



Gonca HANEDAN USLU^{1, a}
Mehmet EREN^{1, b}
Sema YILMAZ RAKICI^{1, c}

¹ Recep Tayyip Erdoğan
Üniversitesi,
Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi Ana
Bilim Dalı,
Rize, TÜRKİYE

^a ORCID: 0000-0002-9722-9607

^b ORCID: 0000-0002-2936-7901

^c ORCID: 0000-0002-5543-9761

Geliş Tarihi : 08.06.2022
Kabul Tarihi : 30.09.2022

Yazışma Adresi Correspondence

Gonca HANEDAN USLU
Recep Tayyip Erdoğan
Üniversitesi,
Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi Ana
Bilim Dalı,
Rize - TÜRKİYE

gonca.uslu@erdogan.edu.tr

Lomber Vertebra Metastazı ve Üç Farklı Radyoterapi Plan Tekniği: Dozimetrik Çalışma

Amaç: Radyoterapi (RT) uygulamalarında geçmişten günümüze birçok teknoloji ve planlama sistemleri geliştirilmiştir. Ortak amaç hedef volüme en yüksek dozu verirken, hedefe yakın normal dokuların en az doz almasını sağlamaktır. Bu doğrultuda hastaya en uygun RT cihaz-planlama sistemini seçerken kendi kliniğimizde bulunan yöntemlerin karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: RT uygulanmış T12-L5 vertebra kemik metastazlı 10 hastanın tedavi simülasyon tomografileri kullanıldı. Her hastanın hedef ve normal doku volümleri aynı radyasyon onkoloğu tarafından konturlandı. Klinik Hedef Volüm (CTV) olarak T12-L5 vertebra kemikleri, 0.5 cm her yöne marj verilerek de Planlanan Hedef Volüm (PTV) oluşturuldu. Üç Boyutlu Konformal RT (3B-KRT), Yoğunluk Ayarlı RT (YART) ve Volümetrik Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi (VMAT) teknikleri ile her hastaya üç ayrı plan aynı uzman radyasyon onkoloğu fizikçisi tarafından yapıldı. Toplam 30 plan çalışıldı. Günlük 200 cGy fraksiyon ile toplam 40 Gy doz şeması kullanıldı. Konformalite indeksi (CI), homojenite indeksi (HI), Medulla Spinalis (MS), Sağ ve Sol Böbrek dozları karşılaştırıldı. Monitör Unit (MU) ve PTV dozlarına da bakıldı.

Bulgular: PTV 40 ortalama doz YART'de daha düşük, D%5 3B-KRT planında en yüksek olarak anlamlı fark ile tespit edildi ($p<0.001$). HI ve MS maksimum dozları planlar arası anlamlı farklılık göstermedi ($p>0.001$). CI, sağ böbrek ve sol böbrek ortalama dozları ise planlar arası anlamlı farklılık gösterdi ($p<0.001$). En düşük MU değeri 3B-KRT planında elde edildi ($p<0.001$).

Sonuç: Özellikle lomber vertebra gibi kemik metastazları palyasyonu için RT uygulamalarında 3B-KRT, YART ve VMAT sistemlerinden hangisi kliniklerde mevcut ise kullanılabilir, seans süresi daha kısa, olduğu için bu hastaların ek böbrek sorunları yok ise 3B-KRT ucuz fiyat ödemesi nedeniyle ilk tercih edilen plan olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Radiotherapy, vertebra metastazı, planlama teknikleri

Lumbar Vertebra Metastasis and Three Different Radiotherapy Plan Techniques: Dosimetric Study

Objective: Different statistical methods are used to evaluate the performance of risk prediction models. Many technologies and planning systems have been developed in radiotherapy (RT) applications from past to present. We aimed to compare these systems and compare the methods available in our clinic when choosing the most suitable-cheap device-planning system for the patient.

