



Investigation of the Effect of Jaw Width on Dose Distribution in Helical Tomotherapy

Helikal Tomoterapide Çene Genişliğinin Doz Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

Yusuf Tarhan¹

1Sağlık Fiziği Anabilim Dalı, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul-Türkiye

Corresponding author: Yusuf Tarhan¹, Sağlık Fiziği Anabilim Dalı, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul-Türkiye

Conflict of interest: There is no any conflict of interest

Received 15.09.2022 Accepted 21.10.2022

AMAÇ: Retrospektif bu çalışmada Dicle Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi kliniğine başvurmuş ve tedavisi yapılmış 15 Glioblastoma Multiform (GBM) tanılı hastanın mevcut olan görüntüleri ve konturları kullanılmıştır. Hastaların bu görüntüleri üzerine helikal tomoterapide 2,5 ve 5 cm'lik olmak üzere 2 farklı çene genişliği kullanılarak her hasta için iki farklı tedavi planlaması yapılmıştır. Çene genişliğine göre Doz hacim histogramlarından yararlanarak hedef ve kritik organların aldığı dozlar karşılaştırılmış ve birbirlerine olan avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir.

METOT: Her iki çene genişliği için doz homojenliği ve konformallığına bakılıp tedavi süreleri ve monitör unit (MU) değerleri de gösterilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen değerlerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 28.0 veri analiz programı kullanılmıştır. Bilgisayarlı tomografisi çekildikten sonra planlaması yapılan hastaların Uluslararası protokollerde kritik organlarının tolerans dozları RTOG 0225-0825 referans alınmış ve tüm planlarda kritik organların en az doz alması sağlanmıştır. GBM hastalarının kullanılan 3mm kesit kalınlığındaki BT görüntüleri MIM konturlama sistemine gönderilerek, her hasta için hedef hacim ve kritik organlar, radyasyon onkoloğu tarafından

çizilmiştir. 2 farklı çene genişliği kullanılarak hastalar için 2,5 ve 5 cm'lik çene genişliği kullanılarak farklı tedavi planlaması yapılmıştır. Çene genişliğine göre hedef ve kritik organların aldığı dozlar, homojenite indeksler (HI) ve konformite indeksler (CI) hesaplanmış tedavi süreleri ve monitör unit (MU) değerleri de gösterilerek karşılaştırılmıştır,

BULGULAR: Helikal Tomoterapide çene genişliğinin doz dağılımına etkisi araştırılmasında 2,5 cm'lik çene genişliği doz homojenitesi ve konformallığı olarak daha iyi olması ayrıca kritik organ dozları açısından daha düşük değerlere sahip olması bir avantaj sağlarken tedavi süresi ve monitör unit (MU) bakımından dezavantaj oluşturmaktadır.

SONUÇ: Yapılan çalışmanın sonucunda GBM tanısı konmuş hastalar için 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılması önerilmektedir ama tedavi süresi 5 cm'lik çene genişliğine göre daha uzun olduğu için yaşlı hastalarda sıklıkla ve hareket etme durumundan kaynaklı önerilmeyebilir.

ANAHTAR KELİMELELER: Helikal Tomoterapi; Çene Genişliği; Glioblastoma Multiforme (Gbm); Homojenite İndeksi.

GİRİŞ

Kanser, günümüzde bütün ülkeler için başlıca bir sağlık problemi teşkil etmekte

olup sağlık sorunları arasında ilk sıralarda rol almaktadır. Kanser tedavisi yöntemlerinden bir olan radyoterapi'de asıl amaç, tümörün etrafındaki sağlıklı dokulara herhangi bir zarar vermeden kanserli hücreleri yok etmektir (1).

