T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAŞ BOYUN KANSERLERİNDE UYGULANAN VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ (VMAT) PLANLARININ NİTELİK GÜVENİRLİĞİNDE FARKLI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

PELİN TAYMAZ

MEDİKAL FİZİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR - 2016

TEZ KODU:DEU.HSI.MSc-2014970071

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAŞ BOYUN KANSERLERİNDE UYGULANAN VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ (VMAT) PLANLARININ NİTELİK GÜVENİRLİĞİNDE FARKLI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

MEDİKAL FİZİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PELİN TAYMAZ

DANIŞMANLAR

Prof. Dr. Fadime AKMAN,

Yrd. Doç**.** Dr. Kadir AKGÜNGÖR

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-2014970071

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Medikal Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans programı öğrencisi Pelin TAYMAZ, **'BAŞ BOYUN KANSERLERİNDE UYGULANAN VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ (VMAT) PLANLARININ NİTELİK GÜVENİRLİĞİNDE FARKLI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI'** konulu Yüksek Lisans tezini 07.12.2016 tarihinde başarılı olarak tamamlamıştır.

BAŞKAN

Prof. Dr. Fadime AKMAN

(Dokuz Eylül Üni. Tıp Fak. Radyasyon Onkolojisi AD)

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Kadir Akgüngör

(Dokuz Eylül Üniversitesi)

(Fen Fak. Fizik Bölümü)

ÜYE

Prof. Dr. Emel Ada

(Dokuz Eylül Üniversitesi)

(Tıp Fak. Radyoloji AD)

ÜYE

Doç. Dr. Özlem Karadeniz

(Dokuz Eylül Üniversitesi)

(Fen Fak. Fizik Bölümü)

ÜYE

Prof. Dr. Yavuz Anacak

(Ege Üniversitesi)

(Tıp Fak. Radyasyon Onkolojisi AD)

YEDEK ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Yurt

(Dokuz Eylül Üniversitesi)

(Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu)

YEDEK ÜYE

Prof. Dr. Serra Kamer

(Ege Üniversitesi)

(Tıp Fak. Radyasyon Onkolojisi AD)

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER i
TABLO DİZİNİ iii
ŞEKİL DİZİNİ iv
KISALTMALAR v
ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR) vi
ÖZET 1
ABSTRACT 3
1.GİRİŞ VE AMAÇ 5
2.GENEL BİLGİLER 7
2.1 Baş-Boyun Kanseri Tedavisi ve Radyoterapinin Yeri 7
2.2. Radyoterapi Planlama 8
2.3. Radyoterapi Teknikleri 8
2.3.1. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi 8
2.3.2. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği 9
2.3.3. Volümetrik Ayarlı Ark Terapi Tekniği 10
2.4. Radyoterapide Nitelik Güvenirliğinin (QA) Önemi 10
2.4.1. Film Dozimetri 11
2.4.2. İyon Odası 12
2.4.3. Termolüminesans Dozimetre 12
2.4.4. Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID) 13
2.4.5. MapCheck 13
2.4.6. ArcCheck 13
2.5. Gama Analiz Yöntemi 15
3.GEREÇ ve YÖNTEM 17
3.1. Araştırmanın Tipi 17

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı 17
3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi/Çalışma Grupları 17
3.4. Çalışma Materyali 17
3.5. Araştırmanın Değişkenleri 17
3.6. Veri Toplama Araçları 18
3.6.1. Yüksek Enerjili Lineer Hızlandırıcı 18
3.6.2. Tedavi Planlama Sistemi 19
3.6.3. Nitelik Güvenirliği Sistemleri 19
3.6.3.1. ArcCheck 19
3.6.3.2. EPID 20
3.6.3.3. EPIQA 22
3.6.4 Gama Analiz Yöntemi 23
3.6.5 Veri Kayıt Formu 23
3.7 Araştırma Planı 24
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi 25
3.9. Araştırmanın Sınırlılıkları 25
3.10. Etik Kurul Onayı 25
4. BULGULAR 26
4.1. TPS ile ArcCheck Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 26
4.2. TPS ile Portal Dozimetri Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 26
4.3. TPS ile EPIQA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 26
4.4. İstatiksel Karşılaştırma Sonuçları 28
5. TARTIŞMA 32
6. SONUÇ 34
7. KAYNAKLAR 36
8.EKLER 39

TABLO DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.Veri Kayıt Formu Örneği 23

Tablo 2. ArcCheck, EPID ve EPIQA ile ölçülen doz haritaları ile TPS'den alınan doz haritalarının karşılaştırma sonuçları 27

Tablo 3. ArcCheck, EPID ve EPIQA ile yapılan ölçüm sonuçlarının Korelasyon Testi ile karşılaştırılması 28

