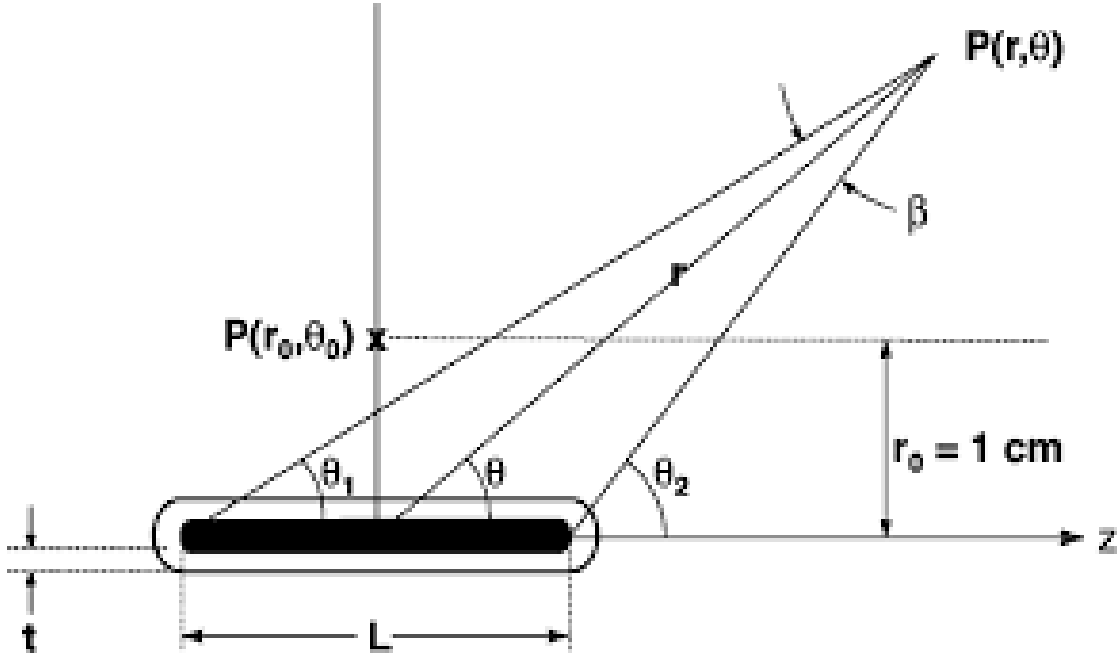
AAPM Doğrusal Kaynak Modeli



- Eski protokoller, havada kaynak etrafındaki foton akısına dayalıydı.
- Fakat gerçekte hastanın içerisi saçıcı bir ortamdır.
- Saçıcı bir ortamda 2D doz dağılımlarının belirlenmesi sadece noktasal izotropik kaynaklar için başarılabilir.
- Fakat brakiterapi kaynakları izotropik değildirler.
- Bu tip kaynaklar için havadaki foton akı dağılımından, saçıcı ortamdaki doz dağılımlarını tahmin etmek olası değildir.

Brakiterapi Fiziği

AAPM Doğrusal Kaynak Modeli

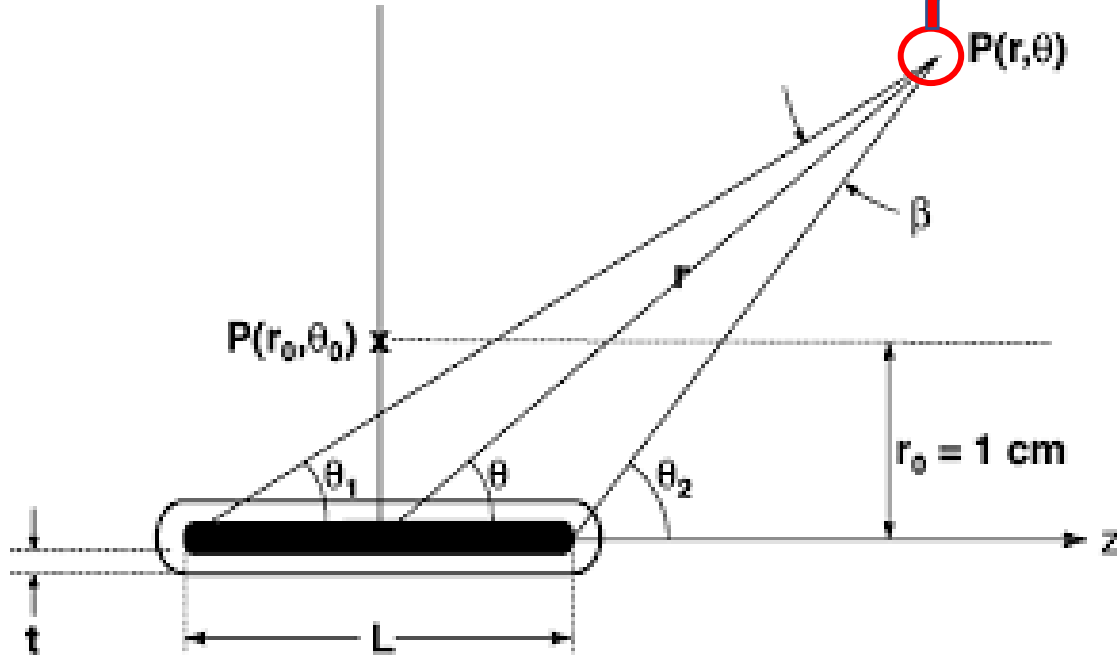


- Bunun için suya eşdeğer ortamda kaynak tarafından üretilen ölçülebilir doz dağılımlarının doğrudan kullanılmasıyla bu problem çözülür.
- **AAPM TG 43** çeşitli tarihi doz hesaplama birimlerini yeni bir modelde toplamıştır.
- Bu model, herhangi bir silindirik olarak simetrik kaynağın etrafındaki iki boyutlu doz dağılımının hesaplanmasına uygulanabilmektedir.

Brakiterapi Fiziki

AAPM Doğrusal Kaynak Modeli

Bir ortamda (su) S_K hava kerması şiddetinde bir kaynağın merkezinden koordinatları (r, θ) olan bir P noktasındaki doz;



$$\dot{D}_r(r, \theta) = S_K \cdot \Lambda \cdot \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \cdot g(r) \cdot F(r, \theta)$$

Burada;

- S_K : U cinsinden kaynağın hava kerma şiddeti.

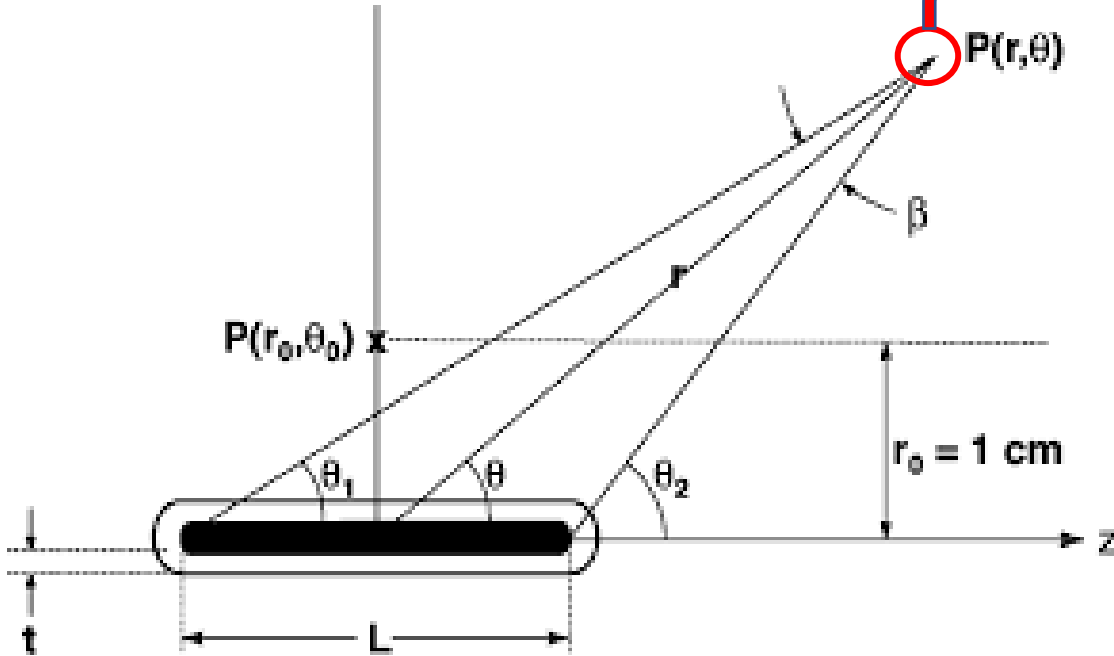
$$1U = \frac{\mu Gy \cdot m^2}{h} = \frac{cGy \cdot cm^2}{h}$$

- Λ : Sudaki doz hızı sabiti.
 - Doz hızı sabiti; kaynağın tipine, yapısına ve kapsüllenmesine bağlıdır.

Brakiterapi Fiziği

AAPM Doğrusal Kaynak Modeli

Bir ortamda (su) S_K hava kerması şiddetinde bir kaynağın merkezinden koordinatları (r, θ) bir P noktasındaki doz;



$$\dot{D}_r(r, \theta) = S_K \cdot \Lambda \cdot \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \cdot g(r) \cdot F(r, \theta)$$

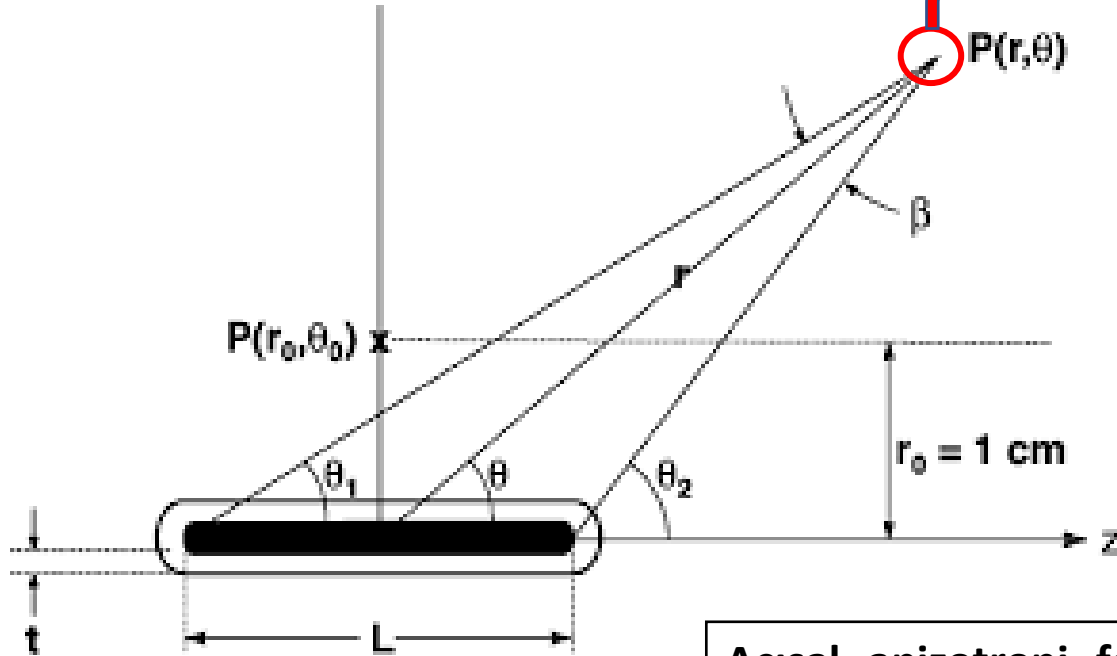
Burada;

- **Geometri Faktörü $G(r, \theta)$:** (r, θ) noktasındaki doz için radyoaktif materyalin dağılımına bağlıdır ve kaynaktan uzaklaştıkça foton akısının geometrik düşüşünü hesaba katar.

Brakiterapi Fiziği

AAPM Doğrusal Kaynak Modeli

Bir ortamda (su) S_K hava kerması şiddetinde bir kaynağın merkezinden koordinatları (r, θ) bir P noktasındaki doz;



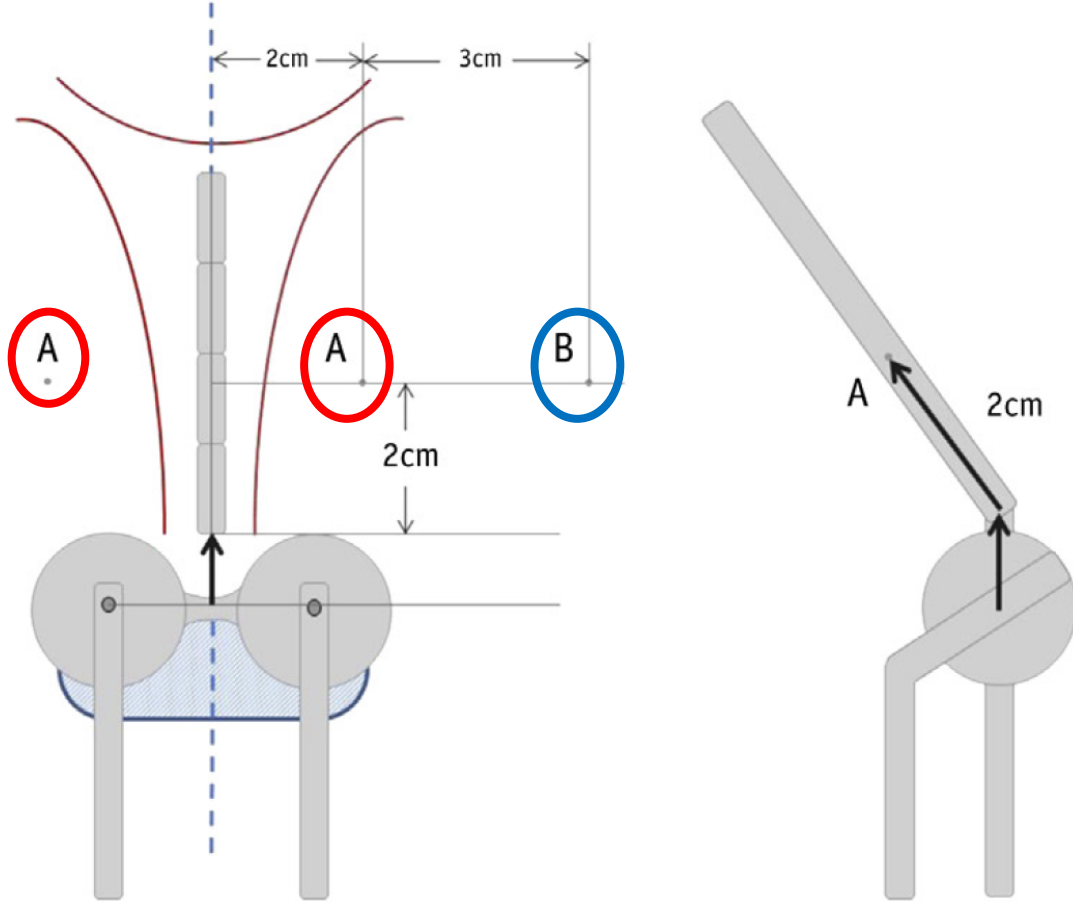
$$\dot{D}_r(r, \theta) = S_K \cdot \Lambda \cdot \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \cdot g(r) \cdot F(r, \theta)$$

Burada;

- **Radyal doz fonksiyonu $g(r)$:** Kaynağın transvers eksenini boyunca ortamdaki saçılma ve soğurulmaların etkisini hesaba katar.

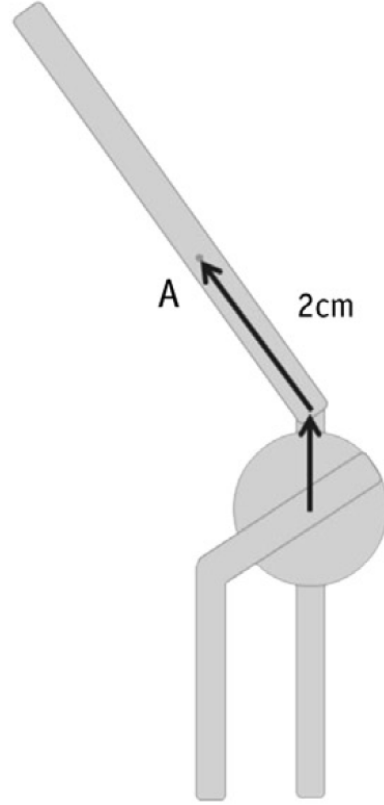
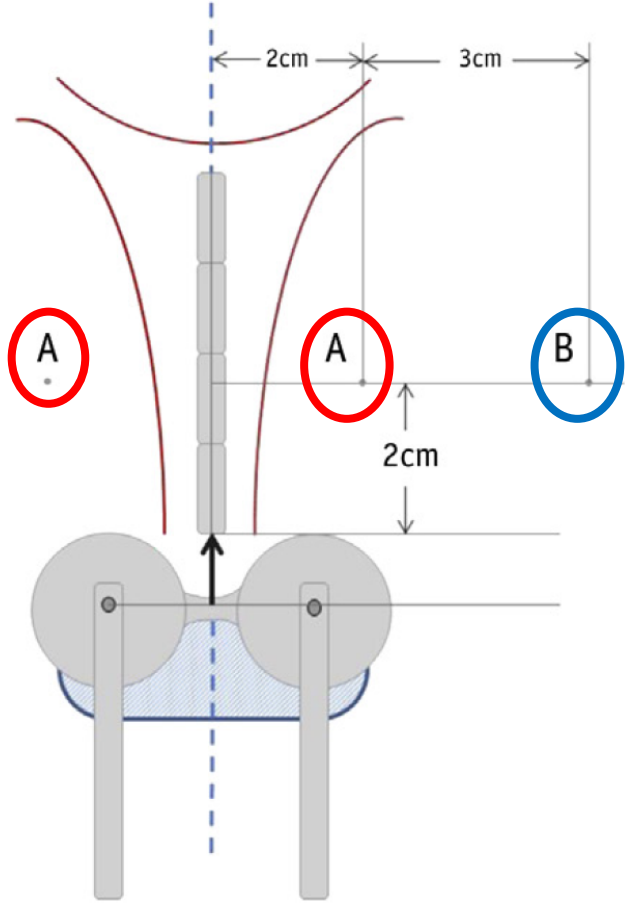
Açısal anizotropi fonksiyonu $F(r, \theta)$: Anizotropi fonksiyonu, kaynak içerisindeki radyoaktivite dağılımına, öz soğurmaya ve kapsül materyalindeki oblik filtrasyona bağlı olarak brakiterapi kaynaklarının etrafındaki doz dağılımlarının değişimini gösterir.

Jinekolojik Brakiterapide Nokta Tanımları



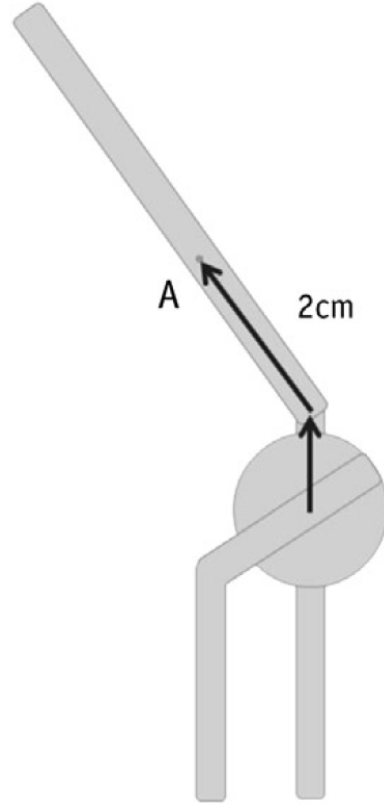
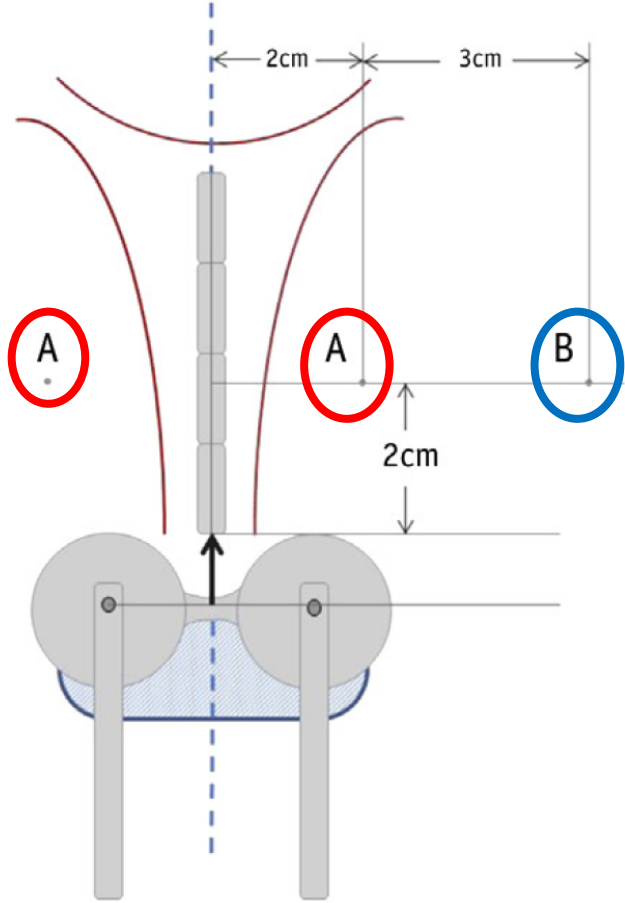
- Manchester Sisteminin tanımlamış olduğu bir nokta
- Anatomik bir nokta değil → Geometrik bir nokta
- Hastalıklı doku için minimum dozu, sağlıklı doku için maksimum dozu ifade eder.
- ICRU, Manchester sistemine göre A noktasını vajinal ovoidlerin yüzeylerinden 2 cm yukarıda ve intrauterin tandemden 2 cm lateralde tanımlamıştır.
- Daha sonra röntgen filmlerinde ovoidlerin yüzeylerini görebilmek zor olduğu için, A noktası intrauterin tandem servikal kanala girişteki alt ucundan 2 cm yukarıda ve 2 cm lateraldeki nokta olarak değiştirilmiştir.