Radyoterapide sağlıklı dokuların en az doz alması için ilk zamanlarda blok ve kama filtre gibi alan ve ışın şekillendiriciler kullanıldı. Gelişen teknoloji ile radyoterapide de ilerlemeler olmuş ve blokların kullanımı zor olduğu için blokların yerine lineer hızlandırıcılara çok yapraklı kolimatörler (MLC) takılıp üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) ile daha homojen doz dağılımları elde edilmek istendi. Fakat tümör genellikle sağlıklı organlara yakın veya riskli organları çevrelediği için hasta tedavi edilirken ışınlama sırasında hastaya gönderilen ışının şiddetini ayarlama ilkesine dayanan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği ile istenilen doz dağılımı sağlandı. YART uygulamaya geçtikten sonra 1993'de Wisconsin-Madison Üniversitesi'nde Rock Mackie ve Paul Reckwerdt tarafından tomoterapi cihazı tasarlanmış ve ilk defa 2002'de hasta almaya başlanmıştır. Tomoterapi cihazı, lineer hızlandırıcı, magnetron, dedektör ve ışın durdurucu gibi parçaların bir gantriye konumlandırılmış ve halka şeklindeki gantri ile beraber 360 derece sürekli veya sabit bir hızla rotasyon yapmaktadır. Işın hüzmesi ise çok yapraklı kolimatör (MLC) ile şekillenmektedir.

Helikal tomoterapi cihazı diğer lineer hızlandırıcılardan (LINAC) farklı olarak, yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) özelliğinden düzleştirici filtre ve elektron ışınlaması olmayan ışın kaynağı olarak 6 MeV enerjili elektronların tungsten hedefe çarparak oluşan 6 MV foton enerjisine sahip olan bir eksternal radyoterapi cihazıdır. GBM hastalarının tedavisinde YART tekniğinin uygulandığı tomoterapi cihazının kullanımı son yıllarda artmıştır (2).

Kanser tedavisinde önemli bir cihaz olan Helikal tomoterapi cihazında hasta tedavi edilmeden önce tedavi planlamasında cihazın kendine özgü modülasyon faktörü, pitch faktörü ve çene genişliği gibi parametreler seçilmelidir. Tümörün boyut, biçim ve kritik organlara mesafesi de göz önünde bulundurularak sağlık fizikçisi uygun modülasyon faktörü, pitch faktörü ve çene genişliğini kullanmalıdır (3).

MATERYAL VE METOT

Yaptığımız bu çalışmada, Dicle Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde bulunan retrospefik olarak bulunan radyoterapi görmüş ve Glioblastoma Multiform (GBM) tanısı konmuş 15 farklı hasta seçilmiştir. Bu GBM hastalarının çekilen bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri ile hastaların 2 farklı çene genişliğine göre tedavi planlamaları yapılmıştır.

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde yapılmış olup, klinikte kullanılan araçlar aşağıda listelenmiştir;

- Toshiba activion model Bilgisayarlı Tomografi cihazı
- Tomoterapi H tedavi planlama sistemi versiyon 5.1.6
- MİM Konturlama istasyonu versiyon 6.4
- Accuray model Tomoterapi H Lineer Hızlandırıcı
- Tomoterapi H Lineer Hızlandırıcı Tedavi Planlama Sistemi
- PTW Octavius Fantom
- 8 kanallı TomoElectrometre
- Gammex Cheese Fantom

Çalışmada GBM hastaları için iki farklı tedavi planlaması yapılmış ve çene genişliğine göre hedef ve kritik organların aldığı dozlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki çene genişliği için doz homojenliği ve konformallığına bakılıp tedavi süreleri ve

monitör unit (MU) değerleri de gösterilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen değerlerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 28.0 veri analiz programı kullanılmıştır.

Bu çalışmada, GBM hastalarının kullanılan 3mm kesit kalınlığındaki BT görüntüleri MIM konturlama sistemine gönderilerek, her hasta için hedef hacim ve kritik organlar, radyasyon onkoloğu tarafından çizilmiştir. Çalışmadaki 15 hastanın kişisel bilgileri gizli tutulmuştur.

Bilgisayarlı tomografisi çekildikten sonra planlaması yapılan hastaların Uluslararası protokollerde kritik organlarının tolerans dozları RTOG 0225-0825 referans alınmış ve tüm planlarda kritik organların en az doz alması sağlanmıştır. Tüm hastalar için 2,5 ve 5 cm'lik çene genişliğine göre tedavi planlaması yapıldı.

