

## Quality control methods and analyzes of the tomotherapy Tomoterapi kalite kontrol yöntemleri ve analizleri

Özgür Kablan<sup>1</sup>, Ali Hikmet Eriş<sup>1</sup>

*1Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilimdalı*

**Sorumlu yazar:** Özgür Kablan, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilimdalı, e-mail:okablan@gmail.com

**Çıkar çatışması:** Herhangibir çıkar çatışması yoktur

### GİRİŞ

Kesit tedavisi anlamına gelen Tomoterapi, Intensive Modulated Radiation Therapy (IMRT) ile birlikte Image Guided Radiotherapy (IGRT) yöntemiyle helikal veya sabit gantri açıları ile ışınlama yapan bir radyoterapi cihazıdır.

Helikal Tomoterapi kendine özgü planlama sistemi ve tasarımsal yapısı olan bilgisayarlı tomografi mantığı ile çalışır. Işınlama esnasında masa gantri yönünde içeri doğru hareket ederek, Multy Leaf Collimator (MLC) sisteminin modüle edilmesiyle birlikte homojen bir doz dağılımı edilmeye çalışılmaktadır. Dolayısıyla diğer konvansiyonel sistemlere göre hasta plan ve cihaz kalite kontrolleri zor ve karmaşık bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Tomoterapiye ait Hi Art Tedavi Planlama sisteminde yapılan planların doz dağılımlarının doğruluğunu, 2D Array, Octavius Fantom, Cheese Fantom, Gafchromic Film ve iyon odası ile nokta doz ölçümü yapıldıktan sonra, elde edilen sonuçları karşılaştırılarak belirleyebiliriz.

Planlama sistemine göre yapılan ölçümlerdeki hata paylarının birbirlerine göre ne oranda değişkenlik gösterdiği ve bu hata oranlarının limitlerinin hangi aralıklarda olması gerektiği izin verilen değerler ele alınarak bir sonuç çıkarılmaya çalışılır.

Kapulsky ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada hasta spesifik QA ölçümlerinde, vidar

tarayıcısında elde ettikleri QA sonuçlarına göre EDRS filmlerinin EBT3 filmlerine göre daha üstün bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir (1).

Phurailatpam ve Upreti yaptıkları çalışmada toraks fantom IMRT çalışmalarında iyon odası, mosfet ve EDR2 filmlerinin QA sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak mosfet ölçümünün homojen olmayan fantomun merkezindeki iyon odası ölçümüyle uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Ölçülen yüzey dozunun Ramsey ve arkadaşlarının verileriyle TPS hesaplamalarında %10'luk bir farkla uyum içinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma mosfetin nokta ve yüzey dozu ölçümlerinde iyon odasının bir alternatifi olarak kullanılabileceğini göstermiştir (2).

Ke Sheng ve arkadaşları tomoterapide on board dedektör kullanarak çıkış dozuna dayalı üç boyutlu bir doz doğrulama yöntemi kullanmışlardır. Bu şekilde doğrulama dozlarını hesaplamak için QA planlarındaki iyon odası ve film ölçümüyle ve hasta planlamasındaki plan dozu ile karşılaştırılarak CT görüntülerinde ileri düzeyde projeksiyon uygulaması yapmışlardır. Sonuç olarak ölçüm ile doğrulama dozu arasında mükemmel bir uyum gözlediler.

Hasta tedavilerinde, planning tumor volume (PTV)'lerin ve risk altındaki organların çoğunluğundaki dozlar kümülatif tedaviler için %5'lik değerinde olduğu görülmüştür.

Ayrıca gördüler ki, dozimetrik hata, çok yapraklı kolimatörün leaf açma süresinde gantri dönme periyoduyla alakalı bir duyarlılıkla gelişebilir (3).

W. Lam ve arkadaşları helikal tomoterapi steotaktik radyocerrahi (SRS) ve hasta boyutuna göre değişimi için hastaya özgü kalite kontrolde 4D dedektör kullanılması etkinliğini değerlendirmişlerdir. Bunun için 8 adet helikal tomoterapi SRS vakasını geriye dönük olarak dört boyutlu dedektör dizisini kullanarak QA ölçümü için değerlendirmeye almışlardır. Sonuç olarak mutlak doz ölçümlerinin TPS hesaplamaları ile uyumlu olduğunu ve bu farkın da %2.5 luk değerinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Fakat görüldü ki hastaya özel QA sonuçlarında tomoterapi SRS vakaları için 4D dedektör dizilimi kullanıldığında sınırlı bir doğruluk sağladığı gözlemlenmiştir. Test planlarının sonuçları, cihaz hedef çapı 5 cm'den az olan tedaviyi doğrulamak için kullanıldığında, özel dikkat gösterilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu tür durumlarda da film kullanılarak yapılan QA hesaplamaları daha uygun olmaktadır (4).

Margherita Zani ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada helikal tomoterapi cihazında tedavi edilen farklı klinik baş boyun planlarının build-up ve yüzeysel dozlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Homojen olmayan doz bölgelerinde doğru doz modellemelerinin TPS kapasitesini değerlendirmek açısından derin doz profilleri ve yüzeysel doz değerleri ölçülmüştür. Bunları yaparken de klinik tedavilerde karşılaşılan geometrik ve saçılma koşulları araştırılarak aynı koşullar sağlamaya çalıştıklarını belirtmişlerdir. Ölçümler Gafchromik EBT3 ve sentetik tek elmas kristali olan PTW dedektörü ile yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında iki cihazla yapılan ölçümler uyumlu ve ölçülen data değerleri benzer çıkmışlardır. Sapmaların referans tolerans seviyede olduğu görülmüştür (5).