Tablo 4. ArcCheck, EPID ve EPIQA ile yapılan ölçüm sonuçlarının Sample Paired T-Testi ile karşılaştırılması 28

Tablo 5. ArcCheck, EPID ve EPIQA ile yapılan ölçüm sonuçlarının Paired Samples Korelasyon sonuçları 29

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Baş boyun anatomisi…… 7

Şekil 2 . ArcCheck'in yüzeyi üzerindeki dedektörlerin görüntüsü …… 14

Şekil 3. ArcCheck'te gantri dönüşü sırasında doz toplama…….....14

Şekil 4. Gamma indeksi…….....16

Şekil 5. Yüksek enerjili lineer hızlandırıcı …….....18

Şekil 6. ArcCheck ile ölçüm …… 19

Şekil 7. ArcCheck ile doz haritalarının karşılaştırılması…….....20

Şekil 7A.TPS ile hesaplanan doz haritası…….20

Şekil 7B. ArcCheck ile ölçülen doz haritası……20

Şekil 7C. TPS ve ArcCheck ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi……..20

Şekil 8. EPID ile ölçüm…… 21

Şekil 9. EPID ile elde edilen doz haritalarının karşılaştırılması……...21

Şekil 9A. TPS ile hesaplanan doz haritası……21

Şekil 9B. TPS ve EPID ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi ……21

Şekil 9C. EPID ile ölçülen doz haritası……21

Şekil 10. EPIQA ile elde edilen doz haritalarının karşılaştırılması…… ….22

Şekil 10A. TPS ile hesaplanan doz haritası …….22

Şekil 10B. TPS ve EPIQA ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi…….22

Şekil 10C. EPIQA ile ölçülen doz haritası……22

Şekil 11. EPID ve EPIQA ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması…….29

Şekil 12. ArcCheck ve EPID ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması……..30

Şekil 13.ArcCheck ve EPIQA ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması…… 30

Şekil 14. ArcCheck, EPID ve EPIQA ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması…… 31

KISALTMALAR

VMAT	**:** Hacim Ayarlı Ark Terapi (Volume Modulated Arc Therapy)
QA	**:** Quality Assurance (Nitelik Güvenirliği)
BBK	**:** Baş-Boyun Kanseri
IMRT	**:** Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi
RT	**:** Radyoterapi
MLC	**:** Çok Yapraklı Kolimatör (Multi Leaf Collimator)
3B-KRT	**:** 3-Boyutlu Konformal Radyoterapi
GTV	**:** Gross Tümör Hacmi
CTV	**:**Klinik Hedef Volüm (Clinical Target Volume)
PTV	**:**Planlanan Hedef Volüm (Planning Target Volume)
TPS	**:** Tedavi Planlama Sistemi
TAR	**:** Doku Hava Oranı
SAR	**:** Saçılma Hava Oranı
TMR	**:** Doku Maksimum Oranı
v11	**:** Versiyon 11
ICRU	**:** International Commission on Radition Units & Measurements
FFF	**:** Flattening Filter Free
YART	**:** Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi
BT	**:** Bilgisayarlı Tomografi
MU	**:** Monitor Unit
AAA	**:** Analytic Anisotropic Algorithm
%DD	**:** Yüzde Derin Doz
DTA	**:** Mesafe Uyumu
EPID	**:** Electronic Portal Image Device

ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR)

Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik Anabilim Dalı'nın kurulmasında ve geliştirilmesinde emeği geçen tüm hocalarıma,

Tezimin hazırlanması sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan çok değerli hocalarım Prof. Dr. Fadime Akman ve Yrd. Doç. Dr. Kadir Akgüngör sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmamın klinik kısmında yardımları için Uzm. Fiz. Recep Kandemir ve istatistiksel analiz kısmında Prof. Dr. Hülya Ellidokuz'a ve yüksek lisans eğitimi boyunca destek olan meslektaşım A. Emre Karaoğuz'a

Her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Sevgili Koray Özbek'e

Hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan canım aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Pelin Taymaz
Aralık 2016

ÖZET

BAŞ BOYUN KANSERLERİNDE UYGULANAN VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ (VMAT) PLANLARININ NİTELİK GÜVENİRLİĞİNDE FARKLI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Pelin Taymaz