Doz-hacim histogramlarına bakarak hedef ve kritik organların (beyin sapı, optik sinir, optik kiazma, göz, lens) aldığı dozlar karşılaştırılmış ve çene genişliğinin hedef hacime ve kritik organlara etkisi araştırıldı. Ayrıca her iki çene genişliği için homojenite indeksler (HI) ve konformite indeksler (CI) hesaplanmış tedavi süreleri ve monitör unit (MU) değerleri de gösterilerek karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren veriler için parametrik tekniklerden T testi, normal dağılım göstermeyen veriler için parametrik olmayan (non-parametrik) testlerde ise Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için p değeri 0,05'den küçük değerler anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Homojenite İndeksi: Ortalama Homojenite indeksi (HI) 2,5 cm'lik çene genişliği için $0,037\pm 0,020$, 5 cm'lik çene genişliği için $0,059\pm 0,015$ olarak hesaplanmıştır. HI değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında anlamlı fark

vardır ($p=0,001$). 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan planda soğrulan dozun tümör hacmindeki dağılımının daha homojen olduğu gözlenmiştir.

Konformite indeksi: Ortalama konformite indeksi (CI) indeksi 2,5 cm'lik çene genişliği için $0,99\pm 0,01$, 5 cm'lik çene genişliği için $0,98\pm 0,01$ olarak hesaplanmıştır. CI değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında anlamlı fark vardır ($p=0,028$). 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan planda dozun tedavi edilen hedef hacmi daha iyi sardığı gözlenmiştir.

Beyin Sapı: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin sapının aldığı maksimum doz değeri 38,22 Gy ile 58,85 Gy arasında, maksimum doz ortalaması ise $53,22\pm 5,54$ Gy'dir.

5cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin sapının aldığı maksimum doz değeri 43,52 Gy ile 59,61 Gy arasında, maksimum doz ortalaması ise $54,44\pm 4,20$ Gy'dir.

Beyin sapı maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,520$).

2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin sapının 1 cc 'lik hacmin aldığı doz değeri 30,40 Gy ile 51,37 Gy arasında, ortalaması ise $41,21\pm 6,29$ Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin sapının 1 cc 'lik hacmin aldığı doz değeri 34,96 Gy ile 47,70 Gy arasında, ortalaması ise $43,93\pm 3,33$ Gy'dir.

Beyin sapı 1 cc'lik hacmin aldığı doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,722$).

2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin

sapının 10 cc 'lik hacmin aldığı doz değeri 5,73 Gy ile 30,08 Gy arasında, ortalaması ise 18,28±6,27 Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre beyin sapının 10 cc 'lik hacmin aldığı doz değeri 13,33 Gy ile 29,05 Gy arasında, ortalaması ise 22,45±4,73 Gy'dir.

Beyin sapı 10 cc'lik hacmin aldığı doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,398).

Sağ Optik Sinir: 2,5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ optik sinirin aldığı maksimum doz değeri 2,96 Gy ile 53,70 Gy arasında, ortalaması ise 31,13±18,10 Gy'dir.

5cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ optik sinirin aldığı maksimum doz değeri 4,73 Gy ile 60,38 Gy arasında, ortalaması ise 40,09±17,05 Gy'dir.

Sağ optik sinir maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,174).

Sol Optik Sinir: 2,5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol optik sinirin aldığı maksimum doz değeri 6,35 Gy ile 60,57 Gy arasında, ortalaması ise 32,83±19,61 Gy'dir.

5cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol optik sinirin aldığı maksimum doz değeri 7,91 Gy ile 59,56 Gy arasında, ortalaması ise 38,35±17,87 Gy'dir.

Sol optik sinir maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,330).

Optik Kiazma: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre optik kiazmanın aldığı maksimum doz değeri 8,89 ile 57,37 Gy arasında, ortalaması ise 43,69±16,44 Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre optik kiazmanın aldığı maksimum doz değeri 11,32 Gy ile 58,34 Gy arasında, ortalaması ise 46,84±16,41 Gy'dir.

Optik kiazma maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,310).

Sağ Göz: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ gözün aldığı maksimum doz değeri 4,22 ile 47,36 Gy arasında, ortalaması ise 25,24±11,12 Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ gözün aldığı maksimum doz değeri 6,31 Gy ile 49,52 Gy arasında, ortalaması ise 26,57±11,78 Gy'dir.