Materials and Methods: Treatment simulation computed tomography of 10 patients with T12-L5 vertebral bone metastases treated in our clinic were used. Target and normal tissue volumes of each patient were contoured by the same radiation oncologist. As Clinical Target Volume (CTV), T12-L5 vertebral bones and 0.5 cm margins in all directions were given and Planning Target Volume (PTV) was created. Three separate plans were made for each patient by the same expert radiation oncology physicist with 3D-CRT (three-dimensional (3D) radiotherapy), IMRT (intensity modulated radiation therapy) and VMAT (volumetric modulated arc therapy) techniques. In total, 30 plans were studied. A total dose schedule of 40 Gy with a daily fraction of 200 cGy was used as the treatment dose. Homogeneity index (HI) and conformance index (CI) were calculated. Medulla spinalis (MS) and renal doses from normal tissues were compared. In addition, total Monitor Unit (MU) and PTV doses were also examined.

Results: PTV40 mean doses were lower in IMRT, and D5% doses were highest in 3D-CRT plan ($p<0.001$). While there was no significant difference between HI and MS max plans ($p>0.001$), CI, right kidney mean and left kidney mean doses showed significant differences ($p<0.001$). The lowest MU value was obtained in the 3D-CRT plan ($p<0.001$).

Conclusion: In RT applications, especially for the palliation of bone metastases such as the lumbar vertebra, each clinic can easily use 3D-CRT, IMRT and VMAT systems, if available. In addition, since the session duration is shorter, 3D-CRT can be used in patients if there is no additional renal disease.

Key Words: Radiotherapy, vertebral metastasis, planning techniques

Giriş

Son yıllarda artan kanser tedavisindeki gelişmeler nedeniyle hastalar daha uzun yaşamaktadır ve uzun takip sürelerinde kemik metastazları da daha sık görülmektedir. Yaklaşık üç hastanın birinde kemik metastazları gelişir, bu hastaların da yaklaşık %70'i vertebra kemiklerindedir (1, 2). Kemik metastazlarına en sık meme, akciğer, prostat

kanserleri neden olur (3). Kolon Kanserinde vertebral metastazı (VM) tüm metastazlar içerisinde akciğer ve karaciğer metastazından sonra en sık görülen bölgedir ve lomber bölgede en sık görülür. Kemik metastazları tedavisi; semptomlara (ağrı, uyuşma gibi), tümör türüne, hastanın genel durumuna, tutulu vertebra sayısına, bir vertebranın 1/3 den fazlasının tutulup tutulmamasına, spinal kanala bası varlığına göre karar verilir (4). Tedavi modalitesini medikal tedaviler, cerrahi ve RT oluşturur. Cerrahi tedavi agresif bir tedavi olduğu için genellikle RT ve medikal tedavi en sık uygulanan tedavi şeklidir. RT ile yaşam kalitesini daha fazla bozmamak, vertebra yakınındaki normal dokuları da en iyi şekilde korumak için uygun şemalar hastalara göre seçilir. En sık 300 cGy ile 10 fraksiyon, 200 cGy ile 20 fraksiyon, 800 cGy ile 1 fraksiyon kullanılır (5).

Bu çalışmada lomber VM RT'sinde uygulanan 3B-RT, YART ve VMAT tekniklerinde doz homojenite indeksi (HI), (CI) ve (MU) karşılaştırıldı. Ayrıca PTV ortalama ve maksimum dozları, sağ böbrek, sol böbrek ortalama dozları ve MS maksimum dozlarının karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem

Araştırma ve yayın Etiği: Çalışma E-40465587-050.01.04-500 sayı ve 2022/175 no ile Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Etik Kurul onayı ile yürütüldü.

Tedavi edilen VM tanılı 10 hastanın T12-L5 vertebra bölgesine Toshiba^R Aquilion LB model, fow genişliği 80 cm olan BT simülör cihazında çekilen simülasyon tomografileri kullanıldı. Elde edilen görüntüleri Varian^R marka 13.6 version Eclipse konturlama sistemine aktarıldı.