Jinekolojik Brakiterapide Nokta Tanımları



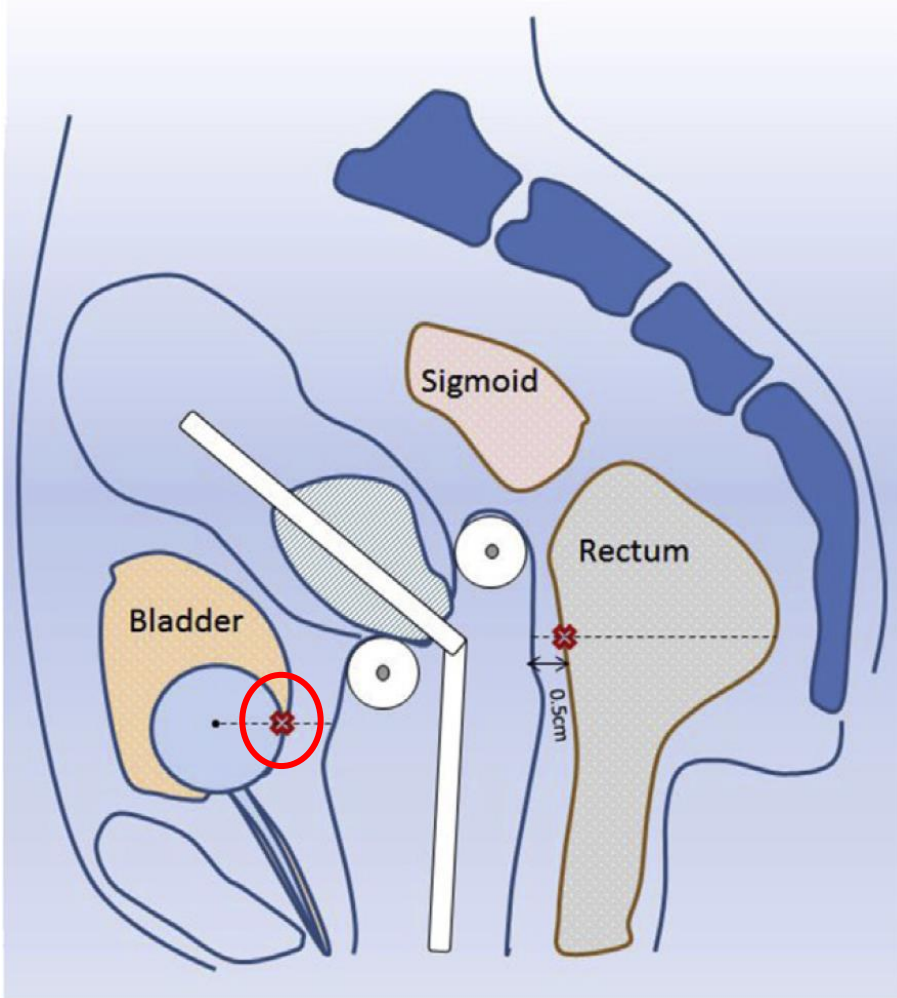
- 2 A noktası vardır: A_R ve A_L
- Bu iki noktadaki doz birbirinden farklı olabilir.
- Sağ ve Sol A noktalarındaki **minimum doz hedefin minimum dozunu**, sağ ve sol A noktalarındaki **maksimum doz sağlıklı dokunun maksimum dozunu** göstermektedir.
- Sağ ve Sol A noktalarındaki dozların ortalaması ise ortalama hedef dozunu gösterir.

Jinekolojik Brakiterapide Nokta Tanımları



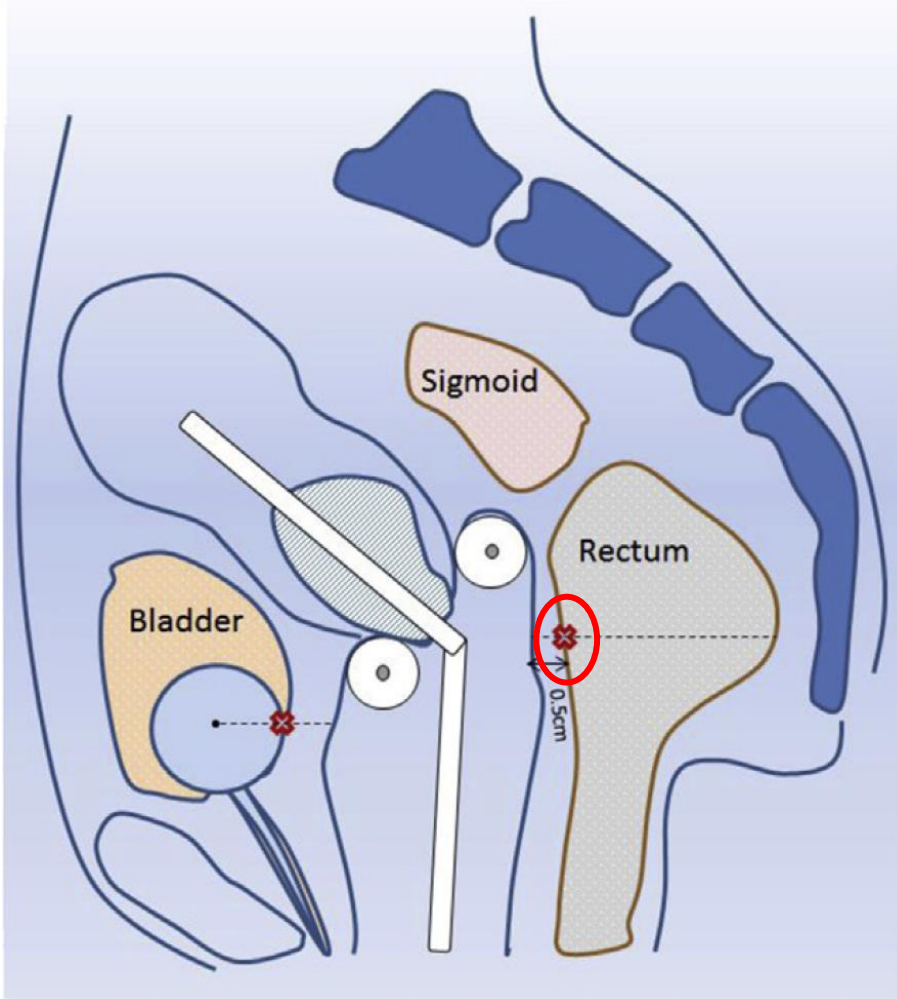
- B Noktası: A noktasının 3 cm lateralinde bulunmaktadır.
- A noktası hedefi, B noktası ise parametriumları temsil etmektedir.

Jinekolojik Brakiterapide Nokta Tanımları



- **Mesane noktası** ICRU 38'e göre Foley sondası takılıp, ucundaki balon 7 cc kontrast madde ile şişirildikten sonra, balonun mesane boynuna oturtulması için zorlamadan bir miktar geri çekilmesini gerektirir.
- Radyopak hale gelen balonun lateral grafideki merkezinden aşağı çekilen dik çizginin, balonun alt yüzeyini kestiği nokta olarak tarif edilmiştir.
- Bu nokta balondaki maksimum doz bölgesidir.

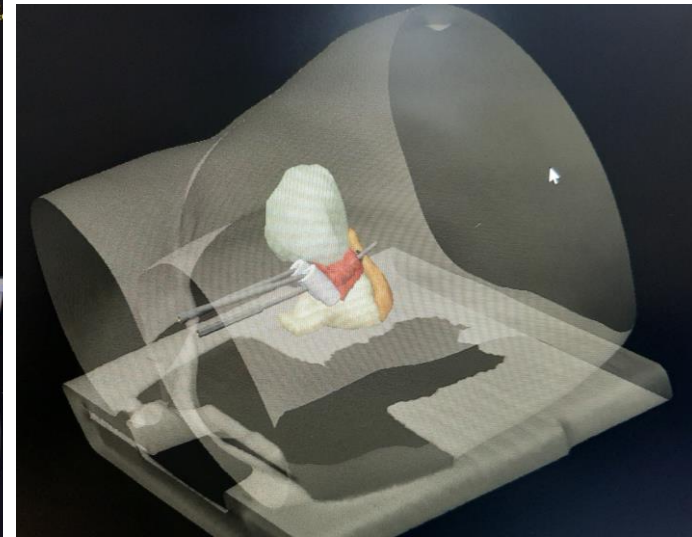
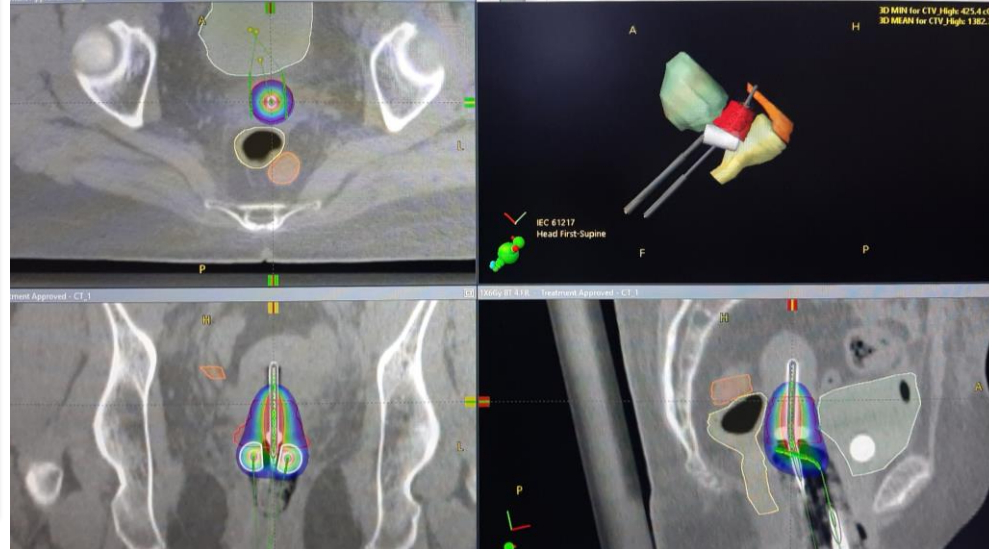
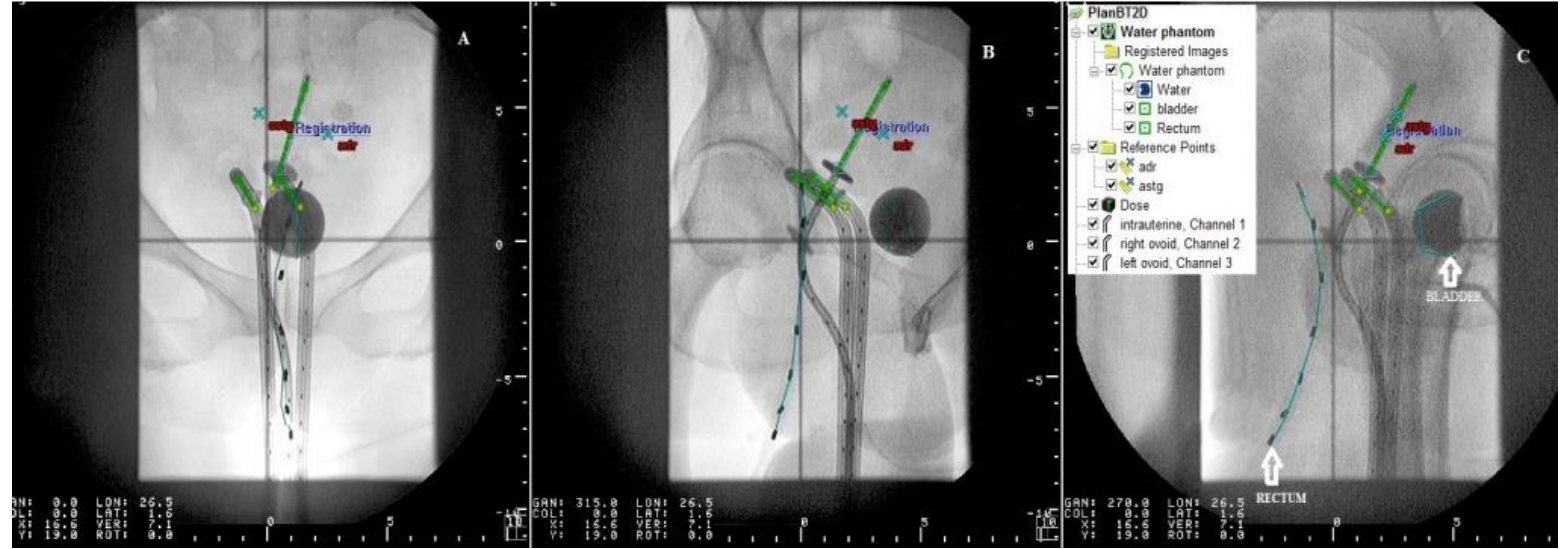
Jinekolojik Brakiterapide Nokta Tanımları



- Rektum maksimum noktası ICRU 38'e göre; aplikatörlerin vajen içinde konumlarının değişmemesi için arkalarına sıkıştırılan kontrastlı gazlı bezin (packing) görüntüsü yardımıyla yan grafide bulunan posterior vajinal duvarın 0.5 cm arkası olarak tarif edilir.

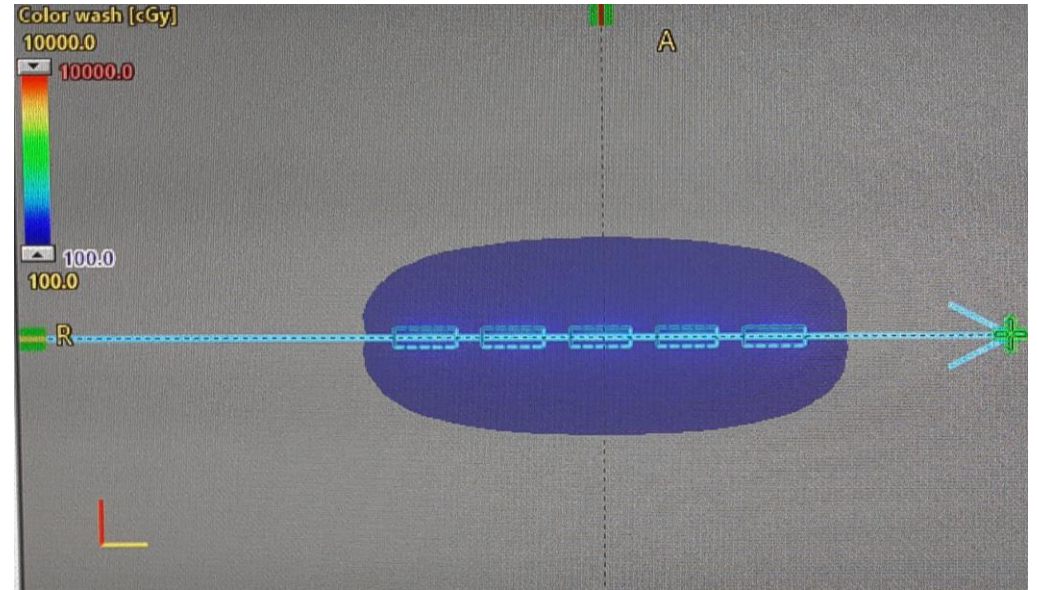
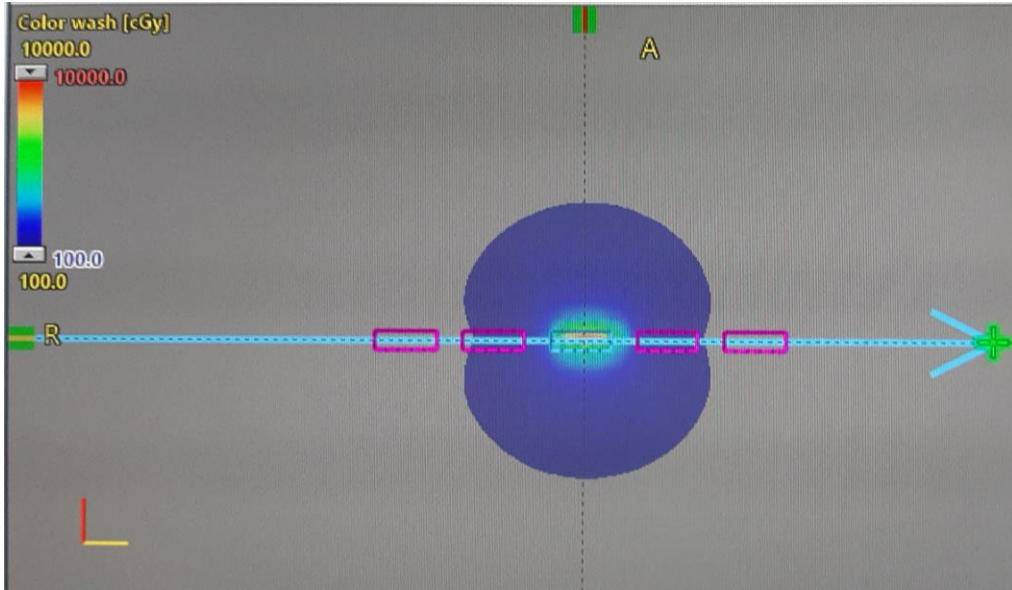
Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

- Brakiterapide, aplikatörlerin yerleştirilmesinden sonra alınan 2 ortogonal radyografiye dayalı geleneksel 2 boyutlu brakiterapi yaklaşımı, yerini günümüzde 3 boyutlu (3D) brakiterapiye bırakmıştır.
- Tedavi planlama sistemleriyle, gerçek kaynak dağılımına karşılık gelen tam bir izodoz dağılımı elde etmek mümkündür.



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

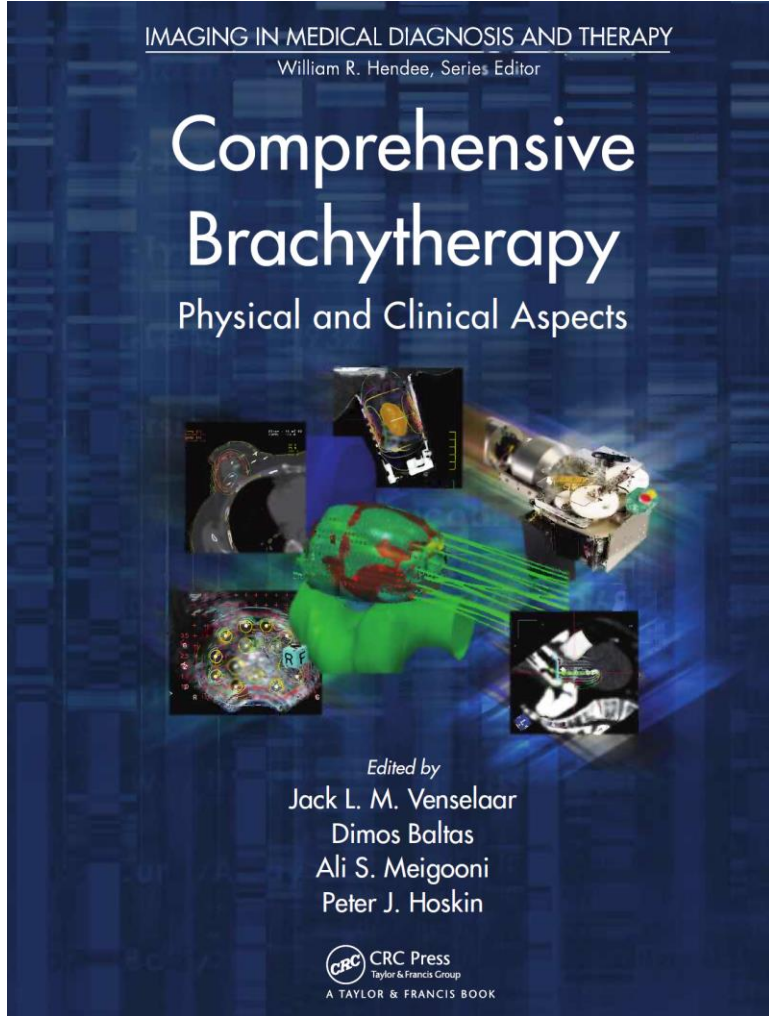
- Brakiterapi doz dağılımının bilgisayar hesaplaması, implant kaynaklarının her biri için bir noktada tekrarlanan doz hesaplamasından oluşur.
- Belirli bir noktadaki toplam doz, bireysel kaynak katkılarının toplanmasıyla belirlenir.



