

EJONS

International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

(Uluslararası Fen, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi)

<https://ejons.org/index.php/ejons>

e-ISSN: 2602 - 4136

Araştırma Makalesi

Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10813174>

Radyoterapi Endikasyonlu Periapüller Bölge Kanserlerinde Farklı Tps Verilerinin Dozimetrik Karşılaştırması

Ahmet ŞAHİN^{1,*}¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, 42080, Konya, Meram*Sorumlu Yazar e-mail: ahmetsahin058@gmail.com

Makale Tarihi

Geliş: 20.02.2024

Kabul: 14.03.2024

Anahtar Kelimeler

TPS,
Algoritma,
Segment sayısı,
Mu.

Öz: Radyoterapi tedavi öncesinde sanal simülasyon imkânı sunan kısaca TPS adı verilen tedavi planlama sistemlerinin hesapladığı radyasyon birim doz miktarını kompleks lineer hızlandırıcı cihazlarında hedef hacme verilmesi ile uygulanır. Hedeflenen doku hacmine verilecek dozun hesaplanması ve uygulanması için, çeşitli tedavi planlama sistemleri kullanılmaktadır. TPS' ler içerisinde çeşitli tedavi planlama algoritmaları barındırmaktadırlar. Bu algoritmalar sayesinde vücuttaki tüm organ ve dokuların alacakları dozların üç boyutlu olarak simülasyonu yapılmakta, elde edilen doz dağılımları ile optimum tedavi planları önceden hazırlanabilmektedir. Farklı tedavi planlama algoritmalarının birbirlerine karşı üstün özellikleri olabilmektedir. Bu amaçla Prowess Panther tedavi planlama sistemi ve Eclipse tedavi planlama sistemlerine aktarılan hasta verileri ile optimum tedavi planları elde edilerek TPS' ler arasında dozimetrik karşılaştırma yapılacaktır. Çalışmamızda, Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fak. Radyasyon Onkolojisi Bölümüne periapüller kanseri teşhisi ile gelen 10 hasta ele alınacaktır. Her iki planlama için, ters planlama tekniğiyle yapılan optimizasyon işleminden sonra Prowess Panther tedavi planlama sisteminde Collapse Cone Convolution Süperposition algoritmasıyla, Eclipse tedavi planlama sisteminde ise Pencil Beam Convolution algoritmasıyla üç boyutlu doz dağılımları hesaplanacaktır. İki tedavi planıyla yapılan karşılaştırma sonucu hastaların tedavi süreleri, plan segment sayıları, MU birim sayısı ve risk altındaki organ dozlarında (OAR) anlamlı farklar tespit edildi. Uluslararası doz kabul kriterlerine bakılarak karşılaştırılan tedavi planlarında risk altındaki organ dozlarında da Prowess TPS 'in tedaviye olumlu katkısı olduğu gözlemlendi. Sonuç olarak; farklı algoritmaları içerisinde barındıran tedavi planlama sistemlerinden elde edilen dozimetrik verilerde farklar olabileceği için, tedavi sürelerini kısaltan ve risk altındaki organlara daha az doz veren TPS' ler kliniklerin imkanları dahilinde tercih edilmelidir.

Atıf Künyesi: Şahin, A. (2024). Radyoterapi Endikasyonlu Periapüller Bölge Kanserlerinde Farklı Tps Verilerinin Dozimetrik Karşılaştırması, EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(1):76-82. **How To Cite** Şahin, A. (2024). Dosimetric Comparison Of Different Tps Data In Periapullar Cancers With Radiotherapy Indication, EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(1):76-82.

Dosimetric Comparison of Different Tps Data In Periapullar Cancers With Radiotherapy Indication