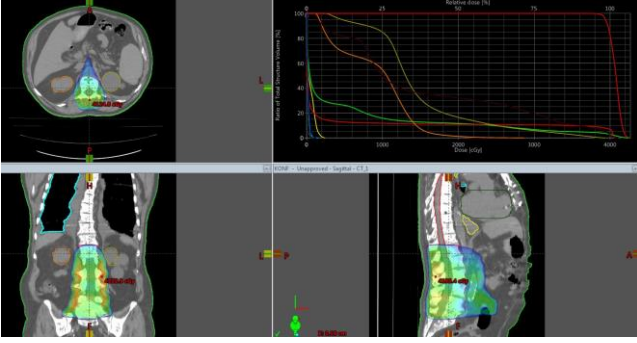
Her hastanın hedef ve normal doku volümleri ayrı ayrı konturlandı. Şekil 1'de tedavisi planlanan hastanın örnek bir hastada hedef ve normal doku volümleri görünmektedir. MS ve her iki böbrekler riskli organ olarak tanımlandı. Torakal 12-Lomber 5 vertebra kemiklerinin tamamı CTV, tüm eksenlerde 0.5 cm marj verilerek PTV oluşturuldu. Konturlanması tamamlanan BT görüntüleri Varian^R marka 13.6 version Eclipse Tedavi Planlama Sisteminde 3B-KRT, YART ve VMAT teknikleri ile her hastaya üç ayrı plan yapıldı. Toplam 30 plan yapıldı. Bütün tedavi planlarında hedefe verilen dozun en az %95'nin PTV hacmin en az %95 'ini alması sağlandı.



Şekil 1. Örnek bir hastada tedavisi planlanan hastanın hedef ve normal doku volümleri. CTV: Kırmızı, PTV: Pembe, sağ böbrek: koyu mavi, sol böbrek; mavi, medulla spinalis; turuncu.

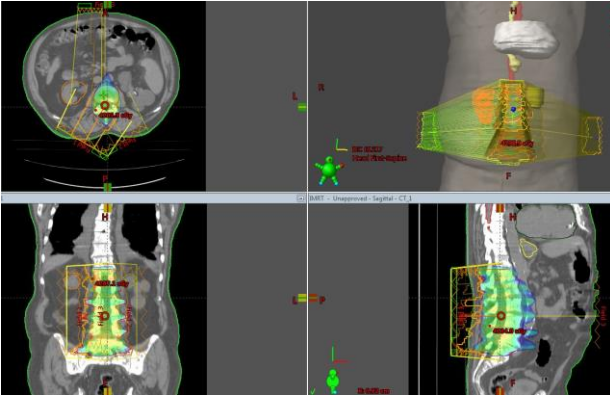
Plan ve Doz Tanımlamaları: Hedef doz reçetesi 200 cGy fraksiyon ile toplam 40 Gy verildi. Hedef ve normal dokuların aldığı dozların karşılaştırmalarında doz volüm histogramları (DVH) kullanıldı. MS, her iki böbreğin maksimum ve ortalama dozları, MU, PTV ortalama, PTV maksimum, D%95, D%5, CI ve HI gibi dozimetrik parametreler karşılaştırıldı. Tüm planlar için Varian Eclipse 13.6 tedavi planlama sistemi yapıldı. Tüm planlar reçete edilen 40 Gy'in %95 i PTV ye normalize edilerek hesaplandı.

3B-KRT Planı: Mercedes olarak bilinen geleneksel 3 alan tekniği ile yapıldı. Bir ön alan Gantri 0°, diğer ikisi de arka oblik olmak üzere Gantri 210° ve 150° açılarından alanlar oluşturuldu. MLC, PTV etrafında 8 mm marj ile konumlandırıldı. Oluşturulan alan açıları belirlenirken böbrekler BEV (Beam eye view) penceresinden takip edilerek mümkün olduğunca alan dışında bırakılmaya çalışıldı. Bu yüzden bütün 3B-KRT planlarında gantri açıları değişiklik gösterdi. Tedavi planlarının doz homojenitesini arttırmak için genelde 60°'lik manuel Wedge'ler kullanıldı. Doz hesaplamalarında Anisotropic Analytic Algorithm (AAA) kullanıldı. Hedefte oluşan soğuk doz bölgelerini engellemek için gerektiğinde normalizasyon bazı planlarda %98 olarak değiştirildi (Şekil 2).



Şekil 2. 3B-KRT plan, %95 doz dağılımı izodoz ve DVH.