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

- Hasta görüntüleme yoluyla (CT, MR) elde edilen bilgiler, TG43'e dayalı dozimetrimin, standart homojen bir su geometrisinde önceden hesaplanmış olan kaynağa özgü verilere dayanmasından dolayı, tam olarak kullanılmamıştır.
- Bu nedenle hastaya özgü radyasyon saçılma koşullarını ve doku veya aplikatör malzemelerinin radyolojik farklılıklarını sudan ayırmaz.
- Ancak günümüzde bir çok tedavi planlama sistemi, model bazlı dozimetri algoritmaları olarak adlandırılan dozimetri algoritmalarını içermektedir.
- Bunlar, ¹⁹²Ir HDR uygulamaları için Boltzmann transport denkleminin ve collapsed cone superposition algoritmasının deterministik çözümünü içerir.

Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri



- Rivard ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, çeşitli tedavi bölgelerindeki heterojenitenin öngörülen etkilerini incelemişlerdir.
- Enerji genel olarak 2'ye ayrılmış ve bu şekilde inceleme gerçekleştirilmiştir.
- Düşük enerji → <50 keV
- Yüksek enerji → >50 keV

TABLE 11.3 Summary of Major Contributors to Dose Departure from TG-43 Based on Table 1 from Rivard et al. (2009)

Energy Range	Physical Effect
High:	Scatter condition
^{192}Ir	Shielding (applicator related)
Low:	Absorbed dose (μ_{en}/ρ)
$^{103}\text{Pd}/^{125}\text{I}/\text{eBx}$	Attenuation (μ/ρ)
	Shielding (applicator, source)

Source: Rivard, M.J. et al., *Med Phys* 36, 2136–53, 2009.

Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

Düşük Enerji (<50 keV)

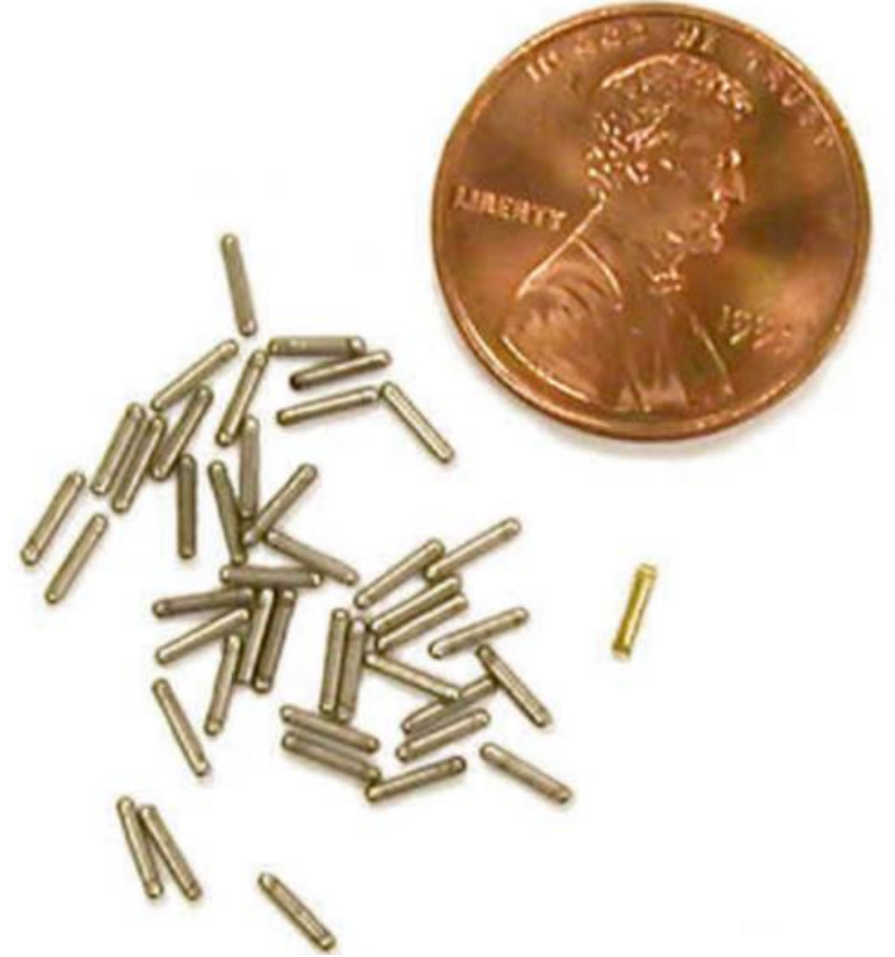
- 50 keV'in altındaki enerji aralığında
 - Foton ortalama serbest yolları daha kısadır
 - Radyal doz fonksiyonu hızla azalır
 - Birincil fotonların katkısı, kaynaktan 2 cm'ye kadar yakın olan saçılan fotonların katkısına kıyasla daha az önemli hale gelir
- Kalıcı prostat implantları
- Meme Brakiterapisi
- Göz plakları



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

Düşük Enerji (<50 keV)

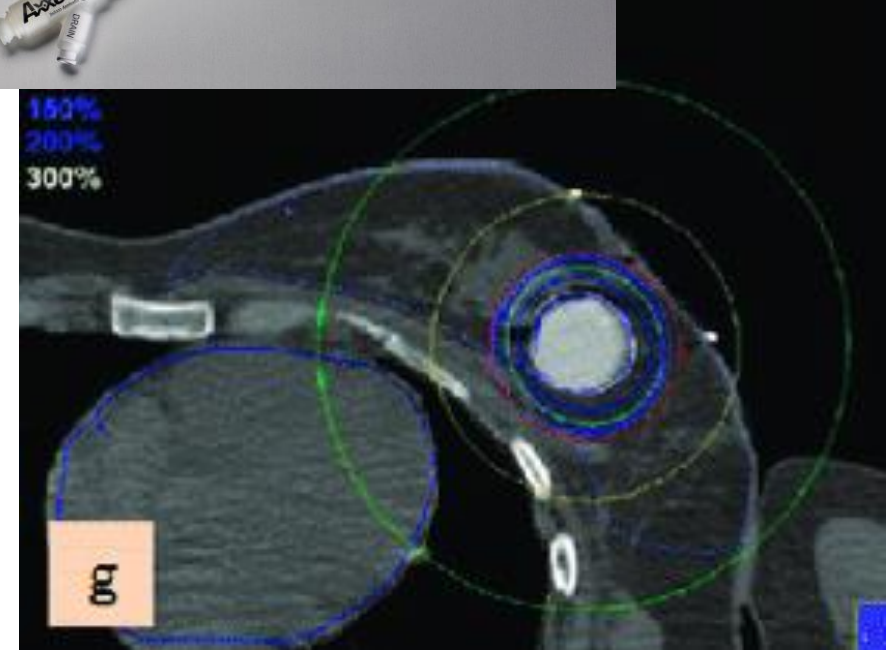
- Kalıcı prostat implantları
 - Çoğunlukla ^{125}I radyoaktif kaynağı kullanılmakta (LDR)
 - Çok sayıda ve yüksek atom numaralı (Z) kaynak kullanılmakta.



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

Düşük Enerji (<50 keV)

- Meme Brakiterapisi
 - Balon tipi aplikatörlerin içerisinde kullanılan kontrast ajanları (Baryum Sülfat, $BaSO_4$)
 - Meme dokusunun non-homojen olması



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

Düşük Enerji (<50 keV)

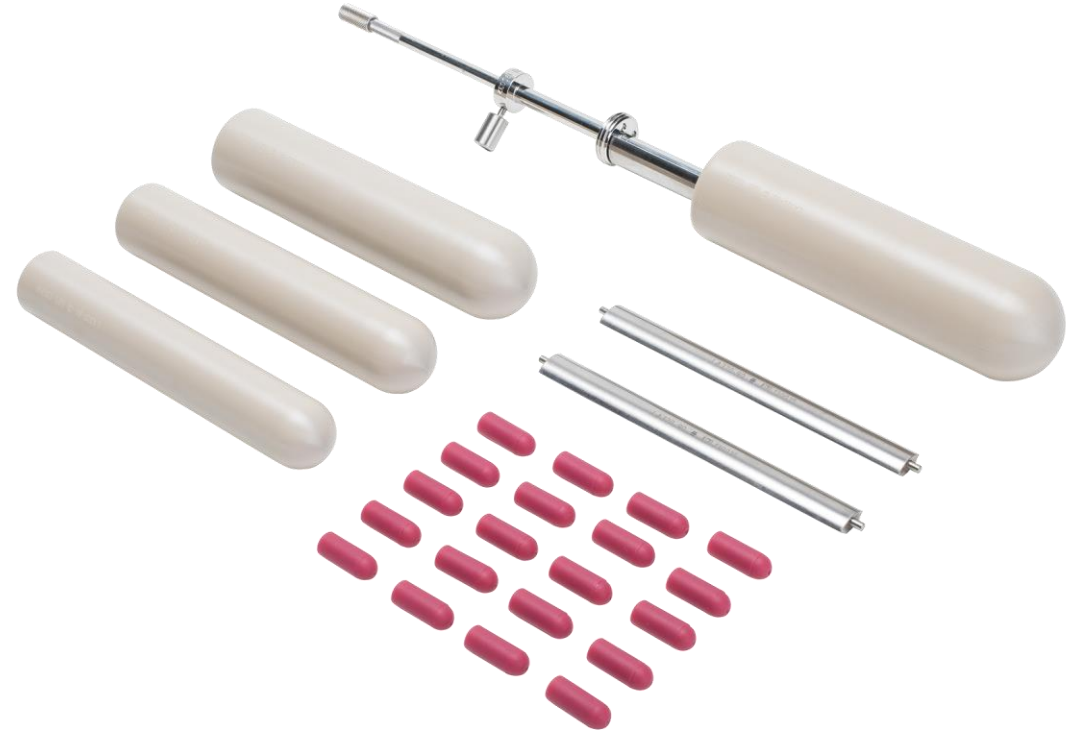
- Göz Plakları
 - Çoğunlukla ^{125}I ve ^{103}Pd radyoaktif kaynakları kullanılmakta
 - Doz dağılımlarını silikon kaynak taşıyıcısı ve altın dış tabaka etkilemekte



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

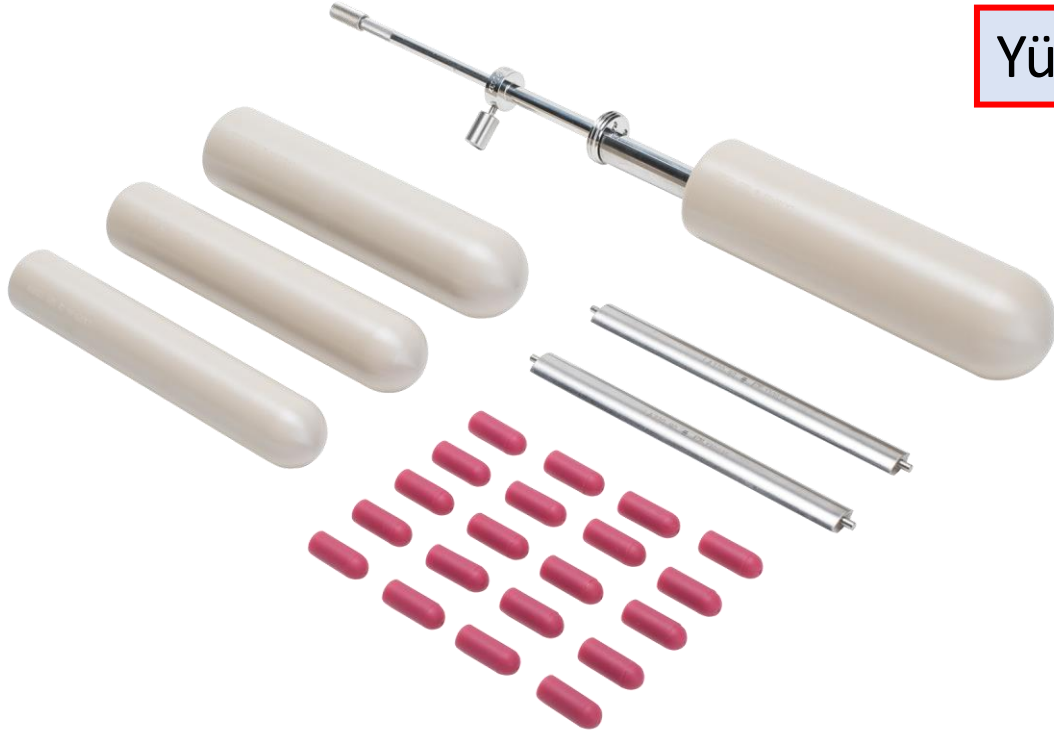
Yüksek Enerji (>50 keV)

- BT'de kullanılan yüksek enerjili foton kaynakları için ortamın suya göre soğurma veya doz birikimi açısından etkisi, çoğunlukla ihmal edilebilir düzeydedir.
- Bununla birlikte, zırlı veya metalik aplikatörler gibi yüksek Z'li malzemelerin herhangi bir kullanımı, foton zayıflama kesitlerinde önemli farklılıklar yaratacaktır.



Bilgisayarlı Dozimetri Sistemleri

Yüksek Enerji (>50 keV)



- Meme, baş-boyun ve yüzey uygulamalarında farklar önemli seviyelere çıkabilirken, jinekolojik tedavilerde (zırhlı aplikatör kullanılmadığı durumda) bu farklar çok düşük seviyelerde kalmaktadır.

MEDICAL PHYSICS

The International Journal of Medical Physics Research and Practice

Radiation therapy physics

Computation of relative dose distribution and effective transmission around a shielded vaginal cylinder with ¹⁹²Ir HDR source using MCNP4B

Chandra Sekaran Sureka, Prakasarao Aruna, Singaravelu Ganesan, Chirayath Sunil Sunny, Kamatam Venkata Subbaiah

First published: 09 May 2006 | <https://doi.org/10.1118/1.2184437> | Citations: 13

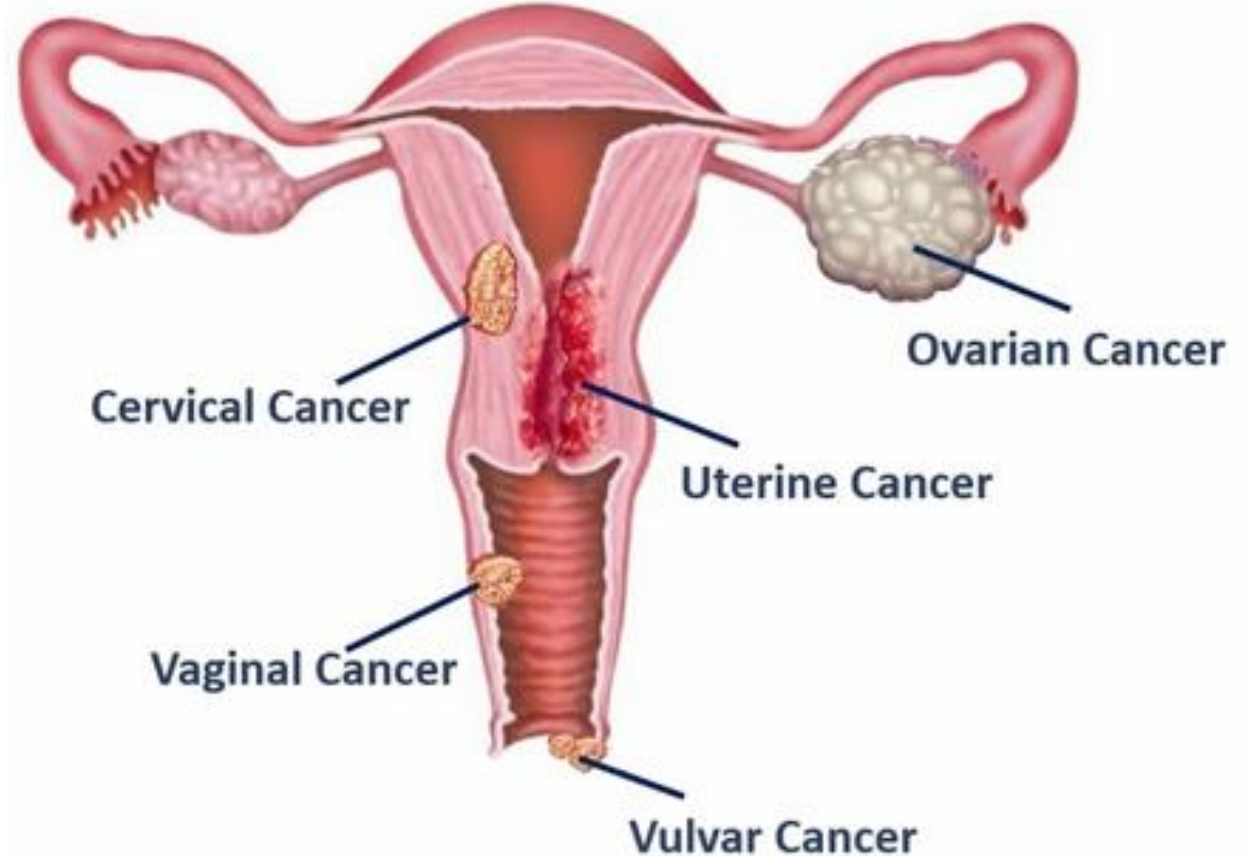
- Sureka ve ark. rektal zırhlı aplikatör kullanılmış 40 hasta üzerinden yapmış oldukları çalışmada ortalama %24 oranında dozda farklılık ve bununla birlikte zırhlı aplikatörün pozisyonundaki değişimin hedef ve riskli organlardaki dozu belirgin ölçüde değiştirdiğini göstermişlerdir.

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Jinekolojik Kanserler

- Brakiterapi, jinekolojik kanser tedavisinde sıkça kullanılan bir tekniktir.
- Rahim ağzı, endometriyum ve vajinal tümörlere tedavi dozu verilirken; rektum, sigmoid, mesane ve ince barsak gibi komşu kritik organlara verilen doz minimum olmalıdır.
- Eksternal RT sonrası ya da erken evre tümörlerde cerrahi sonrası tek başına intrakaviter ve/veya intersitisyel olarak brakiterapi uygulanır.