Article Info

Received: 20.02.2024

Accepted: 14.03.2024

Keywords

TPS,
Algorithm,
Number of segments,
Mu

Abstract: Radiotherapy is applied by giving the radiation unit dose amount calculated by the treatment planning systems, shortly called TPS, which provides virtual simulation before the treatment, to the target volume in complex linear accelerator devices. Various treatment planning systems are used to calculate and apply the dose to the targeted tissue volume. TPSs contain various treatment planning algorithms. Thanks to these algorithms, the doses to be received by all organs and tissues in the body are simulated in three dimensions, and optimum treatment plans can be prepared in advance with the dose distributions obtained. Different treatment planning algorithms may have superior features against each other. For this purpose, dosimetric comparison between TPSs will be made by obtaining optimum treatment plans with patient data transferred to Prowess Panther treatment planning system and Eclipse treatment planning systems. In our study, Necmettin Erbakan University Meram Medical Faculty. 10 patients who came to the Radiation Oncology Department with the diagnosis of periampullary cancer will be discussed. For both planning, three-dimensional dose distributions will be calculated with Collapse Cone Convolution Superposition algorithm in Prowess Panther treatment planning system and Pencil Beam Convolution algorithm in Eclipse treatment planning system after optimization with reverse planning technique. As a result of the comparison with the two treatment plans, significant differences were detected in the treatment duration, plan segment numbers, number of MU units and doses of organs at risk (OAR). It was observed that Prowess TPS had a positive contribution to the treatment in the doses of organs at risk in the treatment plans compared by looking at the international dose acceptance criteria. As a result; Since there may be differences in the dosimetric data obtained from the treatment planning systems that contain different algorithms, TPSs that shorten the treatment times and give less doses to the organs at risk should be preferred within the possibilities of the clinics.

1.Giriş

Pankreas tümörleri içerisinde yer alan pankreas başı, distal safra kanalı, ampulla ve ampullaya komşu duodenumdan köken alan tümörler, periampüller bölge tümörleri (PBT) başlığı altında incelenmektedir (Ding et al., 2019). Periampüller bölgede her ne kadar diğer benign ve malign neoplaziler görülse de bu bölge tümörlerinin büyük kısmı adenokarsinom grubuna aittir (Thapa, 2015).

Radyoterapi cihazlarının farklı teknikleri ve modelleri sayesinde, bilgisayar tabanlı tedavi planlama sistemleri (TPS) kullanılarak hastaların daha doğru, keskin, hızlı, güvenli ve kaliteli doz verimliliği sağlanmaktadır (N. Lee et al., 2002).

Radyasyon ile tedavi anlamına gelen radyoterapinin gelişimine baktığımızda lineer hızlandırıcı vb. yüksek enerjili radyasyon cihazları ile ilk nesli iki boyutlu, günümüzde ise üç boyutlu tedavi planlama sistemleri radyoterapinin 2 önemli ayağını oluşturmaktadır. Farklı tedavi planlama sistemleri aynı terapi cihazlarına farklı tedavi kabiliyetleri ve teknikler kazandırabilmektedir.

Tedavi planlamalarında, radyoterapi kliniklerinin imkanları dahilinde vakaya en uygun teknik, cihaz ve TPS' in seçimi zaman ve maliyet açısından oldukça önem arz etmektedir.

IMRT' nin farklı uygulamaları sayesinde risk altındaki organlar üzerindeki istenmeyen doz maruziyetini azaltarak hedef hacimlerde daha iyi tümör kontrolü, homojen ve konformal doz dağılımları elde edilmektedir. (Huang, Wang, Hu, & Ying, 2013).

Azalan MU değerleri sayesinde yeni nesil tedavi tekniklerinde, kritik organlar üzerinde düşük-doza maruziyetinin azalmasına bağlı olarak ikincil kanser riski önemli miktarda azalabileceği düşünülmektedir (Verbakel et al., 2009).

Ek olarak, süre artışına bağlı olarak inter and intrafraction organ ve hasta hareketleri tedavi başarısını doğrudan etkilemektedir (Michalski, Atyeo, Cox, & Rinks, 2012).

Radyoterapi kliniklerde kullanılan farklı model helikal ve lineer hızlandırıcı radyoterapi cihazlarından elde edilen tedavi planlarına ait dozimetrik parametreler farklılık gösterebileceğinden dolayı bu tedavi tekniklerinin birbirlerine göre hedef hacim, kritik organlar ve dozimetrik parametreler üzerinde bir takım avantaj ve dezavantajları da mevcuttur (T.-F. Lee et al., 2008; Wu, Wing-lun, & Wing-ki, 2010).

Lineer hızlandırıcıların ve üç boyutlu tedavi planlama sistemlerinin artan yüksek teknolojiye paralellik gösteren donanımlarının ve yazılımlarının gelişimi, bu cihazları radyoterapi alanının temel sistemleri haline getirmiştir.