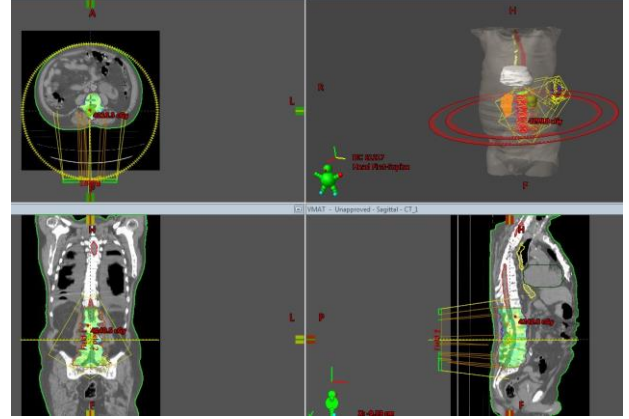
YART Planı: Demet alanları bir adet gantri 0° , iki adet gantri 210° ve 150° şeklinde açılıdırıldı. Kullanılan kolimatör açıları çoğunlukla 0° olmakla beraber böbrekleri daha iyi korumak amacı ile kolimatör açıları her plan için değiştirildi. Daha iyi bir doz sarımı elde etmek amacı ile YART planlamalarında PTV etrafına 1 mm optimizasyon konturu oluşturuldu. Konturların dış pürüzlerini ve varsa nokta kalıntılarını temizlemek için planlamanın "post processing" seçeneği kullanıldı. Her bir alanın doz hızı 300 MU/dk olarak seçildi. Alan merkezi PTV olarak ayarlandı. Bu planlarda photon optimizör (PO) algoritması kullanıldı. Doz saçaklarını engellemek ve daha homojen doz dağılımını oluşturmak için normal tisiu objective (NTO) seçeneği kullanıldı. NTO' da dozun alan sınırından 3 mm sonra keskin doz düşüşünü sağlamak amacıyla NTO prioriti 150 olarak seçildi. Grid size 2.5 mm seçildi. Kritik organların aldığı doz limitler içerisinde kalacak şekilde tedavi planları yapıldı (Şekil 3).



Şekil 3. YART plan, %95 izodoz dağılımı ve alanlar

VMAT Planı: PTV 1 mm marjin ile oluşturulan optimizasyon konturu, plan merkezi olarak seçildi. Açılan ark alanlarından biri saat yönünde 181° - 179° aralığında diğeri ise saat yönünün tersi 179° - 181° açı aralığında olmak üzere, tek merkezli toplam 2 tam (360°) ark alanı seçildi. Multileaf kolimatör (MLC) arasındaki sızıntıyı azaltmak için kolimatör açıları 30° ve 330° yapıldı. Kullanılan demet enerjileri 6 MV, doz hızı 600-0 MU/dk aralığında seçildi. Doz hesaplama algoritması PO algoritması idi. Grid size 2.5 mm ve doz saçaklarını engellemek ve daha homojen doz dağılımını oluşturmak için NTO kullanıldı. NTO' da dozun alan sınırından 3 mm

sonra keskin doz düşüşünü sağlamak amacıyla prioriti 150 olarak seçildi, kritik organların mümkün olduğunca az doz almaları sağlandı. Hedef ve kritik organ dozlarına DVH' den bakıldı, hedef içerisinde varsa soğuk alanlar veya sıcak alanlar optimizasyon sayfasına dönüp plan tekrar optimize edildi (Şekil 4).



Şekil 4. VMAT plan, %95 izodoz dağılımı

Plan Değerlendirme: Her bir hasta için yapılan 3B-KRT, YART ve VMAT planları için toplam MU, CI ve HI açısından karşılaştırma yapıldı. Hesaplamalarda ICRU 62 raporu kullanıldı (6). Ayrıca tüm planlarda sağ böbrek ve sol böbrek ortalama dozları, MS maksimum doz karşılaştırmaları yapıldı.

CI tanımı:

$$CI = TV/PTV$$

TV: Tedavi edilen volüm

PTV: Planlanan hedef volüm

CI'nin ideal değeri $0 < CI \leq 1$, konfirmite indeksi 1'ne kadar yakın ise doz dağılımının o kadar ideal olduğu sonucuna varılır.