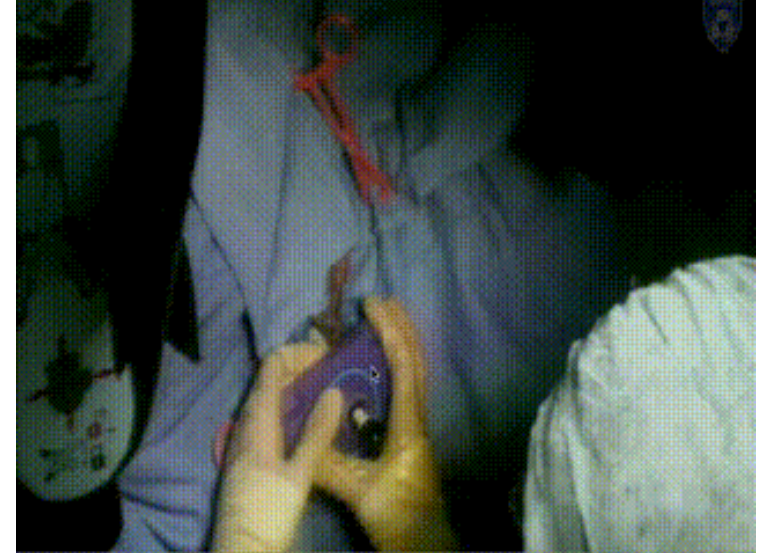
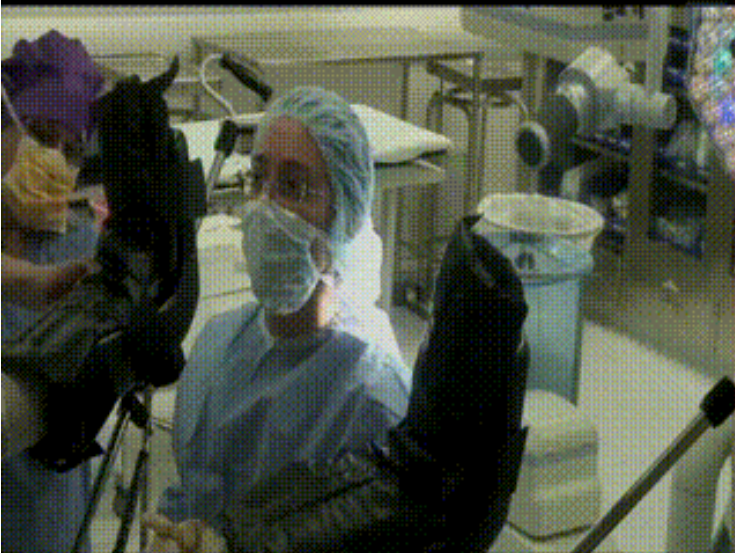
Gynecological Cancers



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

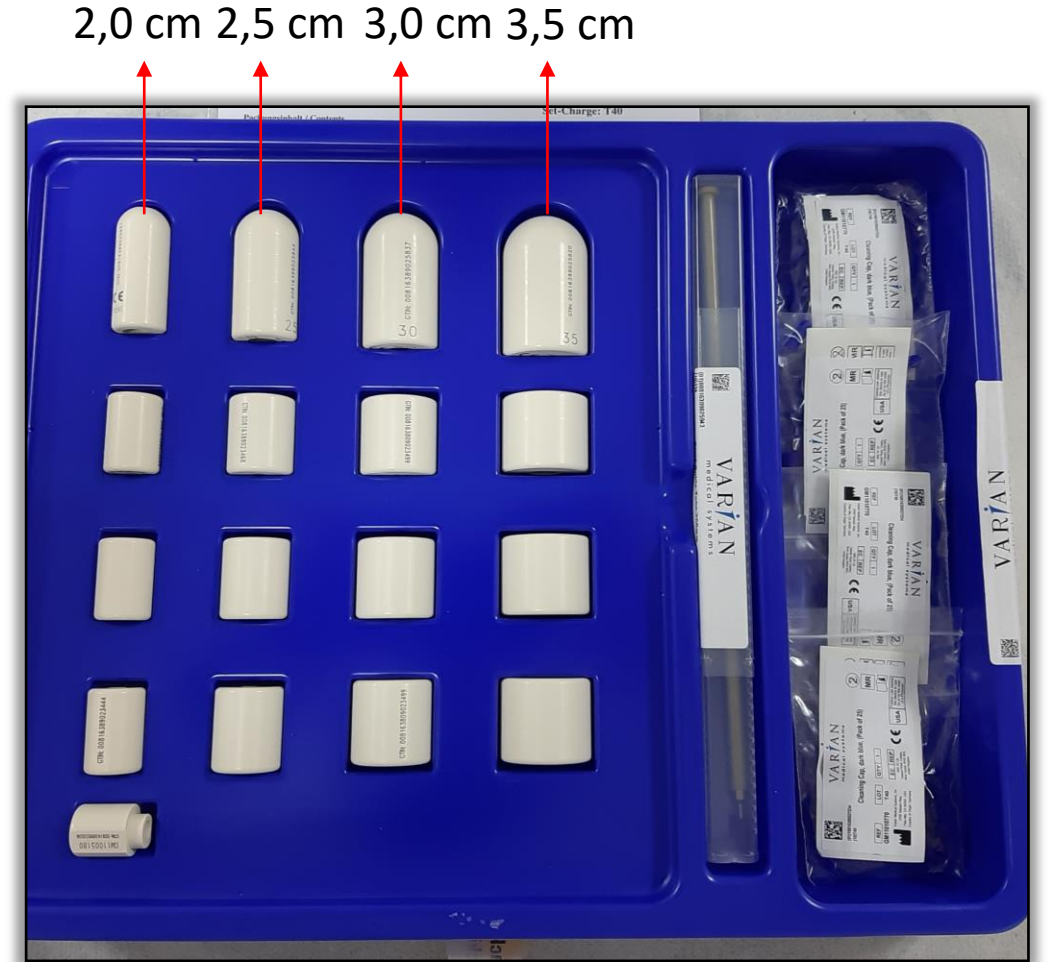
Jinekolojik Kanserler

- HDR uygulamaları için aplikatörler tedavi için pozisyonlandırıldıktan sonra sabitlenir.
- CT görüntülemesi sırasında 1-5 mm'lik kesit kalınlığı kullanılır.
- Konturlama ve planlama için çoklu görüntüleme yöntemleri kullanılıyorsa füzyon yazılımı mevcut olmalıdır.

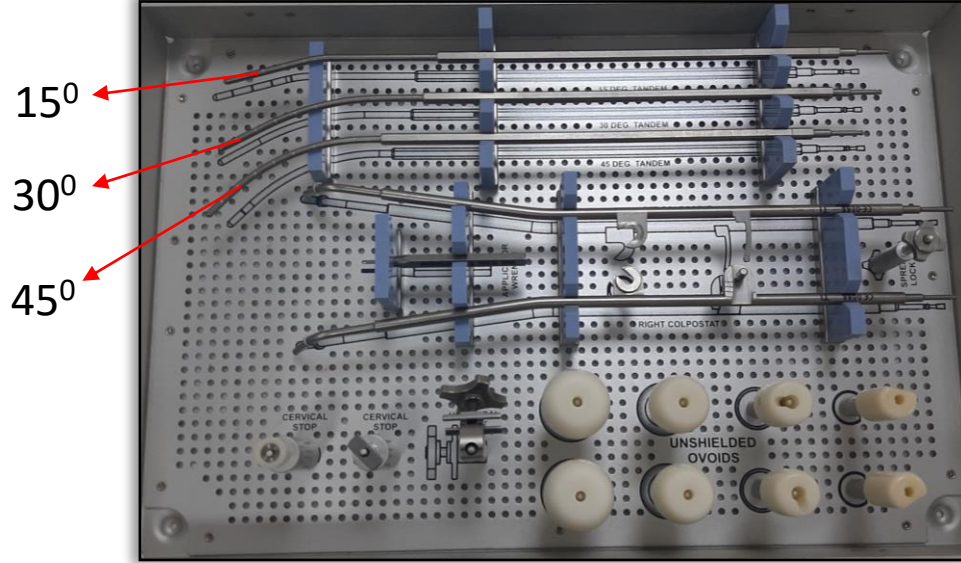


Aplikatörler (Kliniğimizde Bulunanlar)

- 2 adet Üniversal Segmentli Silindir Aplikatör Seti
- 2,0-2,5-3,0-3,5 cm Çaplarında
- 4 Segmentli



Aplikatörler (Kliniğimizde Bulunanlar)



- 2 adet FSD Stili (esnek geometri) Titanyum Tandem-Ovoid Aplikatör Seti
 - 15°-30°-45° tandem açılarında
 - Stopper istenilen mesafeye ayarlanabilmekte
 - 1,6-2,0-2,5-3,0 cm ovoid çaplarında



- 1 adet FSD Stili (sabit geometri) Titanyum Tandem-Ovoid Aplikatör Seti
 - Tandem 30° açılı
 - 4-6-8 cm uzunluklarında tandemler (Sabit stopper)
 - 1,6-2,0-2,5-3,0 cm ovoid çaplarında

Aplikatörler (Kliniğimizde Bulunanlar)



4 cm

6 cm

8 cm



4 cm

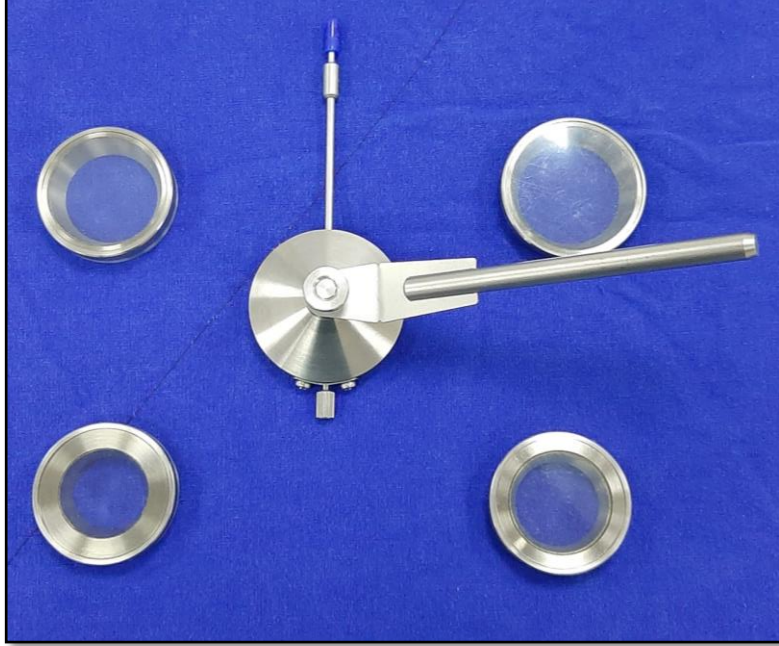
6 cm

8 cm

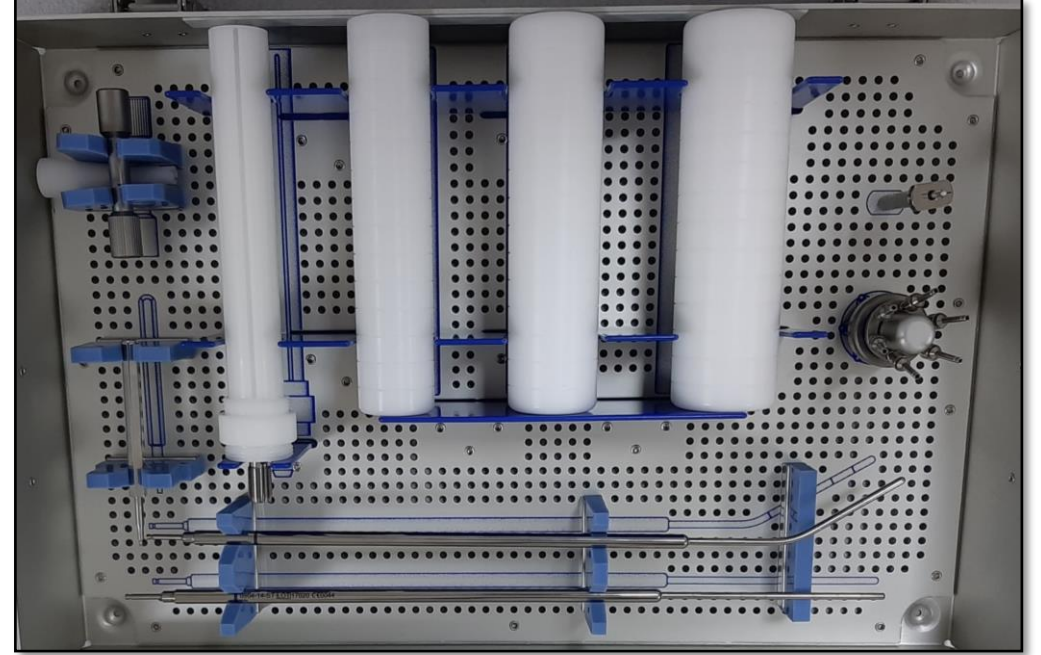
- 1 adet 45° Ring Aplikatör Seti
 - 4-6-8 cm uzunluklarında tandem
 - 3,0 x 3,6 cm halka prob ve 4,0 cm'lik cap

- 1 adet 60° Ring Aplikatör Seti
 - 4-6-8 cm uzunluklarında tandem
 - 3,0 x 3,6 cm halka prob ve 4,0 cm'lik cap

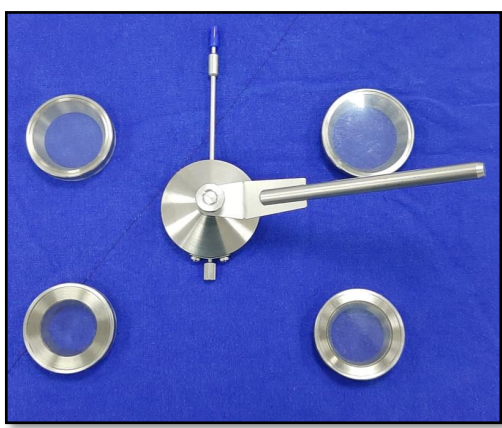
Aplikatörler (Kliniğimizde Bulunanlar)



- 1 adet Leipzig Stili Yüzey Aplikatör Seti
 - 3,0- 3,5- 4,0- 4,5 cm başlıklı



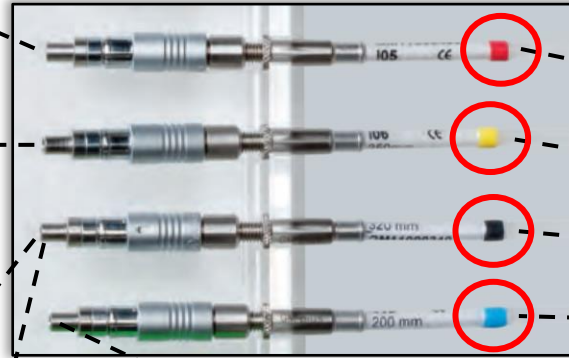
- 1 adet Miami Tipi Çok Kanallı Aplikatör Seti
 - 0° ve 30° tandem açıları
 - 3,0- 3,5- 4,0 cm build-up cap



Aplikator

130,0 cm

Cihaz

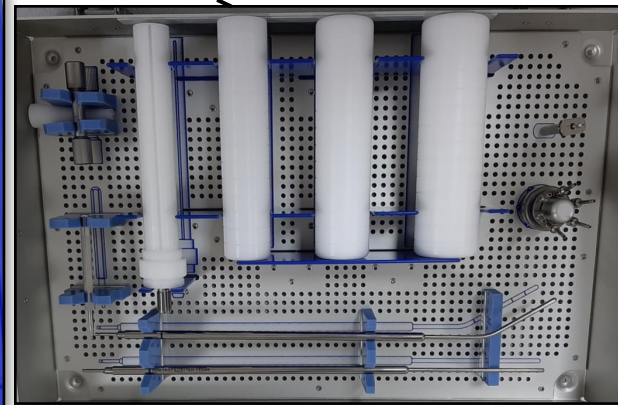
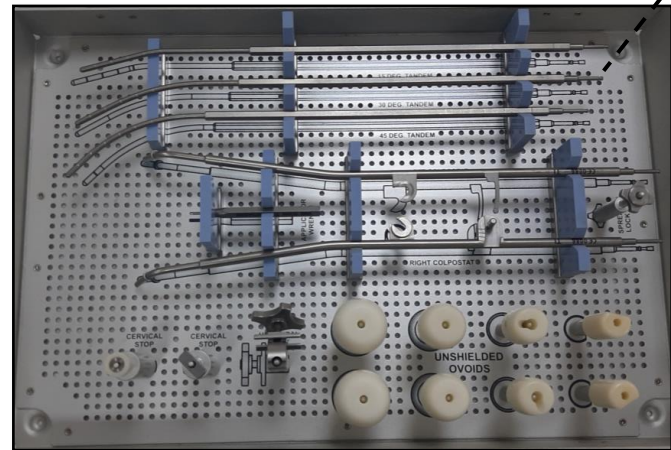
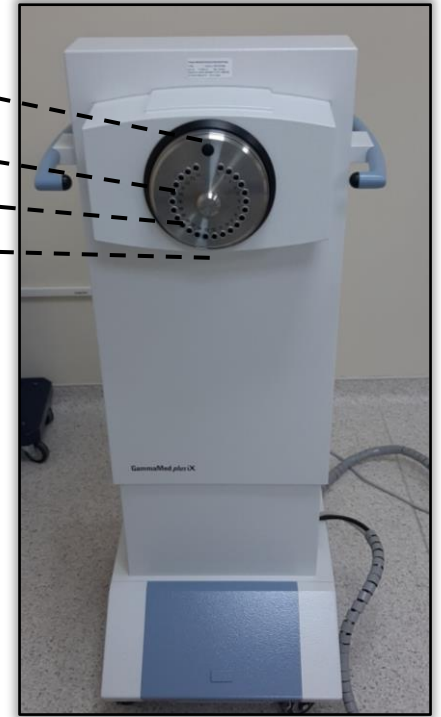


118,7 cm

105,0 cm

98,0 cm

110,0 cm



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları



Brachytherapy 11 (2012) 58–67

BRACHYTHERAPY

American Brachytherapy Society consensus guidelines for adjuvant vaginal cuff brachytherapy after hysterectomy

William Small Jr.^{1,*}, Sushil Beriwal², D. Jeffrey Demanes³, Kathryn E. Dusenbery⁴,
Patricia Eifel⁵, Beth Erickson⁶, Ellen Jones⁷, Jason J. Rownd⁶, Jennifer F. De Los Santos⁸,
Akila N. Viswanathan⁹, David Gaffney¹⁰

¹Department of Radiation Oncology, The Robert H. Lurie Comprehensive Cancer Center of Northwestern University, Chicago, IL

²Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, PA

³Department of Radiation Oncology, David Geffen School of Medicine, University of California Los Angeles, Los Angeles, CA

⁴Department of Radiation Oncology, University of Minnesota Medical Center, Minneapolis, MN

⁵Department of Radiation Oncology, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX

⁶Department of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI

⁷Department of Radiation Oncology, University of North Carolina, Chapel Hill, NC

⁸Department of Radiation Oncology, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL

⁹Department of Radiation Oncology, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA

¹⁰Department of Radiation Oncology, Huntsman Cancer Institute, Salt Lake City, UT

Medical Radiology · Radiation Oncology
Series Editors: L.W. Brady · S.E. Combs · J.J. Lu