Tedavinin sürecindeki en önemli aşamalardan birisi de kullanıcılara tedavi öncesi sanal simülasyon olanağı sunan tedavi planlama sistemleridir. Bu planlama sistemleri, tedavi cihazlarına entegre olarak çalışmaktadırlar. Tedavi cihazlarının radyoterapi merkezlerine kurulması sonrası önemli aşamalardan bir tanesi TPS' lere önceden yüklenmiş olan algoritmalar. Algoritmalar radyasyonun ilgili doku içerisinde izlediği yolu ve etkileşimini bize tedavi öncesinde yüksek doğrulukta gösteren hassas yapay zekâ kodlarıdır. Algoritmalar sayesinde verilmek istenen miktarda radyasyonun hedef hacme etkisi görülebilmekte, risk altındaki organların radyasyon dozundan daha az etkilenecek şekilde korunması sağlanabilmektedir.

Tedavi alanlarının segment adı verilen küçük alanlara bölünmesi ile yoğunluk ayarlı modülasyonlu tedavinin uygulanmasına Statik YART (IMRT) adı verilir. Bu segmentler eş yoğunluklu radyasyon akısının tedavi konturuna göre modellenmiş dozimetrisinin uygulanması için tedavi planlama sistemlerinde oluşturulur ve ÇYK adı verilen kolimatör yapılarının hareketleri sonucu ilgili alana göre konumlandırılır. TPS' ler her alanın ve her segmentin MU ismi verilen radyasyon doz birimini algoritmalar yardımıyla hesaplar. Bu tedavi gantri dönüşünde ve segmentlerin oluşturulması sırasında ışının kesilmesi prensibine dayanır. Bu yüzden Dur Işınla (Step and Shoot) tekniği olarak ta adlandırılır.

Konformal radyoterapinin teknoloji ile paralel gelişim sonrası, tedavilerden alınan yanıt büyük miktarda artmıştır. Hacimsel anatomik verinin, üç boyutlu olarak sanal ortamda işlenmesi ile tedavi öncesi anlaşılabilirlik üst düzeyde olmaktadır. Tedavi planı, hem hedef dokuya reçete edilen miktar dozda uygulanmalı, hem de risk altındaki organlara, protokol kriterlerini aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Bu işlemin ardından doz dağılımları üç ekseninde kontrol edilerek protokollere uygunluğu analiz edilmelidir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma için tedavisi tamamlanan 10 tane periampüller kanserli hasta seçildi. Bu hastaların tomografi görüntüleri, Siemens marka tomografi cihazı ile 3 mm kesit aralığında uygun set-up koşullarına göre alındı. Hedef doku ve organlar ile karaciğer, sağ böbrek, sol böbrek, medulla spinalis gibi kritik organlar tek radyasyon onkoloğu tarafından konturlandı. Hasta sabitleme için diz altı yastık ve ayak sabitleyici kullanıldı. Bu görüntüler eş zamanlı olarak Eclipse ve Prowess Panther tedavi planlama sistemlerine aktarıldı. Konturlanan bu görüntülerden elde edilen hedef dokular ve kritik organlardan oluşan vücut konturu üzerinde sanal simülasyon yapılarak reçetelendirilen dozun hedef dokuya optimum ulaşması ve risk altındaki organların korunması sağlanarak, her iki tedavi planlama sisteminde de ters planlama tekniği ile üç boyutlu tedavi planları oluşturuldu. Hazırlanan tedavi planları Dur Işınla (Step and Shoot) tekniği ile lineer hızlandırıcıda 6 MV foton enerjisiyle, 300 MU/dk doz hızında ışınlandı. Her iki tedavi planlama sisteminde de 25°, 60°, 100°, 180°, 260°, 300° ve 330° olacak şekilde eş açılı 7 alanlı planlar oluşturuldu. Hedef hacim PTV' ye 1.8 Gy x 25 fraksiyondan toplam 45 Gy doz verildi. Tedavi planlarında, ideal doz dağılımı elde edilene kadar optimizasyon işlemleri tekrar edildi. Tedavi planları için doz maksimum (Dmaks), tedavi süresi, MU' ler, segment sayıları, homojenite indeks (HI), konformite indeks (CI) verileri değerlendirildi.