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Medikal Fizik Anabilim Dalı, İnciraltı-İzmir

pelintaymaz@gmail.com

Amaç: Hacim Ayarlı Ark Terapi (Volume Modulated Arc Therapy (VMAT)) nitelik güvenirliğinde kullanılan farklı doz doğrulama sistemlerini güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından birbirleriyle, dozimetrik açıdan tedavi planlama sistemi (TPS) ile karşılaştırıldı.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümünde yerel ileri evre baş boyun kanseri (BBK) tanısıyla Eclipse Tedavi Planlama Sisteminde VMAT plan yapılmış ve uygulanmış 31 hasta verisi arşivden seçildi. Uygulanmış VMAT planlarının doğruluğunu kontrol etmek için ArcCHECK, EPID ve EPIQA nitelik güvenirliği (QA) sistemleri kullanıldı. Her bir hasta için QA planları tüm nitelik güvenirlik sistemleri için Eclips TPS'nde alanların gantri, kolimatör ve masa açıları uygun pozisyona getirilerek oluşturuldu. Kullanılan QA sistemleri için yapılan planlar TrueBeam cihazı ile ışınlandı. Işınlama ile doz akı haritaları elde edildi. Ölçümler ve hesaplamalar doz farkı %3, doz mesafe uyumu 3mm kriterlerine göre gama indeksiyle değerlendirilerek karşılaştırıldı. İstatistik analizler SPSS Versiyon 24 programında Korelasyon analizi ve Sample Paired T-testi kullanılarak yapıldı.

Bulgular: Ölçümlerde *ArcCheck, EPID ve EPIQA'*nın gama analizi yöntemiyle elde edilen sonuçların TPS ile arasındaki uyum ortalaması sırasıyla %98,41 (94,9-100) (±1,700), %99,70 (98,6-100) (±0,329), %96,78 (86,7-99,32) (±2,893) olarak hesaplandı. Gama analizi sonucuna göre ArcCheck ve EPIQA ile yapılan ölçümlerden iki tanesi % 95 kabul sınırını geçememiştir fakat ArcCheck ile elde edilen sonuçlar bu değere çok yakın bulunmuştur. Bunun yanında

EPID ile yapılan ölçümlerin tamamı % 95 kabul sınırını üzerindedir. Korelasyon analizi ile elde edilen r değerleri *ArcCheck* ile *EPID'*nın karşılaştırılmasında 0,506, *EPID ile EPIQA'* nın karşılaştırılmasında 0,132, *ArcCheck* ile *EPIQA'* nın karşılaştırılmasında 0,203 bulunmuştur.

Sonuç: Lokal ileri evre baş boyun kanserlerinde VMAT planların nitelik güvenirliği sistemlerinin ölçüm sonuçları *Sample Paired T* testi ve korelasyon testi ile karşılaştırıldığında *ArcCheck* ve *EPID* cihazları birbirinin yerine kullanılabilinir.

Anahtar Sözcükler: baş boyun kanseri, VMAT, nitelik güvenirliği sistemleri, gama analizi

ABSTRACT

THE COMPARISON OF DIFFERENT SYSTEMS FOR QUALITY ASSURANCE APPLIED VOLUMETRIC MODULATED ARC THERAPY (VMAT) PLANS IN HEAD AND NECK CANCER.

Pelin Taymaz

Dokuz Eylul University Institute of Health Sciences

Department of Medical Physics, Narlidere-IZMIR

pelintaymaz@gmail.com

Purpose: To compare various dose verification systems used in Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) in terms of their reliability and applicability with treatment planning system (TPS) on dosimetric aspects.

Material and Methods: In this study, the accuracy of VMAT plans, which were prepared by using *Eclipse* (Varian Medical Systems) TPS, were compared with different (various) dose verification systems for a total of thirty one locally advanced head and neck cancer patiens before their treatment. The VMAT plans were checked with *ArcCheck* (Sun Nuclear) diode detectors, EPID (Varian Medical Systems) and EPIQA quality assurance (QA) systems using gamma analysis method. The QA plans for each patient were created by placing the gantry, collimator and table angles in the appropriate positions in the Eclips TPS for all QA systems. The plans for each QA systems were irradiated with TrueBeam. Dose maps were obtained with irradiation. Dose difference was 3%, whereas distance to agreement was 3 mm selected for comparison QA systems. Statistical analyzes were performed using SPSS Version 24 program Correlation analysis and Sample Paired T-test.

Results: The average results of *ArcCheck*, *EPID* and *EPIQA* using gamma analysis method compared with TPS was observed as %98,41 (94,9-100) (±1,700), %99,70 (98,6-100) (±0,329), %96,78 (86,7-99,32) (±2,893) , respectively. According to gamma analysis results, two of the measurements made with ArcCheck and EPIQA did not pass acceptance limit (%95), but ArcCheck's measurement results too close to acceptance limit (%95). Besides this, all of the measurements made with EPID are above the 95% acceptance limit. The r values

obtained by Correlation analysis were 0,506 for compared ArcCheck and EPID, 0,132 for compared EPID and EPIQA, 0,203 for compared ArcCheck and EPIQA.