Paolo Montemaggi
Mark Trombetta
Luther W. Brady *Editors*

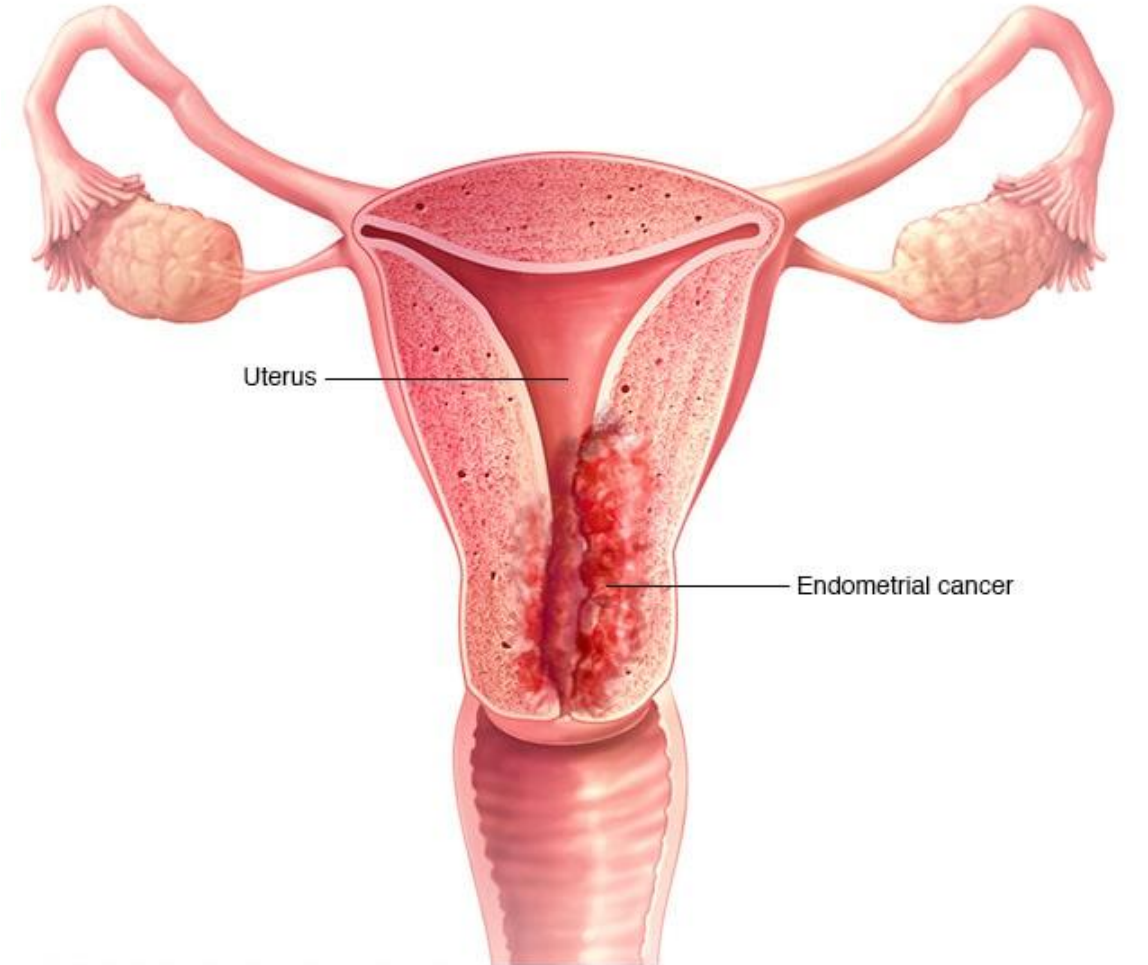
Brachytherapy

An International Perspective

 Springer

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

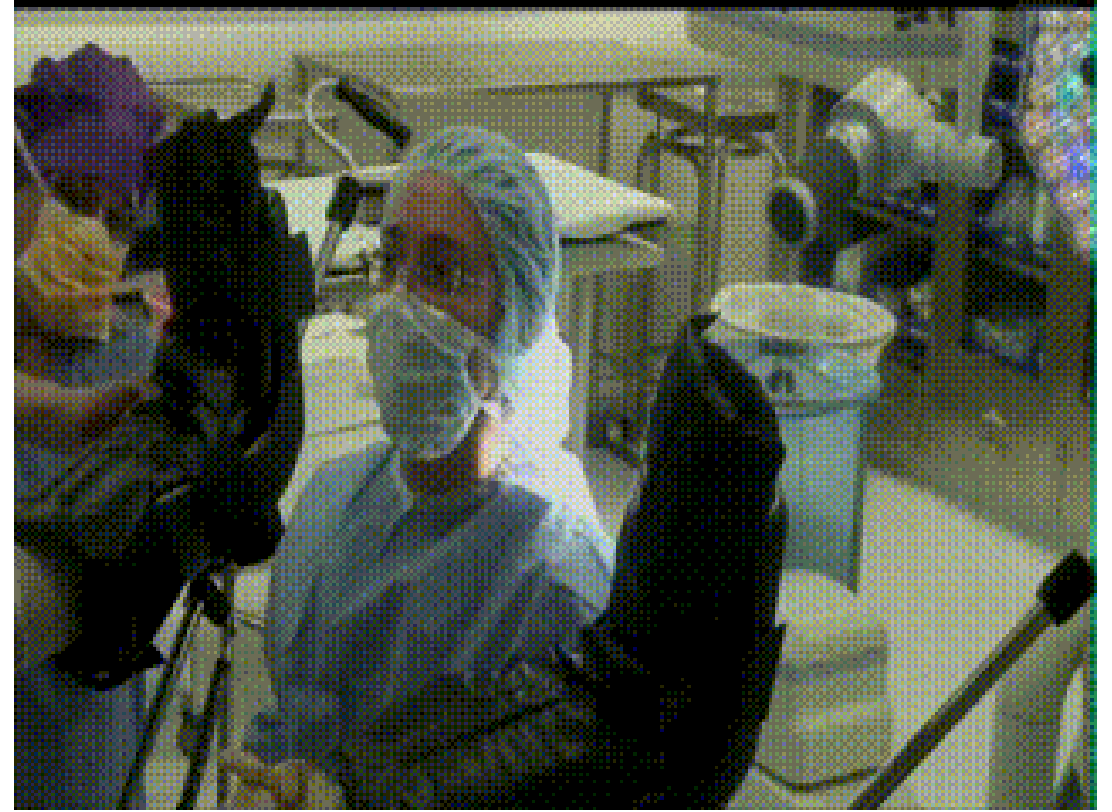
- Endometriyum kanseri, ABD'de 2010 yılında yılda 43.470 vaka ve buna bağlı 7.950 ölüm ile en sık karşılaşılan jinekolojik kanser tipidir.
- Endometriyum kanserinde standart tedavi Total Abdominal Histerektomi + Bilateral Salpingoofektomi (TAH+BSO) ve \pm lenf nodu diseksiyonudur.
- Adjuvan eksternal RT ve/veya brakiterapi seçili hastalarda adjuvan terapinin ayrılmaz parçalarıdır ve radyoterapi inop ve reküren endometriyum kanserinin en önemli komponentidir.
- Postoperatif vajinal brakiterapinin tek başına kullanımı (EBRT olmadan) giderek artmaktadır.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

- Genellikle silindir aplikatör kullanılır. Fakat en uygun aplikatörün belirlenmesine uygulama öncesi değerlendirmede karar verilir.
 - Uygulama öncesi jinekolojik muayenede;
 - Vajinal anatomi belirlenir
 - Vajinal cuffın iyileştiğinden ve bütünlüğünün koruduğundan emin olunur
 - Hastalığın nüks etmediğinden emin olunur
- Brakiterapi, yeterli iyileşme görüldükten hemen sonra (genellikle operasyon sonrası 4-8 hafta sonra) ve operasyon sonrası 12 haftayı geçmeyecek şekilde başlamalıdır.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

- Jinekolojik muyaneden elde edilen bulgulara göre hastanın tolere edebileceği en geniş silindir seçilir.
 - Bunun sayesinde maksimum vajinal gerilme ve bunun neticesinde hava boşluklarında azalma elde edilir.

Bunun bir diğer avantajı ise vajinal yüzey dozunun minimuma indirilmesidir.

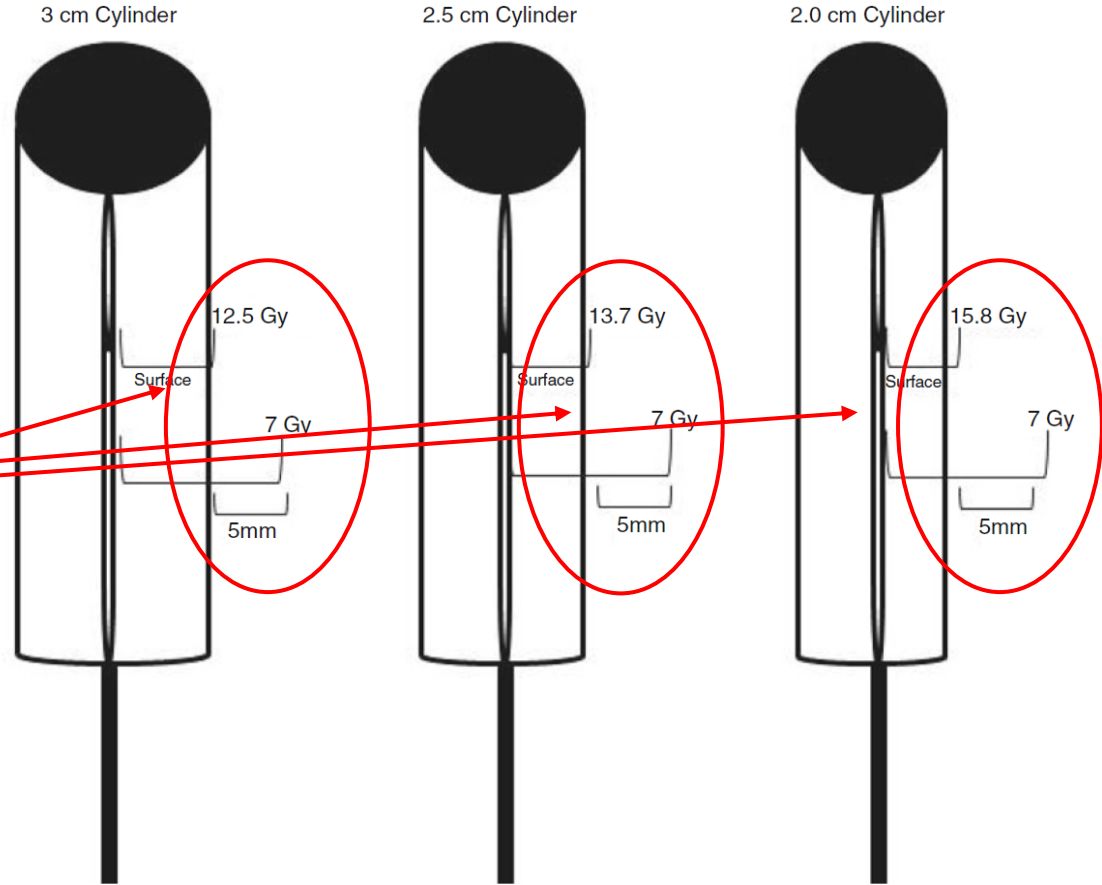
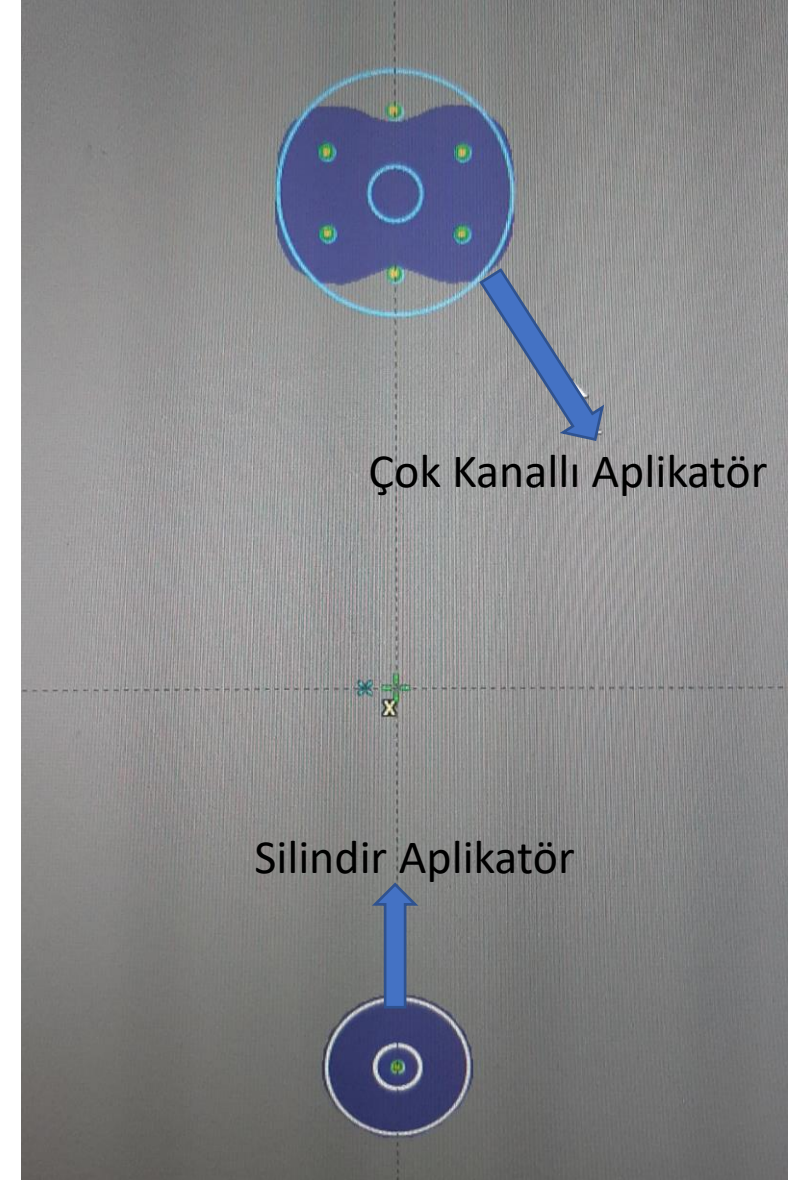


Fig. 1 The effects of vaginal cylinder size on vaginal surface dose. All representative doses are for a single fraction with a prescription dose of 7 Gy to 0.5 cm depth

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

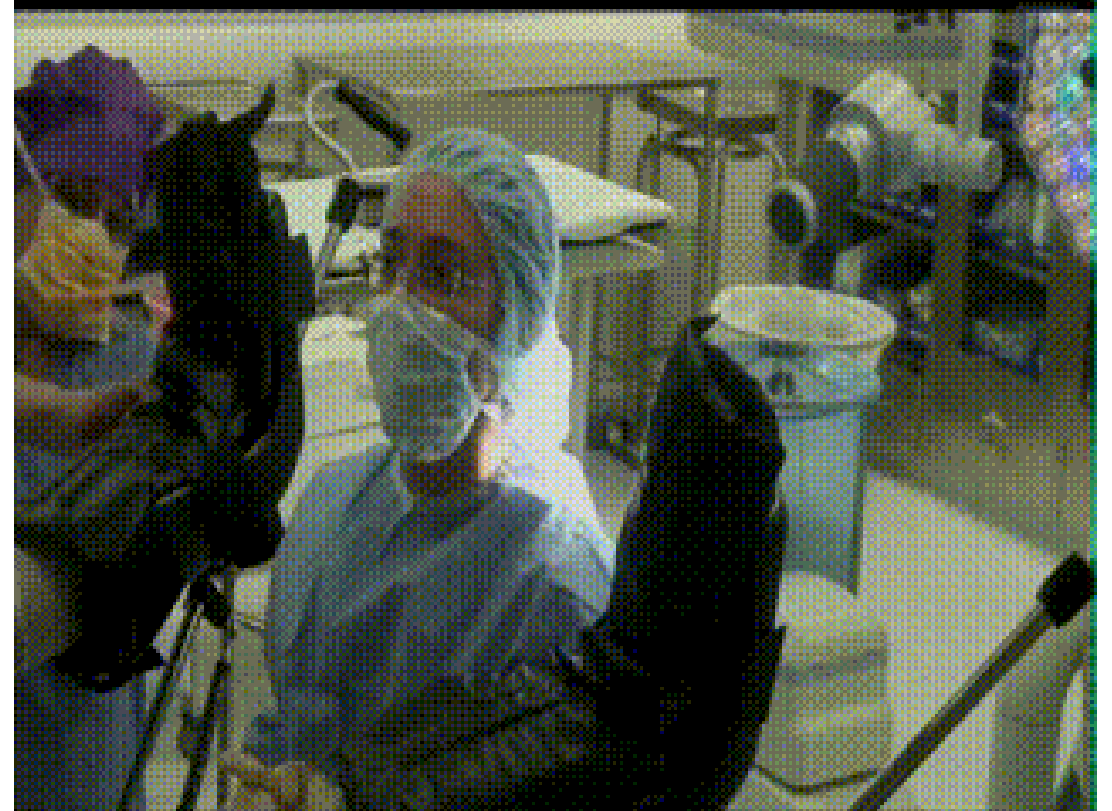
- Vajinal cuff brakiterapide genellikle tek kanallı silindir aplikatör kullanılmaktadır.
- Fakat çok kanallı aplikatörün gereken durumlarda kullanılmasıyla, istenilen yerde daha yüksek ve yine istenilen yerde daha düşük doz bölgeleri elde etmek mümkündür.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

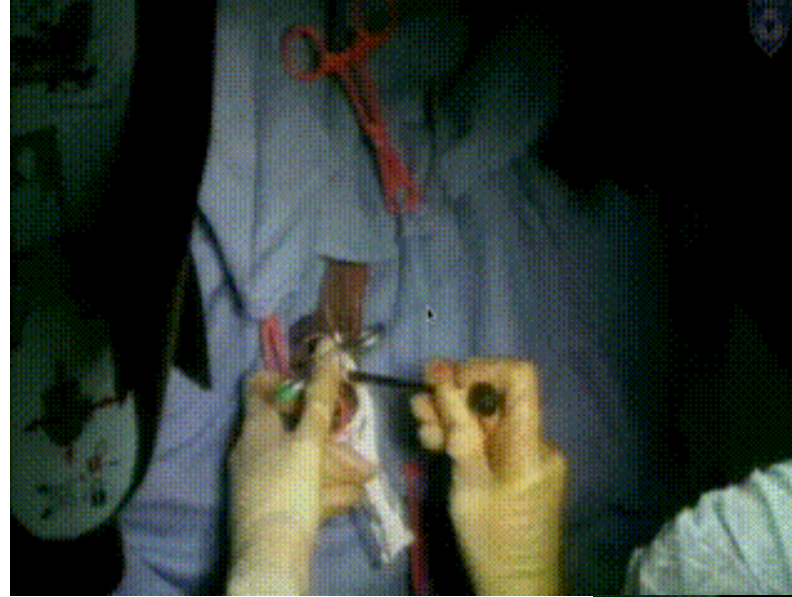
- Prosedür esnasında hastanın mesanesi boş olur.
- Prosedür boyunca hastaya mesane sondası takılması eğer hasta mesane doluluğunu yönetemiyorsa rutin değildir.
- Nadir durumlarda barsaklar vajen cuffın proksimaline yakın olduğunda mesanenin doldurulması barsakların yer değiştirmesine ve barsak dozlarının belirgin düzeyde dűřmesine neden olabilir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

- Litotomi pozisyonunda olan hasta vajen cuffının içerisine aplikatör, ileri ve dorsal olarak kibar bir şekilde yerleştirilir.
- Aplikatörün ucu vajinal apekse ulaşınca aplikatör bir perineal çubuk ya da sabitleyici ile sabitlenir ve hastanın bacakları normal pozisyona yastıklar ile desteklenecek şekilde getirilir.
- Bu pozisyondayken son bir kez aplikatörün nazikçe vajinal apekse teması kontrol edilir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

iki önemli olası hata riski var:

1. Aplikatörün vajinal apexe ulaşmaması
2. Yanlış çapta aplikatör kullanılması

Kontrol:

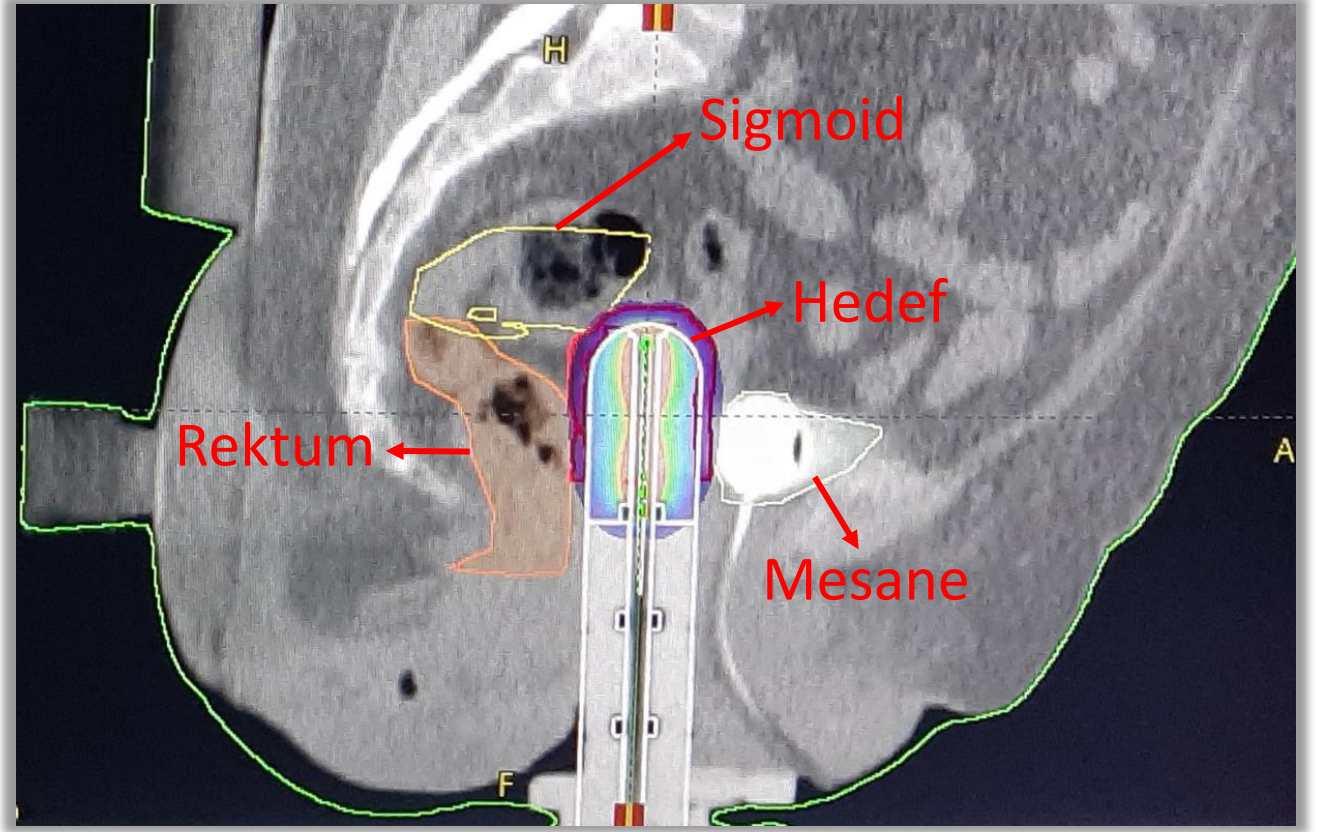
- 2D Ortogonal radyografik film ve fiducial marker
- CT ile 3D doğrulama