Doz hacim histogramlarındaki rakamlar, grafikler ve çizgiler radyoterapi planını analiz etmede yetersiz kalabilir. Bu nedenle hedef hacim içindeki uygun doz sarımı ve doz homojenitesini daha basit ifade etme arayışı ortaya çıkmaktadır. Konformite indeks ve homojenite indeksler konformal radyoterapinin tedavi planlarını analiz eden iki araçlardır (Rosenwald, Gaboriaud, & Pontvert, 1999).

Doz homojenite ve doz konformite soğurulan doz dağılımlarını gösteren bağımsız parametrelerdir. Doz homojenitesi, hedef hacim içerisindeki soğurulan dozun düzgünlüğünü karakterize eder. Doz konformitesi ise doz dağılımının planlanan hedef hacim ile uyumunu kontrol eder (Petrova, Smickovska, & Lazarevska, 2017).

Konformite indeks kolayca yorumlanabilir. Konformite indeksin 1'e eşit olması yüksek konformite veya ideal doz dağılımı olduğunu gösterir. Konformite indeksin birden fazla olması ışınlanan hacmin hedef hacimden fazla olduğunu, hedef olmayan normal dokunun bir kısmını sardığını gösterir. Konformite indeksin birden küçük olması durumunda ise hedef dokunun kısmi olarak ışınlandığını ifade eder.

2.1. İstatistiksel Analiz

Veri analizi SPSS 25 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tedavi planlamaları arasında $\text{ort} \pm \text{SD}$ ölçüm değerleri açısından farklılıklar bağımsız örneklem t testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. p değeri < 0.05 olduğunda farklılıklar anlamlı kabul edildi.

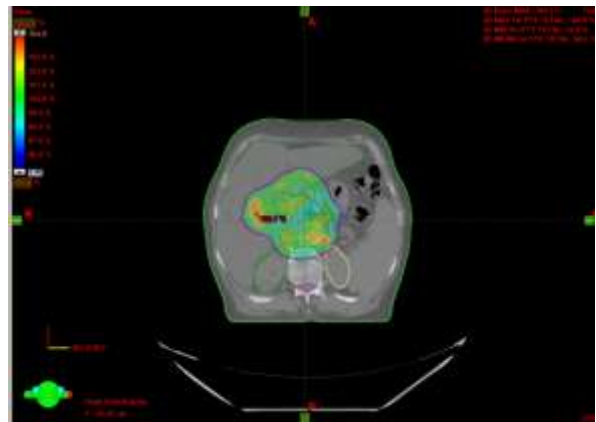
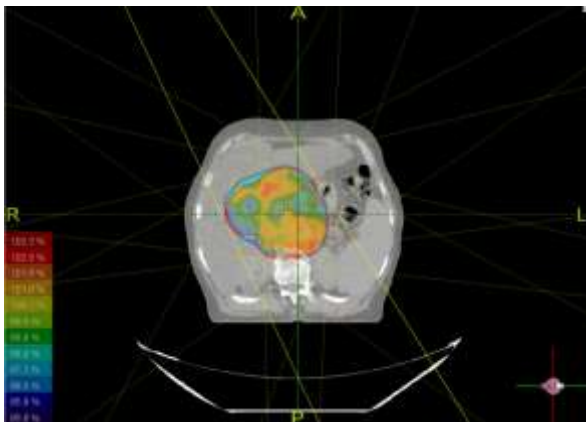
3. Bulgular ve Tartışma