Sağ göz maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,752).

2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ gözün aldığı ortalama doz değeri 2,36 ile 14,84 Gy arasında, ortalaması ise 9,74±3,63 Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ gözün aldığı ortalama doz değeri 2,50 ile 16,45 Gy arasında, ortalaması ise 10,55±4,10 Gy'dir.

Sağ göz ortalama doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,568).

Sol Göz: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol gözün aldığı maksimum doz değeri 8,97 ile 58,77 Gy arasında, ortalaması ise 29,38±17,41 Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol gözün aldığı maksimum doz değeri 10,29 Gy ile 55,70

Gy arasında, ortalaması ise $31,27 \pm 16,81$ Gy'dir.

Sol göz maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,604$).

2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol gözün aldığı ortalama doz değeri 3,50 ile 15,38 Gy arasında, ortalaması ise $10,37 \pm 3,34$ Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol gözün aldığı ortalama doz değeri 4,58 ile 20,31 Gy arasında, ortalaması ise $12,28 \pm 4,94$ Gy'dir.

Sol göz ortalama doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,226$).

Sağ Lens: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ lensin aldığı maksimum doz değeri 2,26 ile 8,91 Gy arasında, ortalaması ise $5,78 \pm 1,70$ Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ lensin aldığı maksimum doz değeri 3,54 Gy ile 8,50 Gy arasında, ortalaması ise $6,58 \pm 1,38$ Gy'dir.

Sağ lens maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,168$).

2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ lensin aldığı ortalama doz değeri 1,94 ile 6,58 Gy arasında, ortalaması ise $4,39 \pm 1,16$ Gy'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sağ lensin aldığı ortalama doz değeri 2,80 ile 6,52 Gy arasında, ortalaması ise $4,84 \pm 1,01$ Gy'dir.

Sağ lens ortalama doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği

arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,267$).

Sol Lens: 2,5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol lensin aldığı maksimum doz değeri 2,98 ile 8,03 Gy arasında, ortalaması ise $5,93 \pm 1,12$ Gy'dir.

5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol lensin aldığı maksimum doz değeri 4,82 Gy ile 10,21 Gy arasında, ortalaması ise $6,97 \pm 1,47$ Gy'dir.

Sol lens maksimum doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,038$). Çene genişliği arttıkça sol lens'in aldığı maksimum doz değerlerinin arttığı görülmektedir.

2,5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol lensin aldığı ortalama doz değeri 2,22 ile 5,41 Gy arasında, ortalaması ise $4,45 \pm 0,72$ Gy'dir.

5 cm 'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre sol lensin aldığı ortalama doz değeri 3,65 ile 6,54 Gy arasında, ortalaması ise $5,01 \pm 0,84$ Gy'dir.

Sol lens ortalama doz değerleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,110$).

Tedavi Süresi: 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre tedavi süresi 178 ile 265 saniye arasında, ortalaması ise $211 \pm 21,58$ saniye 'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre tedavi süresi 113 ile 163 saniye arasında, ortalaması ise $132 \pm 14,56$ saniye 'dir.

Tedavi süreleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,001$). Tedavi süresi bakımından 5 cm'lik çene genişliğinde tedavinin daha kısa sürdüğü gözlenmiş olup 5 cm'lik çene genişliğinin

kullanılmasının avantajlı olduğu gözlenmiştir.

Monitör Unit (MU): 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre monitör Unit (MU) değeri 2263 ile 2986 arasında, ortalaması ise $2663 \pm 221,83$ 'dir.

5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre monitör Unit (MU) değeri 1440 ile 1949 arasında, ortalaması ise $1682 \pm 151,29$ 'dur.

Monitör Unit (MU) değeri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,001$). Monitör Unit (MU) değeri bakımından 5 cm'lik çene genişliğinde monitör Unit (MU) değerinin daha düşük olması 5 cm'lik çene genişliğinin kullanılmasının avantajlı olduğu göstermektedir.