HI tanımı:

$$HI = D5\%/D95\%$$

D5%; PTV ni %5 deki minimum doz,

D95%; PTV nin %95 deki minimum doz

Bu formül için ideal değer 0'dır. Bu değer arttıkça plan homojenlikten uzaklaşır (7).

İstatistik Analiz: Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Planlara göre normal dağılım verilerin karşılaştırılmasında Tekrarlı Varyans Analizi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile incelendi. Planlara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Friedman testi kullanıldı. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalaması±standart sapma, ortanca (minimum-maksimum) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0.050$ olarak sunuldu.

Tablo 1. Planlanan hedef volümler için dozimetrik parametreler

	YART	3B- KRT	VMAT	P
PTV40 Ortalama Doz (cGy)	4027.0 ± 39.9 ^a	4081.7 ± 33.8 ^b	4063.7 ± 5.0 ^b	0.001*
PTV40 Maksimum Doz (cGy)	4255.1 ± 41.3 ^a	4351.8 ± 69.1 ^b	4292.3 ± 13.3 ^{ab}	0.002*
PTV D%95(cGy)	3886.2 ± 39.3 ^a	3889.0 ± 53.7 ^{ab}	3927.4 ± 13.7 ^b	0.031*
PTV D%5 (cGy)	4145.1 ± 38.8 ^b	4239.7 ± 50.2 ^a	4172.4 ± 4.9 ^b	<0.001*
HI	1.07(1.06 - 1.08)	1.10 (0.91 - 1.12)	1.06 (1.06 - 1.09)	0.179**
CI	1.37 ± 0.05 ^a	2.63 ± 0.23 ^b	1.24 ± 0.08 ^c	<0.001*
MU	653.4 ± 72.2 ^a	307.0 ± 42.7 ^b	418.9 ± 35.3 ^c	<0.001

PTV: Planinig target volüme, **HI:** Homojenite index, **CI:** Conformalite index, **MU:** Monutor unit

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, a-c: Aynı harfe sahip planlar arasında bir fark yoktur, gösterim: Ortalama±s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Tablo 2. Böbrekler ve MS için dozimetrik parametreler

	YART	3B-KRT	VMAT	P
MS maksimum doz (cGy)	653.4 ± 72.2 ^a	307.0 ± 42.7 ^b	418.9 ± 35.3 ^c	<0.001
Sağ böbrek ortalama doz (cGy)	631.7 ± 106.0 ^a	1170.7 ± 319.8 ^b	802.7 ± 75.8 ^c	<0.001
Sol böbrek ortalama doz (cGy)	517.3 ± 85.5 ^a	972.5 ± 266.6 ^b	780.3 ± 72.7 ^b	<0.001

MS: medulla spinalis

*Tekrarlı varyans analizi, a-c: Aynı harfe sahip planlar arasında bir fark yoktur, gösterim: Ortalama±s. sapma

Bulgular

Üç plan değerlendirilmesine göre anlamlı istatistiksel farklılık gösterdi (p=0.001). En düşük değer YART de 4027.0 cGy olarak bulundu, 3B-KRT 4081.7 cGy ve VMAT'ın 4063.7 cGy olarak elde edildi. Üç planda tedavi için kabul edilir değerde bulundu. Bu anlamlı farklılık YART ile diğer planlar arasındaki farklılıktan kaynaklandı. PTV40 maksimum da anlamlı istatistiksel farklılık tespit edilmedi (p=0.002). En düşük değer YART planında tespit edildi. Üç planda kabul edilir sınırlar içerisindeydi. YART'nin PTV40 maksimum dozu 4255.1 cGy, 3B-KRT'nin 4351.8 cGy ve VMAT da 4292.3 cGy olarak elde edildi. Bu anlamlı istatistiksel farklılık YART ile 3B-KRT arasındaki farklılıktan kaynaklandı. En yüksek 3B-KRT de tespit edildi. D%95 dozu da üç plan arasında istatistiksel anlamlı farklılık gösterdi (p=0.031). En yüksek VMAT planında elde edildi. YART'nin D%95 3886.2 cGy, 3B-KRT 3889.0 cGy ve VMAT'ın 3927.4 cGy di. Bu farklılık YART ile VMAT planları arasındaki farklılıktan kaynaklandı. D%5 karşılaştırılması da istatistiksel anlamlı farklılık gösterdi (p<0.001). En yüksek 3B-KRT' de elde edildi. YART da 4145.1 cGy, 3B-KRT da 4239.7 cGy ve VMAT da 4172.4 cGy di. Bu farklılık 3B-KRT ile diğer planlar arasındaki farklılıktan kaynaklandı. Planlara göre HI anlamlı farklılık göstermezken (p=0.179), CI anlamlı istatistiksel farklılık ile en iyi VMAT da hesaplandı (p<0.001). MU deki anlamlı farklılık vardı ve ile en düşük 3B-KRT di (p<0.001) (Tablo 1).