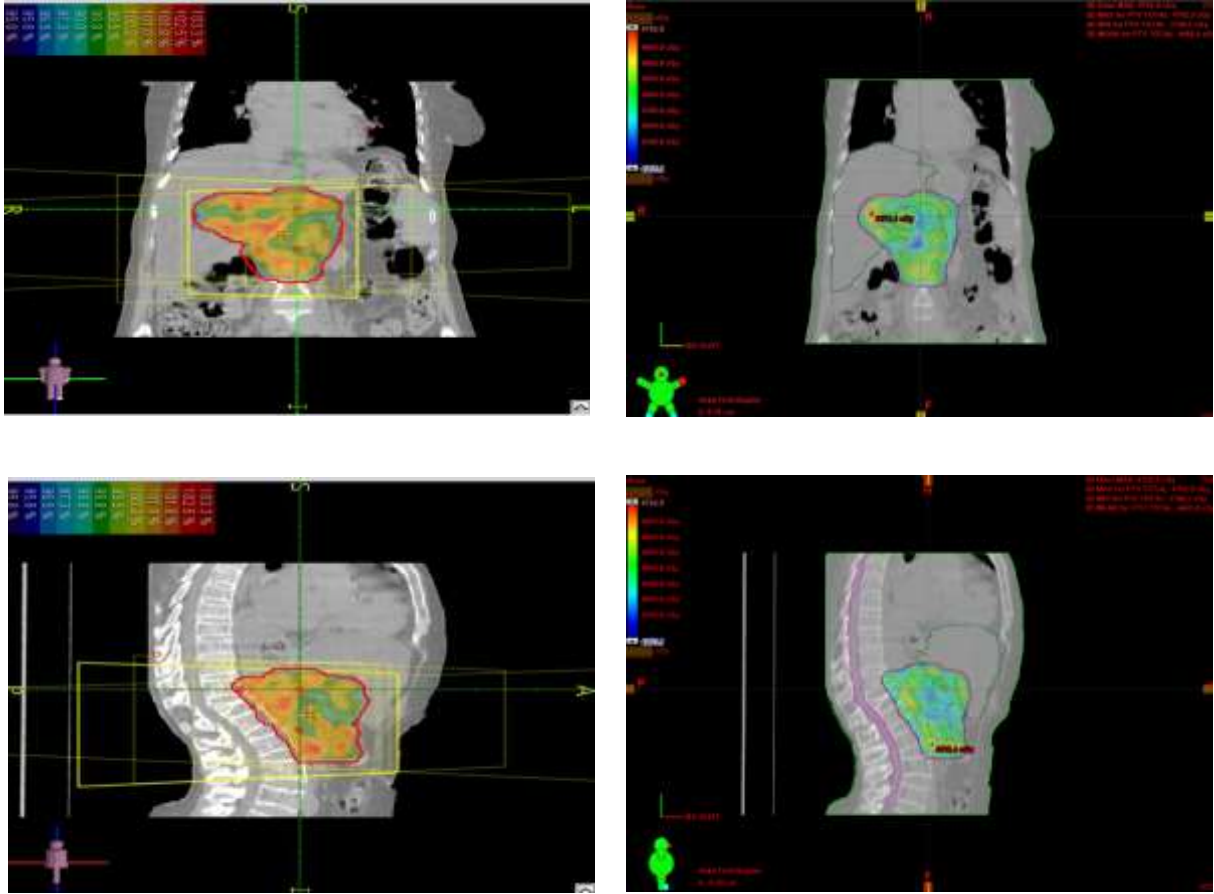
PTV-45 hedef hacim için Eclipse TPS, PBC algoritması ve Prowess Panther TPS, CCCS algoritmasının hesapladığı doz sayısı (MU), segment sayıları, maksimum doz değerleri (Dmaks), tedavi süreleri ile Homojenite İndeksi (HI), Konformite İndekslerinin (CI) ortalama değerleri ve standart sapmaları tablo 1'de gösterilmiştir.

Periampüller bölge kanserli bir hasta için Eclipse ve Prowess Panther TPS' te hazırlanan tedavi planlarının sagittal, koronal ve aksiyel eksenlerdeki primer hedef hacmine 42.75 Gy ve üzeri örnek doz dağılımları şekil 1'de gösterildi.

İki TPS için tedavi süreleri farklı olmakla birlikte en yüksek tedavi süresi Eclipse TPS, PBC algoritmasında hesaplandı. Ek olarak, en düşük MU değerleri ise Prowess Panther TPS' te gözlemlendi.

Her iki TPS için periampüller tedavi planlarında homojenite indeks (HI) değerleri arasında anlamlı farklar görülmezken, bir diğer kalite parametresi olan konformite indeksler (CI) açısından, Eclipse TPS 'e kıyasla Prowess Panther TPS 'te konformite indeks verilerinin 1 sayısına daha yakın olduğu ve daha konformal planlar elde edildiğini söyleyebiliriz.





Şekil 1: Periaampüller bölge kanserli örnek bir hasta için PBC algoritmali Eclipse TPS ve CCCS algoritmali Prowess Panther TPS' lerde 42.75 Gy ve üzeri sagittal, koronal ve aksiyel kesitlerde doz dağılımları.