SONUÇ

Yapılan bu araştırmanın sonucunda klinikte bulunmuş 15 GBM kanseri hastasından elde edilen veriler doğrultusunda tomoterapide çene genişliğinin doz dağılımına etkisi araştırmasında 2,5 cm'lik çene genişliği doz homojenitesi ve korformallığı olarak daha iyi olması ayrıca kritik organ dozları açısından daha düşük değerlere sahip olması bir avantaj sağlarken tedavi süresi ve monitör unit (MU) bakımından dezavantaj oluşturmaktadır. Çene genişliği azaldıkça kritik organ dozlarının azaldığı gözlemlenmiştir. GBM kanseri 15 hastada 2,5 cm'lik çene genişliği ile daha düşük sol lens dozu elde edildiği gözlemlenmiştir. Fakat 2,5 cm'lik çene genişliği ile tedavi süresi daha uzun olduğu için özellikle yaşlı hastalarda sıkılma ve hareket etme durumundan kaynaklı önerilmeyebilir. Sonuç olarak, çalışmamız literatürdeki yapılan diğer benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında uyumlu olduğu gözlenmiştir.

TARTIŞMA

GBM kanseri için kritik organlar ve tanımlanan doz sınırlamaları aşağıda verilmiştir.

Beyin sapı için maksimum doz değeri < 60 Gy ve 1-10 cc hacminin alacağı doz değeri < 59 Gy

Optik kiazma için maksimum doz değeri < 56 Gy

Optik sinirler için maksimum doz değeri < 55 Gy

Gözler için maksimum doz değeri < 54 Gy ve gözler için ortalama doz değeri < 35 Gy

Lensler için maksimum doz değeri < 7 Gy (4-5).

Yapılan her iki planda da kritik organ dozları tolerans değerlerin altında olduğu görülmüştür. Çalışmamızda bulduğumuz kritik organ dozlarının maksimum değerleri ile ortalama değerleri genel olarak literatürdeki yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmanın istatistiksel analizi sonucunda 15 GBM hastası için 2,5 cm'lik çene genişliği kullanıldıktan sonra modülasyon ve pitch faktörü sabit tutularak sadece çene genişliği 5 cm olarak değiştirildiğinde kritik organların yüzde (%) doz artışı beyin sapı maksimum doz ortalaması %2,29, beyin sapının 1 cc 'lik hacminin aldığı doz ortalaması %6,67, beyin sapının 10 cc 'lik hacminin aldığı doz ortalaması %22,81, sağ optik sinir maksimum doz ortalaması %28,75, sol optik sinirin maksimum doz ortalaması %16,8, optik kiazma maksimum doz ortalaması %7,21, sağ göz maksimum doz ortalaması ve ortalama doz ortalaması sırasıyla %5,57 ve %8,39, sol göz maksimum doz ortalaması ve ortalama doz ortalaması sırasıyla %6,43 ve %18,42, sağ lens maksimum doz ortalaması ve ortalama doz ortalaması sırasıyla %13,84 ve %10,25, sol lens ortalama doz ortalaması %12,58 ($p>0,05$), sol lens

maksimum doz ortalaması %17,54 ($p=0,038$) artmıştır. Tedavi süresi açısından bakıldığında ise 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre tedavi süresi ortalaması 211 saniye 'dir. 5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre ise tedavi süresi ortalaması 132 saniye 'dir. Tedavi süreleri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,001$). Tedavi süresi bakımından 5 cm'lik çene genişliğinde tedavinin daha kısa sürdüğü gözlenmiş olup 5 cm'lik çene genişliğinin kullanılmasının avantajlı olduğu gözlenmiştir. Monitör Unit (MU) verilerine bakıldığında 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planına göre ortalama MU değeri 2663 bunun yerine 5 cm'lik çene genişliği kullanıldığında ise ortalama MU değeri 1682'dir. Monitör Unit (MU) değeri bakımından iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,001$). Monitör Unit (MU) değeri bakımından 5 cm'lik çene genişliğinde monitör Unit (MU) değerinin daha düşük olması 5 cm'lik çene genişliğinin kullanılmasının avantajlı olduğu göstermektedir. Helikal tomoterapide 2,5 ve 5 cm'lik çene genişliği kullanarak planlanan GBM kanserli hastaların planlanan hedef hacimdeki doz homojenliği arasında anlamlı bir fark istatistiksel analiz sonucu tespit edilmiştir ($p=0,001$). 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan planda soğrulan dozun tümör hacmindeki dağılımının daha homojen olduğu gözlenmiştir. Konformite indeks (CI) değerlendirildiğinde ise iki farklı çene genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark analiz sonucu tespit edilmiştir ($p=0,028$). 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan planda dozun tedavi edilen hedef hacmi daha iyi sardığı gözlenmiştir.