MS maksimum planlar arası istatistiksel anlamlı farklılık gösterdi (p<0.001). En düşük 307 cGy ile 3B-KRT de tespit edildi. Planlara göre sağ böbrek ortalama doz anlamlı farklılık gösterdi (p<0.001). YART' nin sağ böbrek ortalaması 631.7 cGy, 3B-KRT 1170.7 cGy ve VMAT 802.7 cGy olarak elde edildi. Her bir plan birbirine

göre farklılık gösterdi. En yüksek doz 3B-KRT de tespit edildi. Sol böbrek ortalama dozu da anlamlı farklılık gösterdi (p<0.001). YART da sol böbrek ortalaması 517.3 cGy, 3B-KRT da 972.5 cGy ve VMAT da 780.3 cGy olarak elde edildi. Bu farklılık YART ile diğer planlar arasındaki farklılıktan kaynaklandı, en düşük doz YART de tespit edildi (Tablo 2).

Tartışma

Kanser tedavilerinin bir parçası da palyatif tedavidir. RT palyatif VM tedavilerinde özellikle ağrı ve fraktür riskini azaltmak için yaygın kullanılır. Gelişmiş RT teknikleri ve kullanılan son planlama sistemleri ile uzun yaşam beklentisi olan bu hastalarda yan etkileri de azaltmak kaçınılmaz hedef olmuştur. Yan etkiler günümüzde morbidite ve mortaliteyi artıran en önemli etkenlerdendir. Bu nedenle en uygun RT planı en uygun sistem ile hastaya özel yapılır. VM radyoterapisinde 3B-KRT'nin kullanılması oldukça yaygındır. Fakat son yıllarda geliştirilen YART ve VMAT yöntemleri de hastanın kliniğine göre karar verilerek kullanılmaktadır (8, 9). Hastaların tüm sistem muayeneleri, kan değerleri göz önüne alınarak normal dokuları korumak önem sırası ile planlanır. Bu nedenle hedef volüm içerisinde etkin doz dağılımı sağlanırken riskli normal dokuları daha iyi korumaya yönelik tedaviler hastaya göre seçilerek uygulanır (1).

RT planlarında fraksiyon başına düşen MU değerinin düşük olması tedavi uygulanan bölgedeki doku ve organların, radyasyona daha az maruz kalması ve tedavi süresinin kısa olması anlamına gelir (10). RT de hastanın cihazda kaldığı süre özellikle VM gibi ağrı palyasyonu yapılan dönemde çok önemlidir. Hastanın cihazda kalış süresini de plan sonrası hesaplanan MU değerleri belirler. Çoklu farklı gantri açıları içeren YART

planları tedavi süresinin uzamasına, aynı zamanda fraksiyon içi organ hareketinin artmasına sebep olur. Bu planlar 3B-KRT ile karşılaştırıldığında daha yüksek MU oluşmasına yol açar (8). Yüksek MU ise tümör dışındaki bölgelerde düşük doz bölgelerinin artmasına neden olur. Buna karşın YART planlarına göre VMAT daha kısa, fraksiyon içi organ hareketi daha azdır, MU değeri çok daha düşük, doz dağılımı daha homojen, hedef hacim dışındaki toplam düşük doz daha fazladır (11, 12). Bu çalışmada fraksiyon başına düşen MU bakımından planlar arasında farklılık görüldü ve sırası ile en düşük MU 3-BKRT, VMAT ve YART şeklinde tespit edildi ($p<0.001$). VMAT'ın YART planlarından, YART' in da 3B-KRT planlarından birçok açılardan üstünlüğü vardır ancak, cihazda hastanın ağırsı nedeniyle yatabileceği süre göz önüne alınarak tedavi bazen 3B-KRT ile uygulanır. Bu çalışmada olduğu gibi böbrek dozları en yüksek 3B-KRT de tespit edilmiş olsa bile YART ve VMAT planlarında ki hastanın cihazda kalış süresinin uzun olması nedeniyle daha kısa sürede tedaviyi bitirebilmek için 3B-KRT tercih edilmelidir. Ancak bunun için hastanın ek böbrek hastalığı olmamalı ve böbrek fonksiyon testleri normal olmalıdır.