Aynı tedavi koşullarında periaampüller bölge kanserli 10 hasta için verilen dozun temel hedef hacim PTV' yi kapsamasi açısından en iyi algoritma CCCS olarak belirlenmiştir. Risk altındaki kritik organlar incelendiğinde ise iki algoritmanın da doz limitlerinin altında sonuç verdiği ve farklı organlarda farklı üstünlükleri olduğu bulunmuştur.

Tablo 1: Eclipse TPS ile Prowess Panther TPS verilerinden elde edilen birim doz sayısı (MU), segment sayıları, maksimum doz değerleri (Dmax) ile Homojenite indeksi (HI), Konformite indeksleri (CI), Tedavi Süreleri ve p-değerleri.

Teknik Veriler	Eclipse TPS, PBC Algoritması ort±SD	Prowess Panther TPS, CCCS Algoritması ort±SD	Eclipse vs Prowess Panther p- değerleri
Tedavi Süresi (dk)	10,8±1,57	9,1±0,45	<0,001
MU	475±52,4	416±20,8	<0,001
Segment Sayısı	79± 5,0	63,3± 0,3	<0,003
D _{maks}	% 104,5± 1,0	%103,35± 1,6	<0,001
HI	1,1±0,05	1,08±0,02	<0,001
CI	0,996±0,01	0,998±0,02	<0,001

MU: Monitor Birim Sayısı, **CI:** Konformite İndeks, **HI:**Homojenite İndeks, **SD:**Standart Sapma

4.Sonuç

Bu çalışmada, periampüller bölge kanserleri için Eclipse TPS, PBC algoritması ve Prowess Panther TPS, CCCS algoritması kullanılarak hedef hacim ve doz hacim limitlerindeki kritik organ dozları, MU değerleri, tedavi süreleri, Dmaks değerleri, doz homojenite ve konformite indeksleri elde edildi ve bu algoritmaların sonuçları birbirleriyle karşılaştırıldı.

Aynı tedavi koşullarında dozun temel hedef hacim PTV' yi kapsaması açısından en iyi algoritma CCCS olarak belirlenmiştir. Risk altındaki kritik organlar incelendiğinde ise iki algoritmanın da doz limitlerinin altında sonuç verdiği ve farklı organlarda farklı üstünlükleri olduğu bulunmuştur.

Radyoterapide verilmek istenen hedef radyasyon dozuna erişmek için lineer hızlandırıcı cihazının verdiği monitör birim sayıları (MU), Pencil Beam Convolution (PBC) algoritmasında belirgin derecede yüksek çıkmıştır. Hedef dozu vermek için en fazla ışınlamaya PBC algoritmasında gerek duyulmaktadır.

Hasta tedavi süreleri açısından incelediğimizde ise en kısa tedavi süresini veren TPS, tüm hastalarda Prowess Panther olarak belirlenmiştir. Bu durumun sebebinin gelişen teknolojiye bağlı olarak yeni nesil Collapse Cone Convolution Süperposition (CCCS) algoritmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Poppe ve arkadaşları (2011), pankreas kanserleri için 3D-konformal RT, yoğunluk ayarlı RT (IMRT) ve helikal yoğunluk ayarlı RT planları hazırlayıp bu tedavi planlarını aynı koşullarda karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak helikal IMRT tedavisinin, standart IMRT tedavilere göre benzer sonuçlar verdiğini ancak her iki IMRT tedavilerinin 3D-konformal tedaviye göre olumlu katkıları olduğunu bildirmişlerdir (Poppe et al., 2011).

Taylor ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmalarında pankreas için helikal IMRT ve linak bazlı IMRT tekniklerini karşılaştırmışlardır. Hedef kapsamlarının iki sistem arasında eşdeğer olduğunu ancak Helikal IMRT' nin mide ve ince bağırsağı önemli ölçüde daha iyi korunduğunu ifade etmişlerdir. Helikal IMRT ile risk altındaki organların azaltılmış dozunun, pankreas başı kanserlerinin radyoterapisinde terapötik oranlarının muhtemel olduğunu ifade etmişlerdir(Taylor et al., 2012).