İstatistiksel açıdan, kritik organlar olan beyin sapı, optik sinirler, optik kiazma,

gözler ve ve sağ lens'in aldığı dozlar arasında anlamlı bir farklılık oluşturmamaktadır ($p>0,05$). Ancak yapılan istatistiksel analizler sonucunda sol lens maksimum dozunun ($p=0,038$) 5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planında daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu bulgulara dayanarak GBM kanseri tedavisinde, kritik organlardan olan sol lens etkileri göz önünde bulundurularak 2,5 cm'lik çene genişliği kullanılarak yapılan tomoterapi planının daha faydalı olabileceği görülmüştür.

Manabe ve arkadaşlarının çalışmasında helikal tomoterapide 2,5 ve 5cm'lik çene genişliği kullanarak 35 akciğer kanseri hasta için tedavi planlamalarını dozimetrik olarak karşılaştırmıştır. 2,5 cm'lik çene genişliği için ortalama konformite indeksi (CI), ortalama homojenite indeksi (HI) ve ortalama monitör Unit (MU) değerleri sırasıyla $1,28\pm0,12$, $1,09\pm0,02$, 5525 ± 644 iken 5 cm'lik çene genişliği için bu veriler $1,35\pm0,11$, $1,10\pm0,02$, 3988 ± 245 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak elde edilen verilerle hedef organdaki doz dağılımı 2,5 cm'lik çene genişliğinin 5 cm'lik çene genişliğine göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda ise 2,5 cm'lik çene genişliği için ortalama konformite indeksi (CI), ortalama homojenite indeksi (HI) ve monitör Unit (MU) değerleri sırasıyla $0,99\pm0,01$, $0,037\pm0,020$, $2663\pm221,83$ iken 5 cm'lik çene genişliği için bu veriler $0,98\pm0,1$, $0,059\pm0,015$, $1682\pm151,29$ olarak hesaplanmıştır. 2,5 cm'lik çene genişliği için daha iyi doz dağılımı elde edilmesi ve Monitör Unit artışının gözlenmesi tez çalışmamızın Manabe ve ark. çalışmasıyla uyumlu olduğu göstermektedir (6).

Moldovan ve arkadaşlarının çalışmasında helikal tomoterapide 1, 2, 5 ve 5 cm'lik çene genişliği kullanarak 3 baş ve boyun kanseri hasta için tedavi planlamalarını dozimetrik ve tedavi süreleri açısından karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulara

dayanarak çene genişliği azaldıkça hedef organda doz dağılımının daha homojen dağıldığını ve kritik organların daha az doz aldığını görmüştür. Ayrıca tedavi süresi ile çene genişliğinin ters orantılı olduğunu gözlemleyip, çene genişliği azaldıkça tedavi süresinin arttığı gözlemlenmiştir. Tedavi sürelerini 1 cm'lik çene genişliği için $24 \pm 1,9$ dk, 2,5 cm'lik çene genişliği için $9,5 \pm 1,1$ dk ve 5 cm'lik çene genişliği için $5,1 \pm 0,6$ dk olarak ölçülmüştür. Yaptığı çalışmanın sonucunda tedavinin kısa sürmesi için 5 cm'lik çene genişliği kullanmanın daha etkili olacağı görülmüştür.

Bizim çalışmamızda Moldovan ve ark. çalışmasıyla uyumlu olduğu görülmüş ve 5 cm'lik çene genişliğinde kritik organların aldığı doz değerlerinin arttığı ve tedavi süresinin azaldığı gözlenmiştir (7).