PTV'ye yakın normal dokulara bakıldığında Kairm ve ark. (10)'nın yaptığı çalışmada sol böbrek dozları VMAT tedavi planında YART' a göre daha düşük bulunmuştur. Bu çalışmada da YART dozları daha düşük ve literatür ile uyumlu bulundu ($p<0.001$). Son yıllarda görüntü kılavuzluğunda yapılan RT planları, planlanan dozu MS içi bir tümöre verirken bile spinal kord ve etraf organların dozunun düşük tutulmasına olanak sağlar (9). MS in aldığı doz bu çalışmada da tüm tedavi planlarında QUANTEC' te belirlenen koşulları sağladı. YART ve VMAT ile MS' in aldığı doz literatürde en düşük dozdu (13). Bu çalışmada da en düşük MS maksimum doz sırası ile 3B-KRT, VMAT, YART olarak tespit edildi. Rehman ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada VMAT tekniği ile en iyi PTV dozu elde edildi, Bu çalışmada da bununla uyumlu olarak VMAT en iyi PTV dozu sağladığı gösterildi. Yine riskli organların dozları da en çok VMAT tekniğinde düşük planlanabilmektedir (8). Bu çalışmada literatür ile uygun sonuç elde edildi.

RT planlamasında etkin doz dağılımı, uluslararası kabul görmüş raporlara göre HI ve CI ile tanımlanır. HI değerinin sifıra yakın olması International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) 83 raporuna göre en idealdir (14). Yapılan çalışmalarda homojenite indeks değerine bakıldığında YART tekniği ile en homojen tedavi planının elde edildiği gösterildi (8).

Kaynaklar

1. Fourny DR, Gokaslan ZL. Anterior approaches for thoracolumbar metastatic spine tumors. *Neurosurgery Clinic North America* 2004; 15: 443-451.
2. Wong DA, Fornasier VL, Macnab IA. Spinal metastases: the obvious, the occult, and the impostors. *Spine* 1990; 15: 1-4.
3. Çetintaş, S. Kemik Metastazlarında Tedavi Algoritması ve Radyoterapi Engin K, Sağlık Y, Aydınlu U, Çetintaş S (Editörler). *Kemik ve Yumuşak Doku Tümörleri*, Bursa; Nobel Matbaacılık, 2005; s:387.

Bu çalışmada ise, homojenite indeks değeri, yapılan üç tedavi planlarında birbirine yakındı ve anlamlı fark yoktu ancak matematiksel olarak incelendiğinde sifıra en yakın VMAT planı olduğu tespit edildi. Bu durum veri setimizde hasta sayısının azlığından kaynaklandığı düşünüldü. 3B-KRT ve VMAT'ta Önal C. ve ark. (15)'nin HI değerleri sırasıyla 0.1 ve 0.07 iken bu çalışmada 1.10 ve 1.06 hesaplandı.

CI'nun ICRU 83 raporuna göre en ideal değeri bir dir (14). Lee ve ark. (9)'nın yaptığı kraniospinal radyoterapisinde CI değerleri VMAT ve YART tekniği ile hesaplanan tedavi planlarında, 3B-KRT tekniğinde elde edilene göre daha iyi bulundu. Bu çalışmada en ideal CI değeri 1.24 ile VMAT planında tespit edildi ve literatür ile uyumlu idi.