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

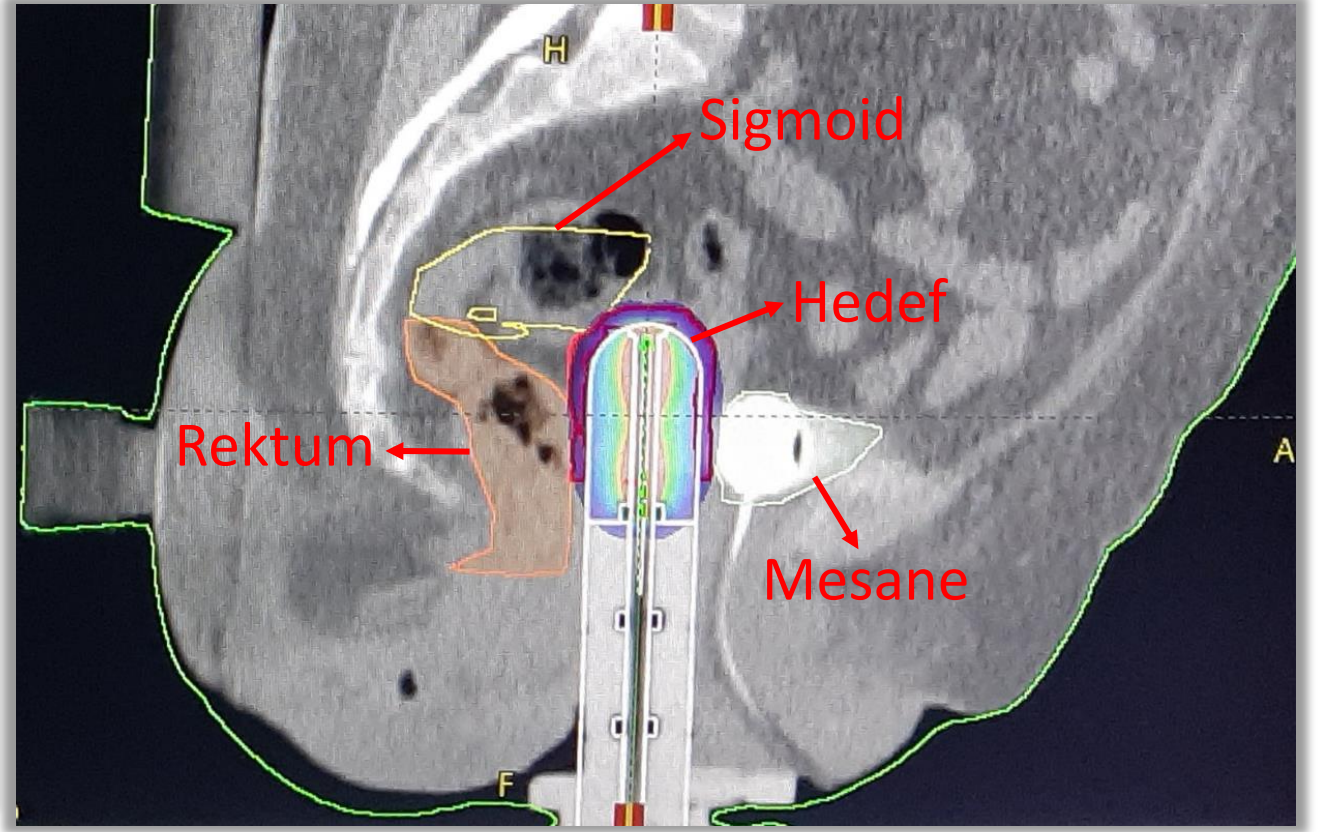
- CT görüntüleri kullanılarak 3D planlama yapılacağı zaman hedef ve kritik organlar (mesane, rektum, sigmoid, barsak) konturlanabilir.
- Reçetelendirilen doz vajinal yüzeyde ya da vajinal yüzeyden 0,5 cm uzakta olduğunda ve silindir aplikatör kullanıldığında, doz dağılımı genellikle silindir aplikatörün şekli ile paralel bir şekilde kavisli bir yapı alır.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

- Optimizasyon noktalarının apekse koyulmayıp sadece vajinal yüzeye koyulması apeksde ve barsak dozlarında artışa neden olabilmektedir.
 - ABS tarafından optimizasyon noktalarının apekse, silindirin kavisli yüzeyine ve lateraline koyulması gerektiği tavsiye edilmiştir.
 - Çok kanallı aplikatörlerin kullanılması riskli organların korunması açısından avantaj sağlayabilmektedir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

- Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi tekniğinde çeşitli doz/fraksinasyon şemaları kullanılmaktadır.
- Tek başına brakiterapi için 0,5 cm derinlikte 7Gy X 3fr sıklıkla kullanılan bir doz/fraksiyon şemasıdır (PORTEC 2).
- Silindir yüzeyine dozun tanımlandığı, vajinal yüzey dozunun ve geç vajinal yan etkilerin azaltıldığı daha uzun fraksinasyon şemaları da kullanılmaktadır.
 - 6Gy X 5fr (M.D. Anderson)
 - 4Gy X 6fr (Dana-Farber/Brigham)

60

W. Small Jr. et al. / Brachytherapy 11 (2012) 58–67

Table 1

Results of postoperative adjuvant cuff radiation therapy with brachytherapy alone

Author/reference	N	Treatment	Control/survival	Total pelvic recurrences (%) ^a	Vaginal recurrences (%)	Complications
Sorbe and Smeds (5)	404		5-y OS, 92%	3.0	0.7	6.9%, clinically significant
Noyes et al. (6)	63	16.2 Gy × 2 ovoids at surface	OS, 98.5%	1.6	0	No, Grade 3/4
Fanning et al. (7)	60	7 Gy × 3 at 0.5 cm	3-y NED, 100%	0	0	No, Grade 3/4
Kloetzer et al. (8)	108	10 Gy × 4 to 0.5 or 1.0 cm	3-y OS, 96%	0	0–3	0–12.6%, Grade 3/4
Hong et al. (9)	44	7 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y DFS, 92%	0	2.9	No, Grade 3/4
MacLeod et al. (10)	141	8.5 Gy × 4 at surface		2	1.4	No, Grade 3/4
Weiss et al. (11)	122	7 Gy × 3 at surface	5-y NED, 94%	4.1	1.6	No, Grade 3/4
Petereit et al. (12)	191	16.2 Gy × 2 ovoids at surface	4-y OS, 95%	0.5	0	0.5%, Grade 4
Chadha et al. (13)	38	7 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y OS, 93%	0	0	No, Grade 3/4
Eltabbakh et al. (14)	332	30 Gy at 0.5 cm (LDR)	5-y DFS, 98.9%	0.6	0	2.1%, Grade 3/4
Anderson et al. (15)	102	5 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y OS, 84%	1.9	1	No, Grade 3/4
Horowitz et al. (16)	164	7 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y OS, 87%	0.6	1.2	No, Grade 3/4
Rittenberg et al. (17)	53	5.6 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y OS, 91%	0	0	No, Grade 3/4
Jolly et al. (18)	50	5 Gy × 5 at 0.5 cm	4-y OS, 97%	2	2	No, Grade 3/4
Alektiar et al. (19)	382	7 Gy × 3 at 0.5 cm	5-y OS, 93%	0	0.8	0.5%, Grade 3; 0.25%, Grade 4
Solhjem et al. (20)	100	7 Gy × 3 at 0.5 cm	3-y OS, 97.9%	0	0	No, Grade 3/4
Cengiz et al. (21)	31	7 Gy × 3 at 0.5 cm (HDR) or 70 Gy at surface (LDR)	5-y OS, 93%	3.2	0	No, Grade 3/4
Atahan et al. (22)	128	5.5 Gy × 5 at 0.5 cm	5-y OS, 96%	1.6	0	No, Grade 3/4
Lin et al. (23)	42	7 Gy × 3 at 0.5 cm (HDR) 65 Gy at surface, 30 Gy at 0.5 cm (LDR)		0	2	No, Grade 3/4
McCloskey et al. (24)	75	7 Gy × 3 at 0.5 cm		2.6	1.3	
Aalders et al. (25)	277	60 Gy at surface (LDR)	5-y OS, 89%	6.9 ^b		1%, Grade 4
Knocke et al. ^c (26)	325	8.5 Gy × 4–5 with intrauterine and 7 Gy × 1–2 with intravaginal at 2 cm from the center of the source	5-y OS, 52.7%	13.8 ^b		3.1%, Grade 3/4
PORTEC-2 ^d (3)	213	7 Gy × 3 at 0.5 cm (HDR) 30 Gy at 0.5 cm (LDR)	5-y, 84.8%	3.8	1.8	2.3%, Grade 3; no, Grade 4

DFS = disease-free survival; HDR = high-dose rate; LDR = low-dose rate; NED = no evidence of disease; OS = overall survival.

^a Defined as pelvic alone and simultaneous pelvic plus vaginal.

^b Vaginal and pelvis combined.

^c Included some patients with external beam radiation therapy.

^d Estimated 5-year recurrence results for vagina and pelvis alone.

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Post operatif Vajinal Cuff Brakiterapi Tekniği

Son Önemli Notlar !!!

- Silindir çapının azalmasıyla birlikte vajinal yüzey dozunun atıyor olması,
 - 2,0-2,5 cm silindir gerektiren dar vajinası olan hastalarda, fraksiyon başına brakiterapi dozunun azaltılması düşünülebilir.
- HDR için günlük fraksinasyon tavsiye edilmemektedir.
 - Gün aşırı fraksinasyon



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları



ELSEVIER



CrossMark

Brachytherapy 14 (2015) 587–599

BRACHYTHERAPY

Consensus statement for brachytherapy for the treatment of medically inoperable endometrial cancer

Julie K. Schwarz^{1,*}, Sushil Beriwal², Jacqueline Esthappan¹, Beth Erickson³, Colleen Feltmate⁴, Anthony Fyles⁵, David Gaffney⁶, Ellen Jones⁷, Ann Klopp⁸, William Small Jr.⁹, Bruce Thomadsen¹⁰, Catheryn Yashar¹¹, Akila Viswanathan¹²

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

²Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh, PA

³Department of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI

⁴Department of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology, Harvard Medical School, Boston, MA

⁵Department of Radiation Oncology, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

⁶Department of Radiation Oncology, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, UT

⁷Department of Radiation Oncology, University of North Carolina School of Medicine, Chapel Hill, NC

⁸Department of Radiation Oncology, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX

⁹Department of Radiation Oncology, Loyola University, Chicago, IL

¹⁰Department of Medical Physics, University of Wisconsin School of Medicine and Public Health, Madison, WI

¹¹Department of Radiation Medicine and Applied Sciences, University of California San Diego Moores Cancer Center, San Diego, CA

¹²Department of Radiation Oncology, Harvard Medical School, Boston, MA

Medical Radiology · Radiation Oncology
Series Editors: L.W. Brady · S.E. Combs · J.J. Lu

Paolo Montemaggi
Mark Trombetta
Luther W. Brady *Editors*

Brachytherapy

An International Perspective

 Springer

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

Medikal İnop Endometriyum Kanseri için
Brakiterapi Tekniği



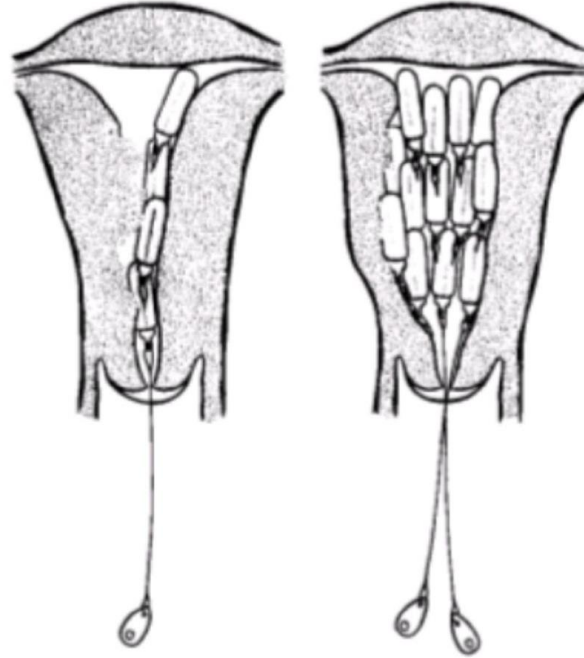
Endometriyum kanserli hastaların yaklaşık
%4-9' u medikal inop.

- HDR Brakiterapi mono terapi ya da eksternal RT sonrası boost olarak uygulanabilir.
 - Optimal teknik hastanın performansına ve teknik olarak mümkünse de evreleme görüntülemesine bağlıdır.
 - Evreleme görüntülemesinde eğer mümkünse pelvik MR olmalıdır.
 - Yüksek gradlı hastalarda buna ek olarak; bölgesel lenf nodu ya da uzak metastazı değerlendirmek için toraks CT'si, abdomen ve pelvik ya da tüm vücut PET/CT.
 - Pelvik MR tümör boyutunun belirlenmesi ve bunun yanı sıra miyometriyal invazyonun varlığı ve derinliği ve servikal uzanımın varlığının belirlenmesinde CT ya da US'a oranla daha üstündür.
- Bu bilgiler, eksternal RT'ye ihtiyacın ve brakiterapinin tipi ve rolünün belirlenmesinde oldukça kritiktir.

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- En sık kullanılan aplikatörler;
 - Intrakaviter tandem ve silindir
 - Çift tandem
 - Y aplikatör
 - Üçlü tandem aplikatör
 - Modifiye Heyman packing

Heyman Capsules



Y-Tandem



Triple Tandem



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları



ELSEVIER

Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 62, No. 2, pp. 468–478, 2005
Copyright © 2005 Elsevier Inc.
Printed in the USA. All rights reserved
0360-3016/05/\$—see front matter

doi:10.1016/j.ijrobp.2004.10.013

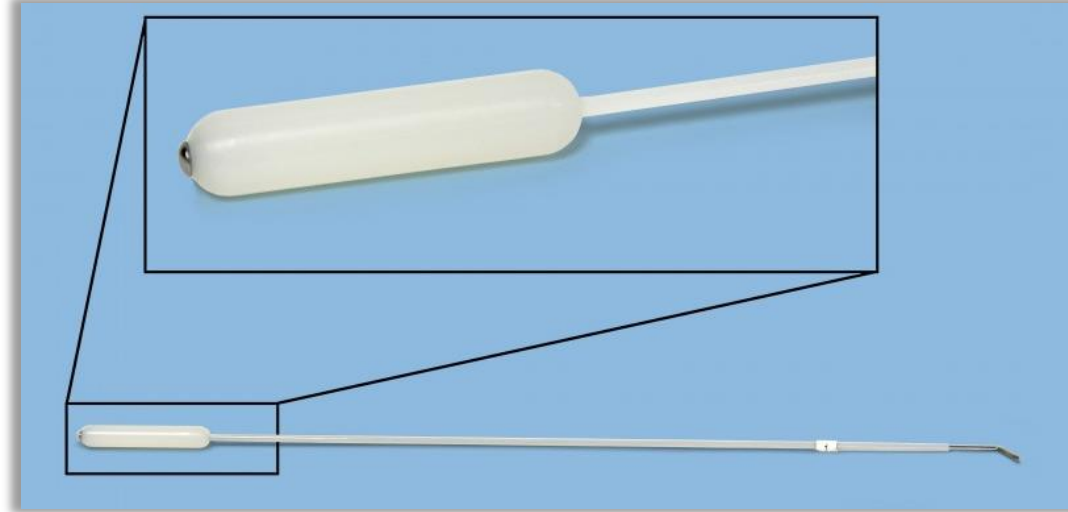
CLINICAL INVESTIGATION

Endometrium

PILOT STUDY IN THE TREATMENT OF ENDOMETRIAL CARCINOMA WITH 3D IMAGE-BASED HIGH-DOSE-RATE BRACHYTHERAPY USING MODIFIED HEYMAN PACKING: CLINICAL EXPERIENCE AND DOSE-VOLUME HISTOGRAM ANALYSIS

Hajo Dirk Weitmann, M.D., Richard Pötter, M.D., Claudia Waldhäusl, Ph.D.,
Elisabeth Nechvile, M.D., Christian Kirisits, D.Sc., and Tomas Hendrik Knocke, M.D.

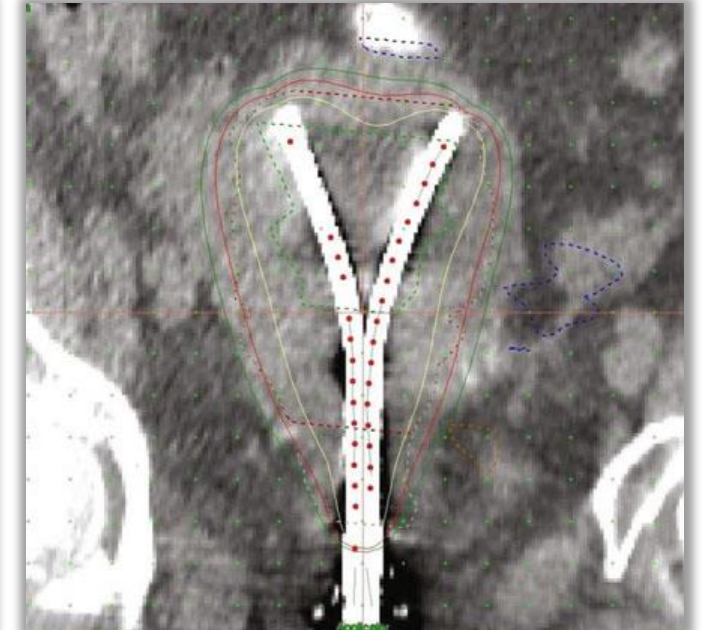
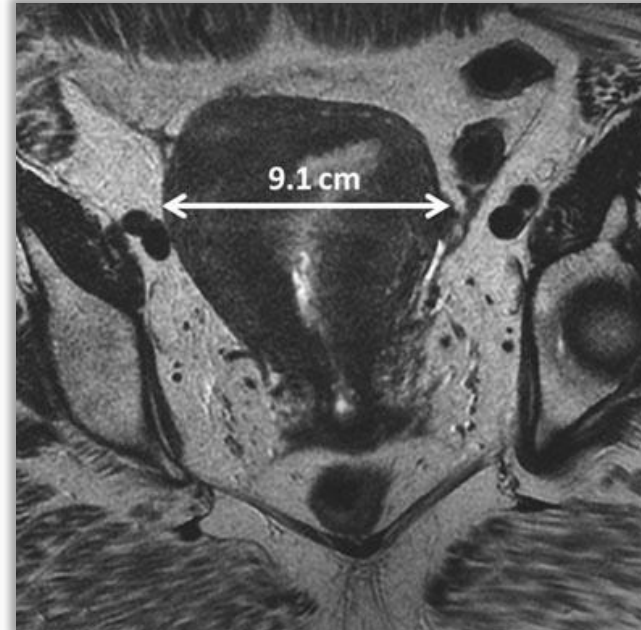
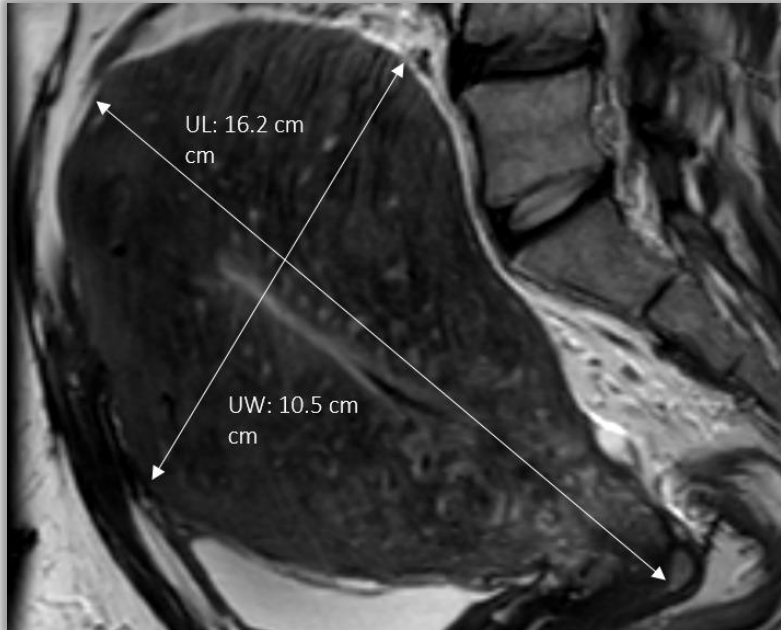
Department of Radiotherapy and Radiobiology, Medical University of Vienna, General Hospital of Vienna, Wien, Austria