Krzysztof Mikolajczyk ve Tomasz Piotrowski helikal tomoterapinin rutin kalite kontrolleri için silindirik bir stepwedge fantom geliştirmeye çalışmışlardır.

Yaptıkları çalışmadaki amaç tomoterapi cihazının ve üretilen radyasyon ışınlarının parametrelerinin tanımlanacağı silindirik bir stepwedge fantomu ve uygun bir tedavi prensibi tasarlamaktır. Ölçüm sistemi yardımıyla

tanımlanabilen parametre belirleme hassasiyeti de değerlendirilmiştir.

Geliştirdikleri ve ürettikleri silindirik fantomla masa hızı, bir derinlikteki doz oranı değeri, doz oranı katsayıları ve gantri dönüşünün zamanı gibi parametreleri hesaplamak için toplam 18 prosedür hesaplandığını bildirmişlerdir. Nihai sonuç olarak 5 dk süren tek bir ışınlama prosedürü sırasında silindirik adım ağı fantomunun, belirtilen parametrelerin tam olarak belirlenmesine izin verdiğini göstermişlerdir (6).

Vladimir Feygelman ve arkadaşları yaptığı çalışmada ise Delta4 biplanar diyot dizisi dozimetresini, helikal tomoterapi QA için doğrulamışlardır. Temel dedektör özelliklerinden tekrarlanabilirlik, doğrusallık, doz hızı bağımlılığı ve mutlak kalibrasyon doğruluğu açısından tatmin edici olduğu bulunmuştur (7).

C.Fulcheri ve arkadaşları üç yıl boyunca klinikte gerçekleştirilen Tomoterapi QA sonuçlarını incelemişler ve hasta QA'larını patolojiye ve ışınlanmış bölgeye göre gruplandırmışlardır. Bu gruplandırmaları yaparken QA'lara bağlı olarak cihaz parametrelerine, doz reçetesine ve ışınlanmış hacimlerin in-axis/off-axis pozisyonlarındaki durumlarına bakılmıştır.

QA ölçümlerini, bir ArcCHECK dozimetresi fantomu ile birlikte bir dahili A1SL iyonizasyon odası ile birlikte gerçekleştirdiler. Mutlak doz karşılaştırmaları analizi parametrik olmayan Friedman testi ile yapılmıştır.

Yaptıkları çalışmada hasta QA ölçüm değerlerinin her zaman kalite kriterlerini karşıladığını gördüler. Bununla birlikte, aynı zamanda farklı alanlardaki relatif farklar (RD) ve gama geçiş oranı (GP) değerlerindeki farklılıkları da gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre, QA frekanslarını ve/veya toleranslarının yeniden tasarlanabileceğini belirtmişlerdir (8).

Sonuç olarak Tomoterapi cihazında kalite kontrol ve hastaya verilen doz güvenliğinin test edilmesi açısından birçok yöntem geliştirilmekte ve bu işleyiş devam etmektedir. Kliniğe uygun olan en doğru sistem elimizde bulunan doz ölçüm sistemleri ile doğrulanmalı ve eksiksiz biçimde dikkatle ele alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- 1.Kapulsky A, D.F. Lewis, A.M. Ndlovu. Adapting Gafchromic EBT3 Film to Tomotherapy Patient Specific QA process Radiother Oncol.2015;115(1):S766-S767
- 2.Phurailatpam R, Upreti RR. Delivery QA of helical tomotherapy plans in a thoracic IMRT phantom using ion chamber, MOSFET and EDR2 film. Radiother and Oncol.2009;92(1):S211-S2123.Sheng K, Jones R, Yang W, Saraiya S, Schneider B, Chen Q, et al. 3D Dose Verification Using Tomotherapy CT Detector Array. Int J Radiat Oncol Biol Phys.2012;82(1):1013-1020
- 4.Lam W, Geng H, Kong C, Cheung K, Yu S, Chiu T. Quality Assurance of Helical Tomotherapy Stereotactic Radiosurgery Treatment Using 4D Detector Array. Int J Radiat Oncol Biol Phys.2013;87(2):S577-S578
- 5.Zani M, Talamonti C, Bucciolini M, Marinelli M, Verona-Rinati G, Bonomo P, et al. In phantom assessment of superficial doses under TomoTherapy irradiation. Physica Medica.2016;32(10):1263-1270
- 6.Mikołajczyk K, Piotrowski T.Development of cylindrical stepwedge phantom for routine quality controls of a helical tomotherapy machine. Physica Medica.2013;29(1):91-98
- 7.Feygelman V, Javedan DOK, Saini AJ, Zhang G.Evaluation of a 3D Diode Array Dosimeter for Helical Tomotherapy Delivery QA. Medical Dosimetry.2010;35(4): 324-329
- 8.Fulcheri C, Chiappiniello A, Marcantonini M, Zucchetti C, Iacco M, Dipilato AC, A, et al. Patient quality assurance for HD tomotherapy®: A 3-year review of pre-treatment in-phantom dosimetry. Physica Medica.,2016;32(1):23