Kanagaki ve arkadaşlarının çalışmasında helikal tomoterapide fantom da 1 ve 2,5 cm'lik çene kullanmış ve elde ettikleri bu planları dozimetrik olarak karşılaştırmıştır. Çalışmada akciğer kanseri tanısı konmuş hastalar için yoğunluğu az olan malzeme kullanarak fantomun içinde CTV hacmi oluşturmuş ve kritik organlar fantom BT'sinde konturlanmış. Bunun sonucunda akciğer fantom BT'si üzerinde 1 ve 2,5 cm'lik çene genişliği kullanarak tedavi planları oluşturulmuştur. 1 ve 2,5 cm'lik çene genişliğini karşılaştırdığında 2,5 cm'lik çene genişliği daha fazla penumbraya sahip olduğu için küçük bir tümör hacminin tedavi edilmesinde dezavantajlı olduğu görülmüştür. Bizim yaptığımız bu çalışmada Kanagaki ve ark. yaptığı çalışmayla benzerlik gösterip küçük çene genişliklerinin, sağlıklı organların daha iyi korunduğu gözlenmiştir (8).

Panet ve arkadaşlarının çalışmasında IMRT ve VMAT tekniğini optik kiazmanın aldığı maksimum doz değerleri açısından karşılaştırmış, IMRT tekniğinde maksimum doz değeri 53.42 Gy olarak belirlenmiş, VMAT tekniğinde ise bu değer 53.73 Gy olarak hesaplanmış olup farkın anlamlı

olmadığı görülmüştür. Bizim yaptığımız çalışmada ise helikal tomoterapide optik kiazmanın aldığı maksimum doz değeri 2,5 cm çene genişliği için 43,69 5 cm çene genişliği için 46,84 olarak hesaplanmış olup IMRT ve VMAT tekniğine göre optik kiazma daha az doz almıştır (9).

KAYNAKLAR

- 1.Haiyun L. Evaluation of 3D-CRT, IMRT and VMAT radiotherapy plans. for left breast cancer based on clinical dosimetric study'. Computerized Medical Imaging and Graphics. 2016;54:1-5.
- 2.Kim, B. Soisson, E. Duma, C. Chen, P. Hafer, R. Treatment of recurrent high grade gliomas with hypofractionated stereotactic image-guided helical tomotherapy. Clinical Neurology and Neurosurgery. 2011; 113(6):509-51.
- 3.Bijdekerke P, Verellen D, Tournel K, Vinh-Hung V, Somers F, Bieseman P et al. TomoTherapy: Implications on daily workload and scheduling patients. Radiotherapy and Oncology 2008; 86(2): 224-30.
- 4.RTOG 0225. Radiation Therapy Oncology Group. A Phase II Study Of Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) +/- Chemotherapy For Nasopharyngeal Cancer. 2005.
- 5.RTOG 0825, Radiation Therapy Oncology Group, Phase III Double-Blind Placebo Controlled Trial Of Conventional Concurrent Chemo radiation And Adjuvant Temozolomide Plus Bevacizumab Versus Conventional Concurrent Chemo radiation And Adjuvant Temozolomide In Patients With Newly Diagnosed Glioblastoma. 2009.
- 6.Manabe Y, Shibamoto Y, Sugie C, Hayashi A, Murai T, Yanagi T. Helical and static-port tomotherapy using the newly-developed dynamic jaws technology for lung cancer. Technology in cancer research & treatment. 2015; 14(5): 583-91.

7.Moldovan M, Fontenot JD, Gibbons JP, Lee TK, Rosen II, Fields RS, et al. Investigation of pitch and jaw width to decrease delivery time of helical tomotherapy treatments for head and neck cancer. *Medical Dosimetry*. 2011;36(4): 397-403.

8.Kanagaki B, Read, PW, Molloy JA, Lerner JM, Sheng K. A motion phantom study on helical tomotherapy: the dosimetric impacts of delivery technique and motion”, *Physics in medicine and biology*. 2007; 52(1): 243-55.

9..Panet RV, Ansbacher W, Zavgorodni S, Bendorffe B, Nichol A, Truong PT, Beckham W, Vlachaki M. Coplanar versus non coplanar intensity- modulated radiation therapy (IMRT) and volumetric-modulated arc therapy (VMAT) treatment planning for fronto-temporal high-grade glioma”, *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2012; 13(4):44-53