Çalışmamızın değerlendirmeleri sonucu Collapse Cone Convolution Süperposition (CCCS) algoritmasını kullanan Prowess Panther Tedavi Planlama Sisteminin, Pencil Beam Convolution (PBC) algoritmasını kullanan Eclipse Tedavi Planlama Sistemine kıyasla aynı koşullarda hasta tedavi süreleri ve monitör birim sayılarındaki düşük miktarlar dikkat çekmiştir. Bu sonuç hem hasta konforu ve immobilizasyonu açısından hem de sekonder kanser riskini azaltmasından dolayı radyoterapide çok istenen bir durumdur. Özellikle kısa sürede tedavi gereken vakalarda bu avantajın kullanılması kliniğe fayda sağlayacaktır. Risk altındaki organ dozları açısından Pencil Beam Convolution (PBC) algoritmasını kullanan Eclipse Tedavi Planlama Sisteminde maksimum, minimum ve ortalama dozlar açısından daha düşük doz değerleri elde edildiği net bir şekilde söylenebilir. Sonuç olarak; içlerinde farklı algoritmaları barındıran tedavi planlama sistemlerinden elde edilen dozimetrik verilerde farklar olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı tedavi planlama imkânı olan klinikler için, hasta tedavisine olumlu katkı yapacak planlama sistemleri devamlı araştırılmalı ve tercih edilmelidir.

Teşekkür veya Açıklama

Bu çalışma herhangi bir kurum ya da araştırma merkezi tarafından finansal olarak desteklenmemiştir. Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ding, H., Zhou, P., Xu, M., Chen, W., Li, Q., Chen, T., . . . Zhang, Y. (2019). Combining endoscopic ultrasound and tumor markers improves the diagnostic yield on the etiology of common bile duct dilation secondary to periampullary pathologies. *Annals of Translational Medicine*, 7(14).
- Huang, S., Wang, X., Hu, C., & Ying, H. (2013). Hypothalamic–pituitary–thyroid dysfunction induced by intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for adult patients with nasopharyngeal carcinoma. *Medical Oncology*, 30(4), 1-11.

- Lee, N., Xia, P., Quivey, J. M., Sultanem, K., Poon, I., Akazawa, C., . . . Fu, K. K. (2002). Intensity-modulated radiotherapy in the treatment of nasopharyngeal carcinoma: an update of the UCSF experience. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 53(1), 12-22.
- Lee, T.-F., Fang, F.-M., Chao, P.-J., Su, T.-J., Wang, L. K., & Leung, S. W. (2008). Dosimetric comparisons of helical tomotherapy and step-and-shoot intensity-modulated radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma. *Radiotherapy and oncology*, 89(1), 89-96.
- Michalski, A., Atyeo, J., Cox, J., & Rinks, M. (2012). Inter-and intra-fraction motion during radiation therapy to the whole breast in the supine position: a systematic review. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 56(5), 499-509.
- Petrova, D., Smickovska, S., & Lazarevska, E. (2017). Conformity index and homogeneity index of the postoperative whole breast radiotherapy. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 5(6), 736.
- Poppe, M. M., Narra, V., Yue, N. J., Zhou, J., Nelson, C., & Jabbour, S. K. (2011). A comparison of helical intensity-modulated radiotherapy, intensity-modulated radiotherapy, and 3D-conformal radiation therapy for pancreatic cancer. *Medical Dosimetry*, 36(4), 351-357.
- Rosenwald, J., Gaboriaud, G., & Pontvert, D. (1999). Conformal radiotherapy: Principles and classification. *Cancer radiotherapie: journal de la Societe francaise de radiotherapie oncologique*, 3(5), 367-377.
- Taylor, R., Opfermann, K., Jones, B. D., Terwilliger, L. E., McDonald, D. G., Ashenafi, M. S., . . . Marshall, D. T. (2012). Comparison of radiation treatment delivery for pancreatic cancer: Linac intensity-modulated radiotherapy versus helical tomotherapy. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 56(3), 332-337.
- Thapa, P. (2015). Epidemiology of pancreatic and periampullary cancer. *Indian Journal of Surgery*, 77(5), 358-361.
- Verbakel, W. F., Cuijpers, J. P., Hoffmans, D., Bieker, M., Slotman, B. J., & Senan, S. (2009). Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 74(1), 252-259.
- Wu, W. V., Wing-lun, A. M., & Wing-ki, W. F. (2010). Helical tomotherapy of nasopharyngeal carcinoma—any advantages over conventional intensity-modulated radiotherapy? *Medical Dosimetry*, 35(2), 122-127.