- Norman-Simon aplikatörleri;
 - 4-6-8 mm çaplarında

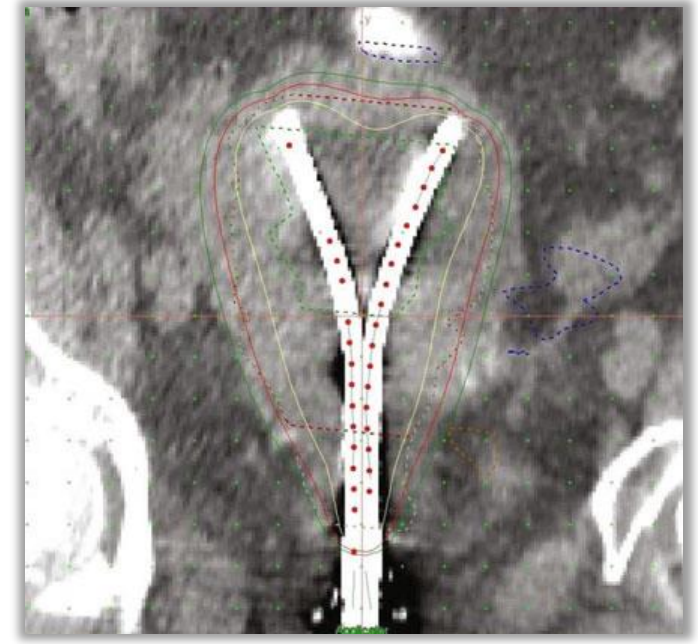
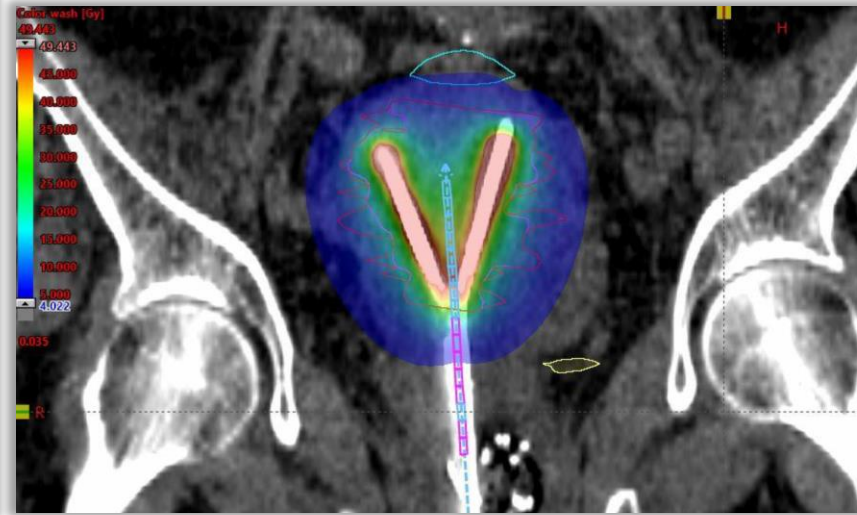
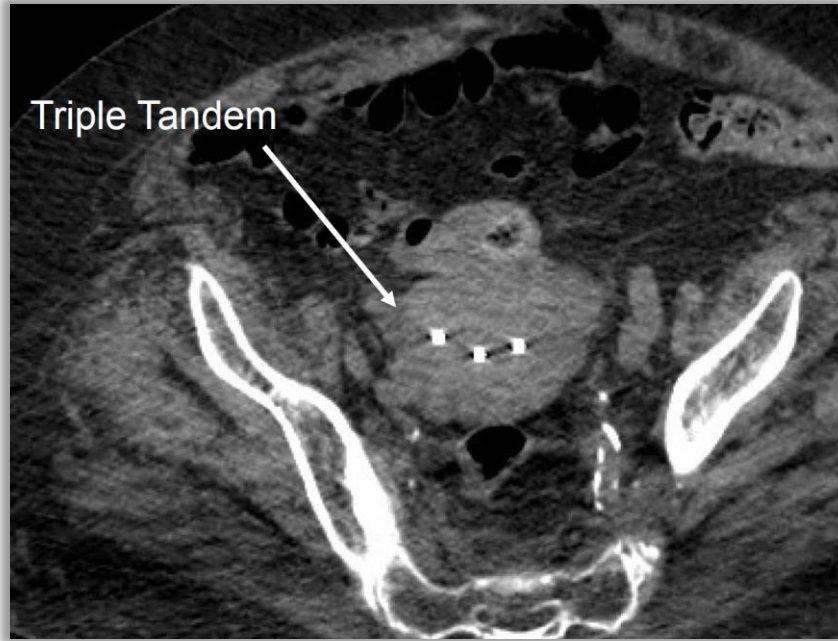
Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Ölçülmüş olan uterus boyutlarına göre tandem uzunluğu belirlenir ve uygun olan en uzun olan boyut tercih edilmelidir.
 - Uterus genişliği >4-5 cm olan hastalarda, tek tandem-silindir aplikatör kullanımı tüm uterusun eksik doz almasına neden olabilir.
 - Bu tip hastalarda Y tipi aplikatör ya da üçlü tandem aplikatör kullanılması tavsiye edilmektedir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Aplikatör seçimi hasta göre gerçekleştirilmelidir.
 - Y tipi aplikatör tek tandem aplikatöre göre lateral sarım avantajı sağlar
 - Üçlü tandem aplikatör ise hem lateral hem de anterior-posterior doğrultuda sarım avantajı sağlar



Üçlü Tandem Aplikatör

Y tipi Aplikatör

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Y tipi ya da üçlü tandem aplikatörlerin kullanıldığı durumlarda;
 - İmmobilizasyona dikkat edilmeli
 - Medikal olarak inop olan bu hastalarda anesteziye bağlı riskler
 - Çoklu perforasyon riskleri

- Modifiye Heyman packing uygulanmış hastalarda da anestezi zorunluluğu bulunmakta.
 - Anestezi altında 5-18 kapsül yerleştirilmekte.
 - İmmobilizasyona dikkat edilmeli

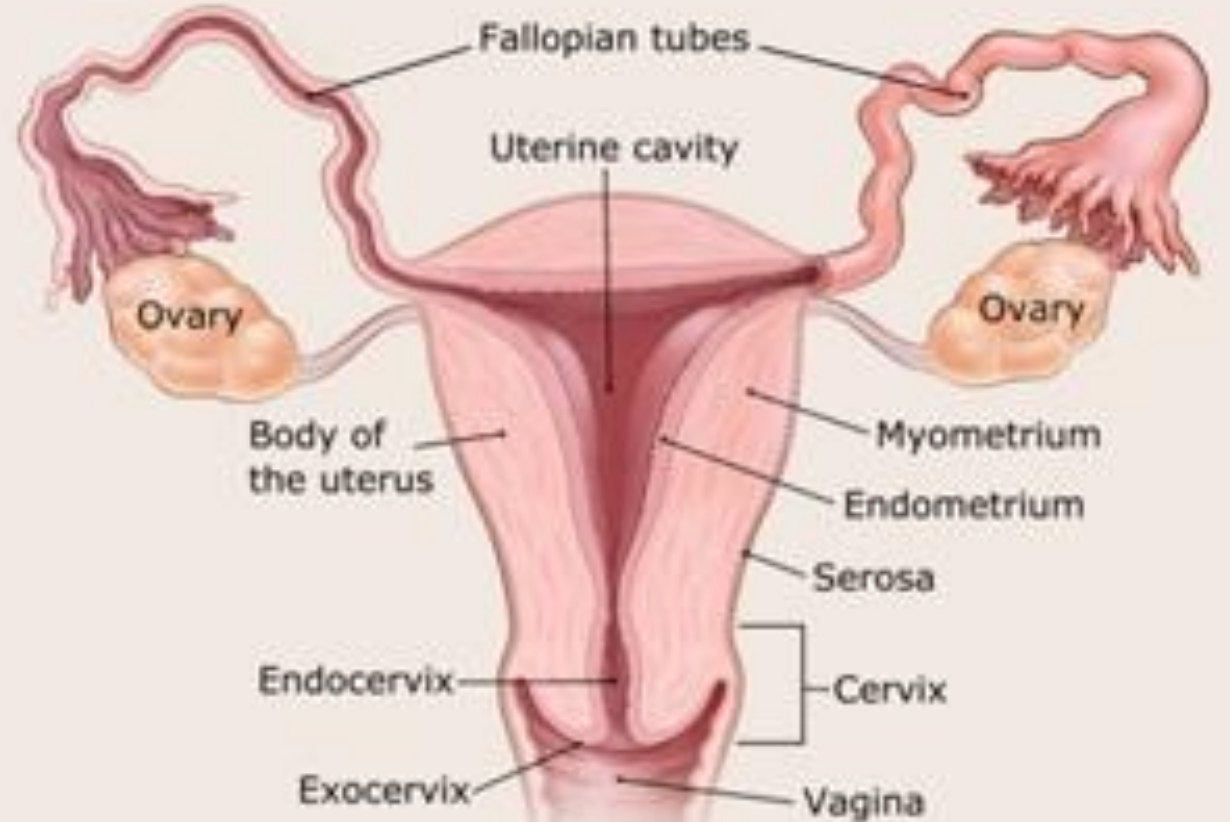
- Bazen tek tandem ve vajinal silindir aplikatör bu gibi risklerden dolayı en uygun tercih olabilmekte.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- HDR brakiterapi eksternal RT (genellikle 1,8Gy X25fr) ile birlikte boost olarak kullanıldığı durumda; eksternal RT yanıtına, hastalığın varlığı ve sağlam dokuların durumuna göre brakiterapi şeması 4-5,5 Gy / 4-5 fr şeklinde değişkenlik göstermektedir. Bu durumda:
 - CTV için EQD2'nin 45-60 Gy,
 - GTV için EQD2'nin 80-90 Gy doz alması amaçlanmaktadır.
 - (Farklı senaryolar için CTV ve GTV doz değerleri değişkenlik göstermekte, daha detaylı bilgi Ref: Schwarz vd. 2015)

- GTV: Brakiterapi esnasında görülebilen gross tümör ve tüm endometrial kavite.
- CTV: GTV+ tüm uterus + serviks + vajinanın üst 1-2 cm'i.



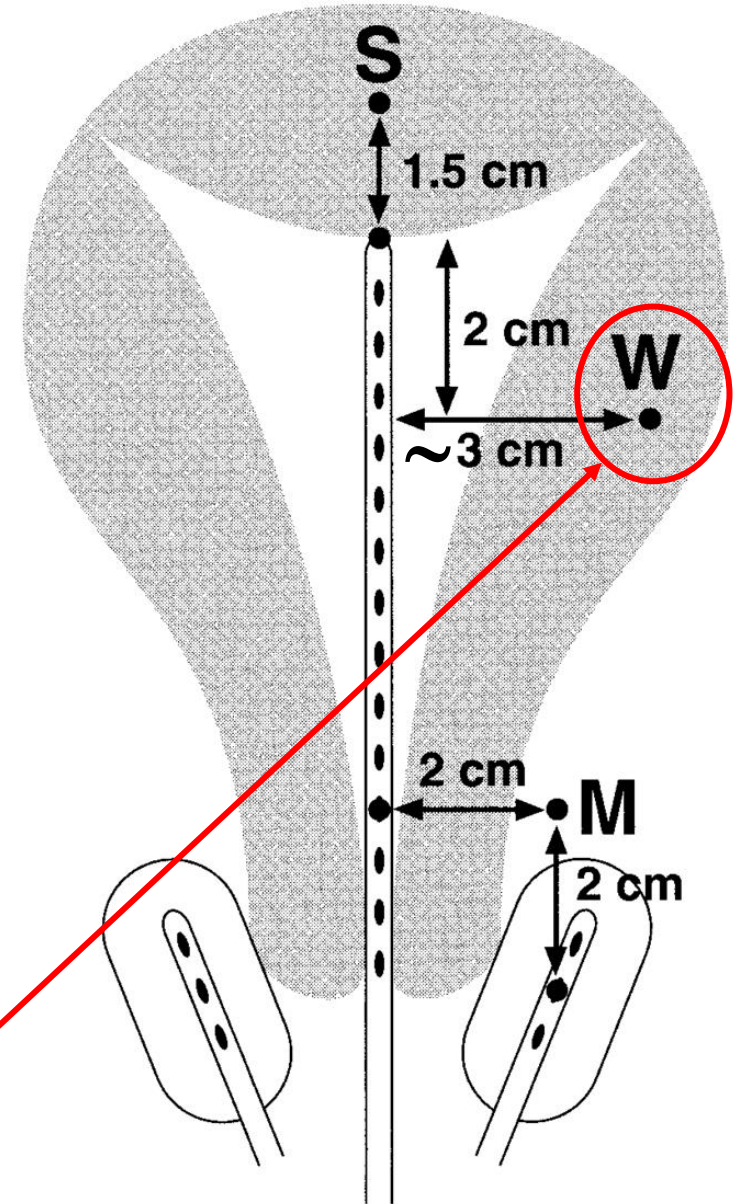
Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Brakiterapi optimizasyonu dozun W noktasına optimize edilmesiyle başlar ve CTV $D_{90} \geq \%100$ amaçlanacak şekilde rektumda $D_{2cc} EQD2 \leq 70$ Gy, Sigmoidde $D_{2cc} EQD2 \leq 70$ Gy ve mesanede $D_{2cc} EQD2 \leq 80$ Gy limitlerine göre manuel olarak optimizasyon tamamlanır.

- ABS tarafından Eksternal RT (1,8Gy X 25fr) sonrası brakiterapi için tavsiye edilen diğer doz/fraksinyasyon şemaları:
 - 8,5 Gy X 2 fr
 - 6,3 Gy X 3 fr
 - 5,2 Gy X 4 fr

- Tek başına brakiterapi kullanıldığı zaman olası doz/fraksinyasyon şemaları:
 - 8,5 Gy X 4 fr
 - 7,3 Gy X 5 fr
 - 6,4 Gy X 6 fr

W Noktası: Tandemin ucundan 2 cm inferior ve uterin duvarın 2/3'ü uzunluğunda tandem lateralindedir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları




BRACHYTHERAPY

Brachytherapy 14 (2015) 587–599

Consensus statement for brachytherapy for the treatment of medically inoperable endometrial cancer

Julie K. Schwarz^{1,*}, Sushil Beriwal², Jacqueline Esthappan¹, Beth Erickson³, Colleen Feltmate⁴, Anthony Fyles⁵, David Gaffney⁶, Ellen Jones⁷, Ann Klopp⁸, William Small Jr.⁹, Bruce Thomadsen¹⁰, Catheryn Yashar¹¹, Akila Viswanathan¹²

¹Department of Radiation Oncology, Washington University School of Medicine, St. Louis, MO
²Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh, PA
³Department of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI
⁴Department of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology, Harvard Medical School, Boston, MA
⁵Department of Radiation Oncology, University of Toronto, Toronto, ON, Canada
⁶Department of Radiation Oncology, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, UT
⁷Department of Radiation Oncology, University of North Carolina School of Medicine, Chapel Hill, NC
⁸Department of Radiation Oncology, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX
⁹Department of Radiation Oncology, Loyola University, Chicago, IL
¹⁰Department of Medical Physics, University of Wisconsin School of Medicine and Public Health, Madison, WI
¹¹Department of Radiation Medicine and Applied Sciences, University of California San Diego Moores Cancer Center, San Diego, CA
¹²Department of Radiation Oncology, Harvard Medical School, Boston, MA

Results of high-dose-rate brachytherapy alone and in combination with external beam radiotherapy for the treatment of medically inoperable endometrial cancer

Author	Year	Stage	No. of patients	Type radiation	PC/UC %	DFS/DSS %	Late complications (%)	DID (%)	
Wegner (2010)	1997–2008	I	19	HDR ± EBRT	75%	73 (3 yrs)	8	NR	
		II	5						
		III	2						
Inciura (2010)	1995–1998	I	14	HDR ± EBRT	72%	73	0	48	
		II	9						
		III	6						
Coon (2008)	1997–2007	I	42	HDR ± EBRT	93%	87	0	30	
		II	5						
		III	2						
Niazi (2005)	1984–2003	I	29	HDR ± EBRT	71%	90	8	37	
		II	9						
Nguyen (1998)	1989–1997	I	36	HDR	88.0 (3 years)	85.0 (3 years)	14.7 ^a (3 years)	53.3	
Kucera (1998)	1981–1992	I	228	HDR	82.5	85.4	4.6	NR	
Knocke (1997)	1981–1992	I–II	272	HDR	75.4	76.6	5.2 ^a	37.1	
		IA	116		86.0	84.9			
		IB	119		68.8	73.3			
		II	37		60.5	68.6			
		III	15		33.3				
Nguyen (1995)	1984–1992	I–II	27	HDR ± EBRT	85.0	76.0	11.0		
		I	20						95.0
		II	7						21.0 (8 years)
Rotte (1990)	1972–1988	I–III	227	HDR		74.0			
		I	103						79.6
		II	109						74.3
		III	15						33.3
Sorbe (1989)	1977–1986	I	91	HDR	88.0	72.4	6.6 ^b		

DFS/DSS = 5-year disease-free survival estimate (except as noted); DICD = death from intercurrent illness; PC/UC = 5-year estimate of pelvic control/uterine control (except as noted); late complications = Grade 3 or greater reported at the time of the original publication was completed except as noted.

Note. Results from the literature from 1998 forward have been added to summary tables previously reported and reproduced with permission from Nguyen and Petereit (30).

^a Actuarial data.

^b Late complications Grade 3 or greater in this series of patients are combined with results from patients who received radiation followed by hysterectomy. Late complication rate is reported for the entire series and is related to dose per fraction, 0% in the group of patients who were treated with 7 Gy or less per fraction and 15% in the group of patients who were treated with 12 Gy per fraction.

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları



Brachytherapy 11 (2012) 33–46

BRACHYTHERAPY

American Brachytherapy Society consensus guidelines for locally advanced carcinoma of the cervix. Part I: General principles

Akila N. Viswanathan^{1,*}, Bruce Thomadsen²,

American Brachytherapy Society Cervical Cancer Recommendations Committee

¹Brigham and Women's Hospital and Dana-Farber Cancer Institute, Harvard Medical School, Boston, MA

²University of Wisconsin, Madison, WI



Brachytherapy 11 (2012) 47–52

BRACHYTHERAPY

American Brachytherapy Society consensus guidelines for locally advanced carcinoma of the cervix. Part II: High-dose-rate brachytherapy

Akila N. Viswanathan^{1,*}, Sushil Beriwal², Jennifer F. De Los Santos³, D. Jeffrey Demanes⁴,
David Gaffney⁵, Jorgen Hansen¹, Ellen Jones⁶, Christian Kirisits⁷, Bruce Thomadsen⁸,
Beth Erickson⁹

¹Department of Radiation Oncology, Brigham and Women's Hospital and Dana-Farber Cancer Institute, Harvard Medical School, Boston, MA

²Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh, PA

³Department of Radiation Oncology, University of Alabama, Birmingham, AL

⁴Department of Radiation Oncology, David Geffen School of Medicine UCLA, Los Angeles, CA

⁵Department of Radiation Oncology, Huntsman Cancer Center, University of Utah, Salt Lake City, UT

⁶Department of Radiation Oncology, University of North Carolina, Chapel Hill, NC

⁷Department of Radiotherapy, Medical University of Vienna, Vienna, Austria

⁸Departments of Medical Physics and Human Oncology, University of Wisconsin, Madison, WI

⁹Department of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI

Medical Radiology · Radiation Oncology
Series Editors: L.W. Brady · S.E. Combs · J.J. Lu

Paolo Montemaggi
Mark Trombetta
Luther W. Brady *Editors*

Brachytherapy

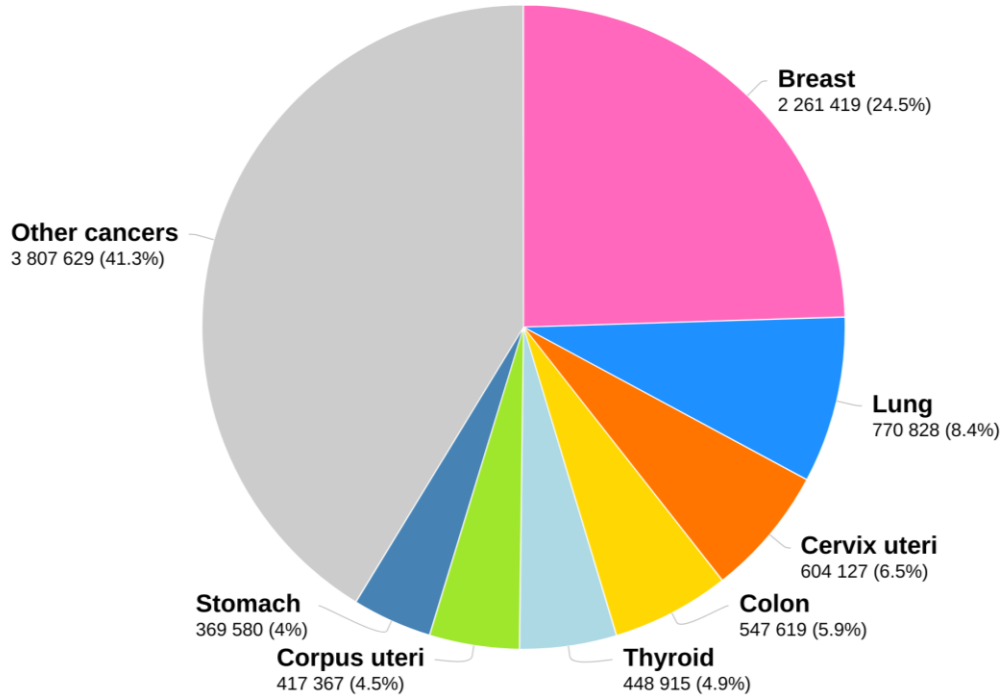
An International Perspective

Springer

Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Serviks kanseri, kadınlar için dünyada karşılaşılan en sık 3. kanser türüdür.
- Lokal ileri ve medikal inop erken evre serviks kanserlerinde brakiterapi önemli rol oynar.