PTV'nin D%5 ve D%95 parametreleri değerlendirildiğinde, ICRU 50 ve 62 numaralı raporlardaki CTV izodoz limitlerine uyumluydu (16, 6). Bu çalışmada PTV D%95 için üç plan arasında anlamlı fark yoktu, D%5 değerleri için de 4239.7 cGy ile 3B-KRT en ideal plan olarak bulundu. PTV en iyi hangi teknikte daha uygun doz dağılımı sağladığı ile ilgili birçok çalışmada VMAT ilk sırada en iyi teknik olarak tespit edildi. Zhang T ve ark.'nın yaptığı 15 hastalık çalışmada hem VMAT hem de YART, 3B-KRT'ye kıyasla daha olumlu PTV kapsamı sağladığı gösterildi ($p<0.05$) (17). Bu çalışmada da PTV ortalama ve PTV maksimum dozları arasında üç planda çok fark yoktu en uygun doz YART planında tespit edildi.

Sonuç olarak, eski ve güncel tedavi planları değerlendirildiğinde MU en kısa olan ve cihazda hastanın kısa süre yatmasına ve tedavisini bitirmesine neden olan plan 3B-KRT olduğu tespit edildi. Palyatif lomber VM tedavisinde hastanın özellikle böbrek hastalığı gibi ek organ sorunu yok ise 3B-KRT ilk tercih edilen en ucuz teknik olabilir.

Yazar Katkıları: GHU; çalışma konsepti, tasarımı, literatür araştırma ve yazımı gerçekleştirdi.

ME; planları yaptı, verileri topladı.

SYR: yazıyı inceledi ve düzenledi.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek: Bu çalışma her hangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

- beam therapy (Supplement to ICRU Report 50), ICRU, Bethesda, MD, 1999.
7. Rakıcı Yılmaz S, Cinar Y, Eren M. Total scalp irradiation: the comparison of five different plans using volumetric modulated arc therapy-simultaneous integrated boost (VMAT-SIB) technique. *Türk Onkoloji Dergisi* 2017; 32: 106-115.
 8. Rehman JU, Taylor RC. Evaluations of secondary cancer risk in spine radiotherapy using 3DCRT, IMRT and VMAT: A phantom study. *American Association of Medical Dosimetrists* 2014; 40: 70-75.
 9. Lee YK, Bedford JL, McNair HA. et al. Comparison of deliverable IMRT and VMAT for spine metastases using a simultaneous integrated boost. *Br J Radiol* 2013; 86:2012 0466.
 10. Dorr W and Herrmann T. Secondary primary tumors after radiotherapy for malignancies, treatment-related parameters. *Strahlenther Oncology* 2002; 178: 357-362.
 11. Teoh M, Clark CH, Wood K, Whitaker S, Nisbet A. Volumetric modulated arc therapy: A review of current literature and clinical use in practice. *The British Journal of Radiology*. 2011; 84: 967-996.
 12. Jiang X, Li T, Liu Y, et al. Planning analysis for locally advanced lung cancer: Dosimetric and efficiency comparisons between intensity-modulated radiotherapy (IMRT), single-arc/partial-arc volumetric modulated arc therapy (SA/PA-VMAT). *Radiation Oncology* 2011; 6: 140.
 13. Kairn T, Papworth D, Crowe SB, Anderson J, Christie DR. Dosimetric quality, accuracy, and deliverability of modulated radiotherapy treatments for spinal metastases. *Medical Dosimetry* 2016; 41: 258-266.
 14. ICRU Report 83: Prescribing, Recording, and Recording Photon- Beam Intensity Modulated Arc Therapy, Vol.10, No:1, 2010.
 15. Onal C, Dölek Y, Akkuş Yıldırım B. Dosimetric comparison of 3-dimensional conformal radiotherapy, volumetric modulated arc therapy, and helical tomotherapy for postoperative gastric cancer patients. *Jpn J Radiol* 2018; 36: 30-93.
 16. International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 50. Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Bethesda, MD: ICRU, 1993
 17. Zhang T, Liang ZW, Han J, et al. Double-arc volumetric modulated therapy improves dose distribution compared to static gantry IMRT and 3D conformal radiotherapy for adjuvant therapy of gastric cancer. *Radiation Oncology* 2015; 10: 1-8.