Estimated number of new cases in 2020, World, females, all ages

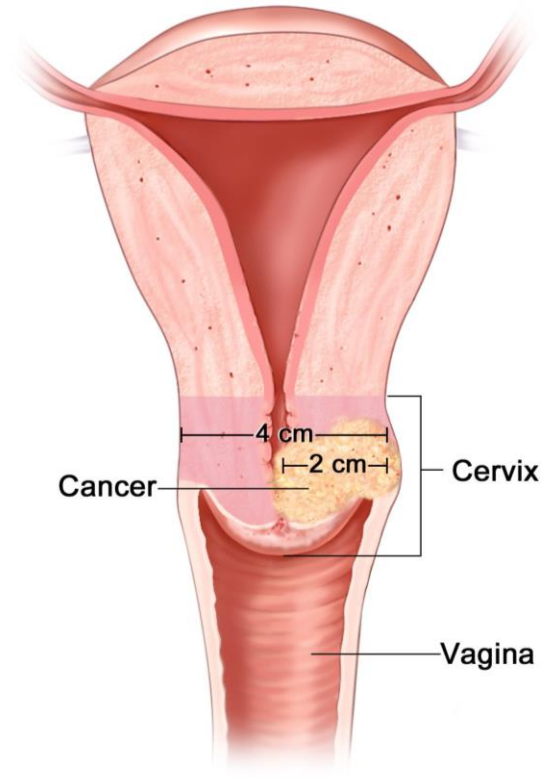


Data source: Globocan 2020
Graph production: Global Cancer
Observatory (<http://gco.iarc.fr>)

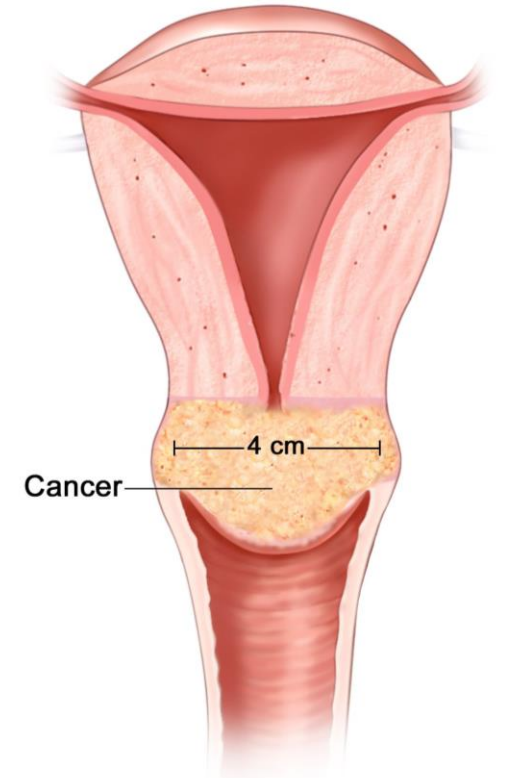
Total : 9 227 484

International Agency for Research on Cancer
World Health
Organization

Stage IB2 Cervical Cancer



Stage IB3 Cervical Cancer



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Brakiterapi prosedürü öncesi ve prosedür için bir check list (ABS, 2012)
- İlk brakiterapi prosedüründen önce hekim hastayı jinekolojik olarak muayene eder ve bu muayenede
 - Anatomi hakkında
 - Kalan tümör hakkında
 - Medikal faktörler hakkında bilgi sahibi olur.
- Elde etmiş olduğu bilgiler neticesinde uygulamada hangi aplikatörü kullanacağına karar verir.

Table 1

Checklists listing items recommended as part of the preprocedural and procedural process

Preprocedural checklist

- Initial history and physical examination
 - Gynecologic examination with documentation of examination kept in chart.
 - Laboratory values before chemotherapy administration:
 - Complete blood count with differential,
 - Creatinine and blood urea nitrogen, and
 - Sodium, potassium, glucose, liver function tests.
- Diagnostic staging studies.
- Anesthesia assessment.
- Medication assessment (query about anticoagulants).
- Bowel preparation information reviewed.
- Day before instructions given to patient (e.g., nothing by mouth after midnight).

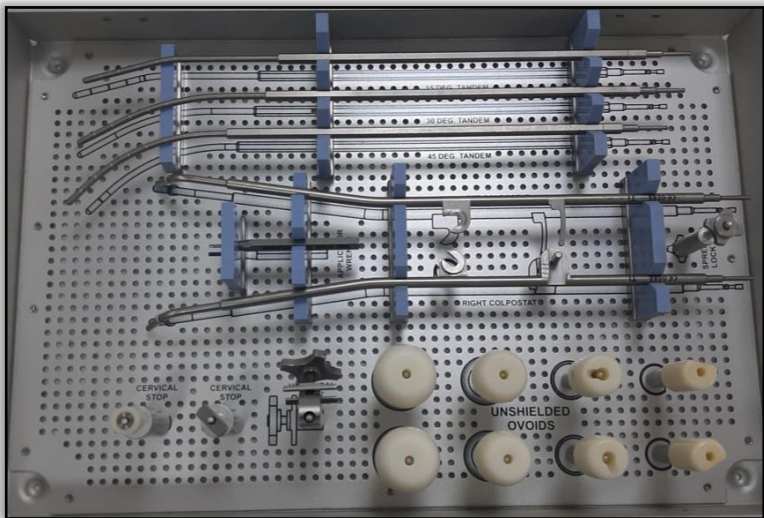
Procedure checklist

- Consents present in the chart.
- IV access obtained.
- Anesthesia administered.
- Examination under anesthesia at the time of brachytherapy:
 - Document disease extension in drawing.
- Dilution of cervical os; ultrasound use if insertion is difficult.
- Smitt sleeve placement if preferred.
- Applicator placement.
- Caution that applicator does not slip.
- Packing.
- Imaging (CT, MRI, plain radiographs).
- Prescription.
- Treatment planning.
- Documentation of OAR (sigmoid, rectum, bladder) doses in chart.
- QA checks.
- Treatment delivery.
- Dictation of treatment administered.
- Applicator removed.
- Posttreatment care:
 - Followup scheduled.

IV = intravenous; CT = computed tomography; MRI = magnetic resonance imaging; OAR = organs at risk.

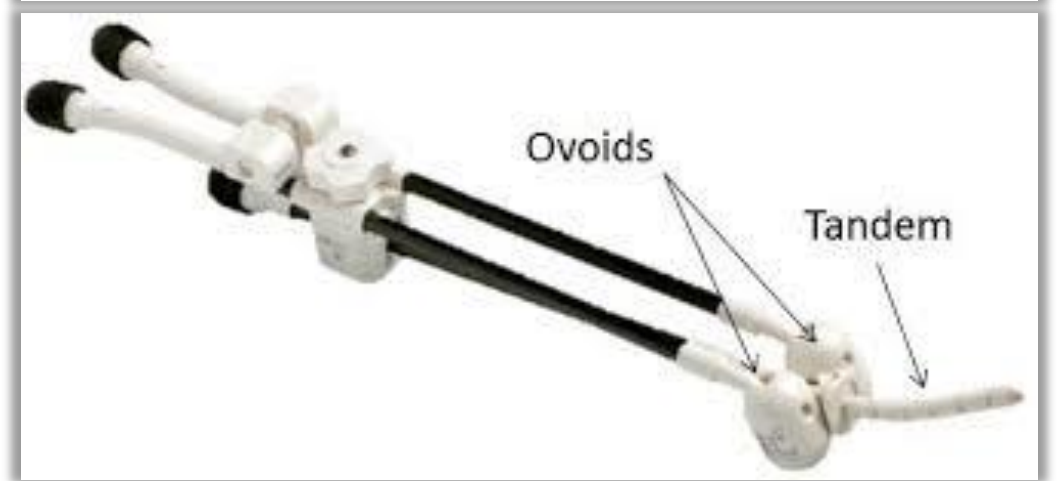
Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Serviks kanseri brakiterapisinde çeşitli aplikatör seçenekleri mevcuttur;
 - Tandem-Ovoidler
 - Tandem-Ringler
 - Tandem-Silindirler
 - Tandem- Ovoid ya da Ring (intersitisyel iğneler ile birlikte)



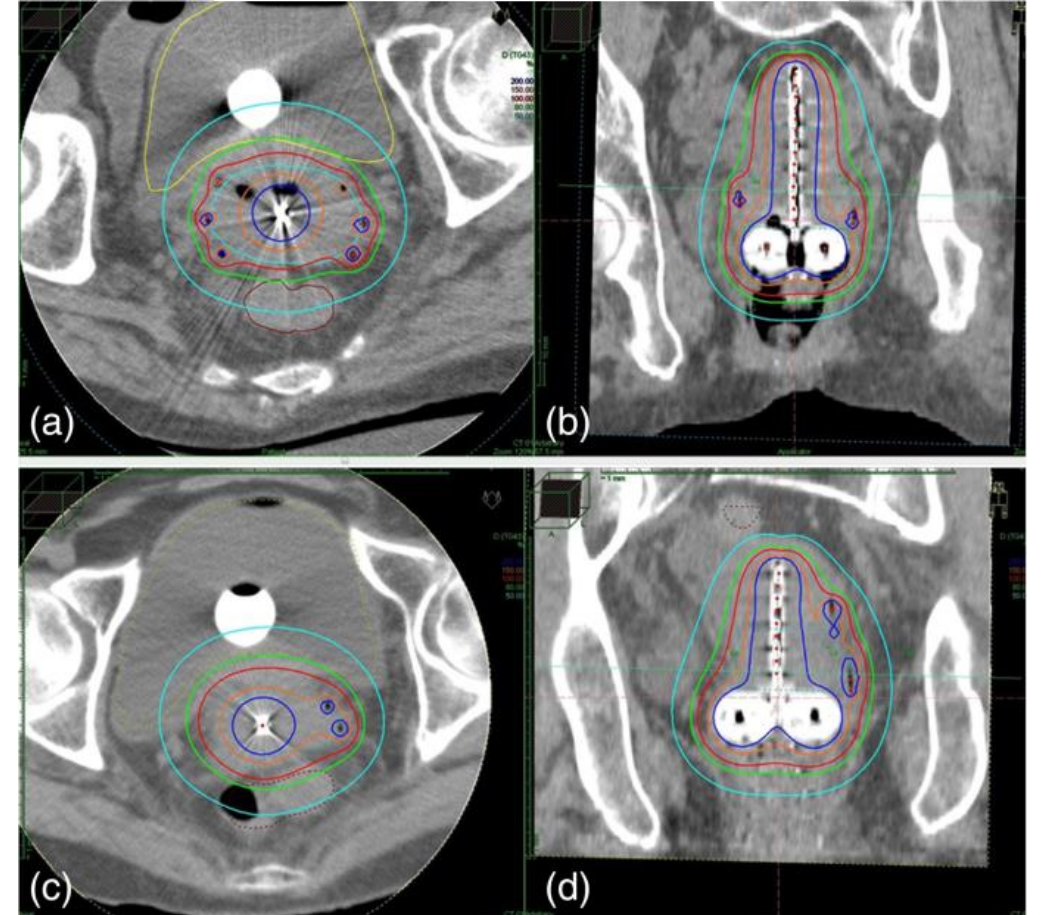
Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Çoğu hastanın brakiterapisi tandem-ring ya da tandem-ovoid aplikatör tiplerinin kullanıldığı intrakaviter teknik ile tamamlanmıştır.
- Tandem-ring aplikatörlerin en önemli avantajları kolay yerleştirilebilir olmaları ve tekrarlanabilir geometride olmalarıdır.
- Fakat tandem-ovoid aplikatörler ile karşılaştırıldığında;
 - Vajinal yüzey dozunu arttırabilirler
 - Daha düşük lateral doz atımına sahipler
 - Dar vajinaya sahip hastalara uygun olmama durumu söz konusu



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- İtrakaviter aplikatörler ile kıyaslandığında, intrakaviter-intersitisel hibrit aplikatörler;
 - Lateral doz sarımında (rezidüel bulky merkezi ya da medial parametrial hastalık)
 - Asimetrik serviks tümörlerinde
 - Hedefin yeterli oranda sarılması için riskli organ dozlarının düşük kalmasında avantaj sağlamaktadır.
- İtrakaviter-intersitisel hibrit aplikatörler lateral sarım konusunda avantaj sağlasa da bu sarım avantajının maksimum menzili genellikle 1 cm ile sınırlıdır. Yine de;
 - lateral parametrium ve vajinanın distal yarısına, mesaneye veya rektumun distal yarısına uzanan rezidüel hastalığı olan veya bozuk anatomi nedeniyle endoservikal kanalın yerleştirilemediği hastalarda tercih edilen tedavidir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Tandem-silindir aplikatörler üst vajendeki daralma nedeniyle tandem-ring ya da ovoid yerleştirilemeyen hastalarda veya alt vajende 5 mm'den az kalınlığa sahip yüzeysel hastalığı olan hastalarda kullanılmaktadır.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- İnttrakaviter brakiterapi uygulamalarında tandem yerleştirilebilmesi için öncesinde endoservikal kanalın dilatasyonu gerekmektedir.
 - Bu işlem ya genel anestezi altında tamamlanıp ilk fraksiyonda Smit sleeve yerleştirilmesi, daha sonraki uygulamalar oral analjezi veya bilinçli sedasyon ile veya genel anestezi altında seri dilatasyonlar veya her fraksiyon için bilinçli sedasyon ile yapılabilir.

Widening of cervical canal with dilator



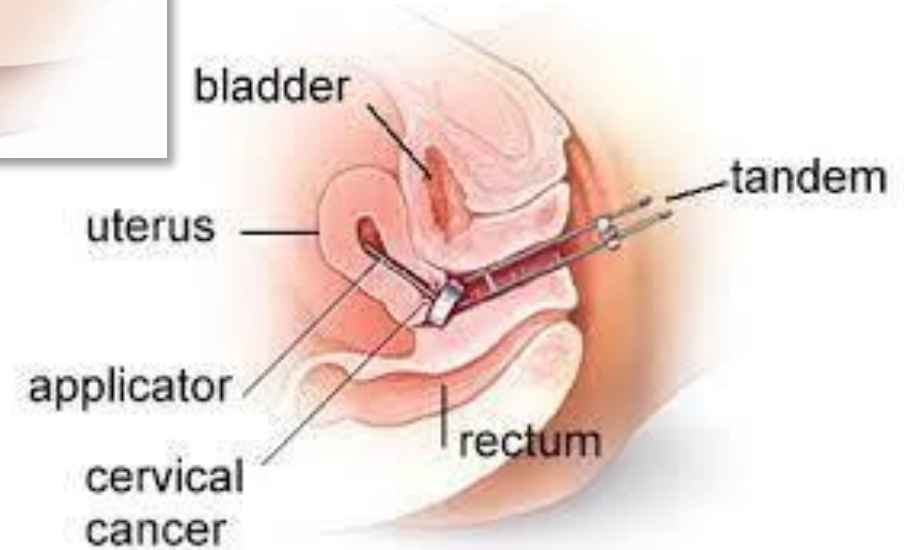
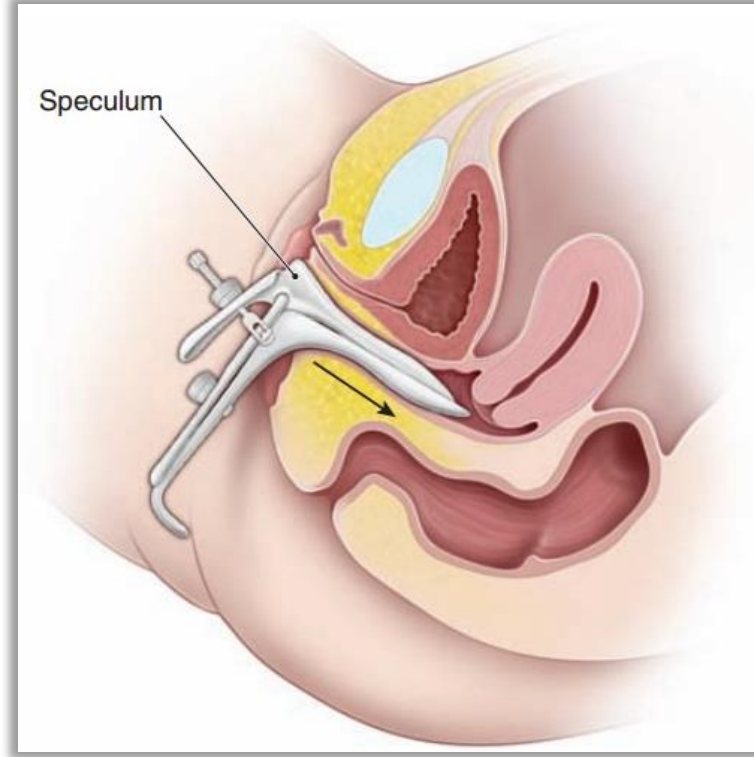
Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Hasta dorsal litotomi pozisyonunda konumlandırılır ve mesaneye sonda yerleştirilir.
 - Ultrasonun kullanıldığı zorlu aplikasyonlarda uterus ve serviksin görünürlüğünün arttırılması için mesane serum fizyolojikile (~200 cc) doldurulabilir.
- Rektal şişkinliğin minimum olması için prosedür öncesinde hastaya düşük kalıntılı (?) diyet tavsiye edilir.
- Rektosigmoid ve mesane kontrastı MR için gerekli olmasa da CT tabanlı planlama için faydalı olabilmektedir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Vajen içerisine serviksin görülebilmesi amacıyla steril spekulum yerleştirilir.
- Sonrasında uterusun açısı ile uyumlu olan tandem (öncesinde MR'da ölçümler gerçekleştirilir) yerleştirilir.
- Sonrasında da hastanın tölare edebileceği en geniş ring ya da ovoid aplikatörler yerleştirilir ve rektal retraktör yerleştirme ya da uygun packing işlemi gerçekleştirilir.
- Bu işlemlerden sonra uygun bir sabitleme aletiyle sabitleme gerçekleştirilir.



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Üç boyutlu planlamanın iki boyutlu nokta tabanlı planlamaya oranla belirgin avantajları bulunmaktadır.
 - Perforasyon olup olmadığının belirlenmesi
 - Daha iyi tümör sarımı
 - Kritik organlardaki belirgin doz düşüşü
- MR tabanlı planlama yumuşak dokunun belirlenmesinde ve GTV ve CTV'nin belirlenmesinde oldukça fazla avantaj sunmaktadır.
- Kesit kalınlığı 1-5 mm



Klinikte Brakiterapi Uygulamaları

- Planlama işlemi kaynak yolunun belirlenmesi ile başlar ve optimizasyon ile devam eder.
 - ABD’de en sık kullanılan rejim;
 - 45 Gy EBRT (olasılıkla yan duvar boostu ile birlikte) eşzamanlı sisplatin tabanlı kemoterapi ile birlikte
 - 5,5 Gy X 5 fr (tam yanıt ya da < 4 cm rezidü hastalık)
 - 6 Gy X 5 fr (EBRT sonrası >4 cm tümör kalan hastalar)

Table 1
Examples of regimens frequently used in the United States for tandem and ovoid or tandem and ring brachytherapy

EBRT, dose to ICRU 52 point or median dose in case of IMRT	Fractionation to point A (Gy)	EQD2 (Gy) to the tumor (point A dose with $\alpha/\beta = 10 \text{ Gy}$) ^a	EQD2 (Gy) with 90% of the target dose to the OAR using $\alpha/\beta = 3 \text{ Gy}$	EQD2 (Gy) with 70% of the target dose to the OAR using $\alpha/\beta = 3 \text{ Gy}$
25 × 1.8 Gy	4 × 7 Gy	83.9	90.1	74.2
25 × 1.8 Gy	5 × 6 Gy	84.3	88.6	73.4
25 × 1.8 Gy	6 × 5 Gy	81.8	83.7	70.5
25 × 1.8 Gy	5 × 5.5 Gy	79.8	82.6	69.6

ICRU 52 = International Commission of Radiation Units Report 52; IMRT = intensity modulated radiation therapy; EBRT = external-beam radiotherapy; EQD2 = normalized therapy dose; OAR = organs at risk.

^a For institutions that use radiographic imaging for treatment planning, these doses (e.g., D_{90}) are recorded at point A. For institutions that use computed tomography or magnetic resonance imaging, these doses are recorded covering the target volume or high-risk clinical target volume.

Table 2
Dose limits to the target and to the organs at risk

Dose specified to	Radiographs	3D imaging
Point A	5 × 5–6 Gy	Variable
D_{90}		≥80–≤90 Gy EQD2
ICRU point bladder	5 × ≤3.7 Gy	
ICRU point rectum	5 × ≤3.7 Gy	
D_{2cc} bladder		≤90 Gy EQD2
D_{2cc} rectum		≤75 Gy EQD2
D_{2cc} sigmoid		≤75 Gy EQD2

EQD2 = normalized therapy dose; 3D = three dimensional.

Dinlediğiniz için teŝekkür ederim...