Conclusion: ArcCheck and EPID devices can be used interchangeably when comparing the measurement results of the qualitative reliability systems of the VMAT plans in the local advanced head and neck cancer with the Sample Paired T test and the Correlation test.

Key Words: head and neck cancer, VMAT, quality assurance systems, gamma analysis

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Kanser tedavisi, cerrahi, medikal onkoloji ve radyasyon onkolojisinin multidisipliner yaklaşımıyla olumlu sonuçlar vermektedir [1]. Multidisipliner tedavi yaklaşımlarından radyoterapi en etkili tedavi tekniklerinden birisidir. Uzun bir geçmişe sahip olan cerrahi, aynı zamanda birçok tümör tipinde birincil tedavi şeklidir. Radyoterapi çeşitli bölgelerdeki tümörlerin uzun vadeli kontrolü için cerrahiye iyi bir alternatiftir. Baş ve boyun kanserlerinde erken veya ileri evre hastalık cerrahi veya radyoterapi (harici ışın ve / veya brakiterapi) ile tedavi edilebilir. Daha fazla ilerlemiş hastalık için radyoterapi genellikle alternatif fraksiyon (hızlandırılmış tedavi veya Hyperfractionation), ya da eşlik eden kemoradyoterapi ile yapılabilir [2].

Radyoterapi iyonlaştırıcı radyasyon kullanılarak hastada belirlenen bölgeye uygulanır. Radyoterapide temel amaç, tümörlü dokuya maksimum radyasyon dozunu verirken, normal dokuda minimum radyasyon hasarı oluşturmaktır [3].

Radyoterapi hastaya uygulanmadan önce medikal fizik uzmanı ve doktor işbirliği ile tedavi planlaması yapılır. Tedavi planlaması yapılırken hastanın kanser tanısı konmuş bölgesine en uygun olduğu düşünülen parametreler belirlenir. Radyoterapideki bu parametreler belirlendiğinde hedef hacimde maximum radyasyon dozu, normal doku ve kritik organlarda ise tolerans sınırı değerlerine uygun radyasyon dozu elde edilir. Elde edilen radyasyon dozunu hastanın anatomisine bağlı olarak doz sınırlayıcı yapılar, tedavi hacmi, tedavi cihazının özellikleri etkileyebilir. Tüm kriterler uygun olarak belirlendikten sonra tedavi planı uygulanır [4].

Baş-boyun bölgesinde farklı doku komşuluklarının olması ve hastadan kaynaklanan kontur düzensizlikleri sebebiyle tedavi planlama sırasında kullanılan üç boyutlu konformal tedavi tekniği (3BKRT) ile homojen doz dağılımı oluşturmak zordur. Günümüzde geliştirilen yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART-IMRT) ve volümetrik ayarlı ark terapi (VMAT) gibi ileri radyoterapi teknikleri ile hedefe uygun olarak belirlenen dozun verilmesi ve normal dokuların minimum radyasyon dozu alması sağlanabilmektedir.

İleri radyoterapi tekniklerinden olan YART ve VMAT ile konformal tedavi planlamasından farklı olarak tersten planlama (inverse planning) yapılır. Bu teknik sayesinde hedefte istenilen maximum dozun verilmesine engel olan sınırlayıcı riskli organlar ve doku yoğunluğunun farklı olduğu organların tolerans doz değerleri planlamanın başında belirlenir.

İstenilen hedef dozuna daha kolay ulaşılır [5]. IMRT ve VMAT teknikleri ile çok yüksek radyasyon dozları kullanılarak hedef hacimde maximum tümör kontrolü sağlanabilir. Tümör dokusu ve kritik organlar için doz sınırları ve önceliklerde düzenlemelerle hesaplama yapılır [6].

VMAT, IMRT tekniğinin geliştirilmiş halidir. VMAT'de planlama sırasında belirlenen açılarda gantri hareket halindeyken çok yapraklı kolimatörlerde (MLC'ler) gantri ile eş zamanlı hareket ederek yeni ışınlama alanlarını oluşturur. MLC'ler yeni alanları oluşturmak için hareket halindeyken ışınlama aktif durumdadır. Işın demetleri vücuda çeşitli açılardan girerek hedef hacim üzerinde maksimum dozu oluştururken sağlıklı dokuların olabildiğince korunması sağlanır. Günümüzde yeni lineer hızlandırıcıların sağladığı teknolojik gelişmeler sayesinde uygulanabilen VMAT gibi tekniklerle tedavi süreleri oldukça kısaltılmıştır [7].

VMAT ile oluşturulan her alanının doz yoğunluğu MLC yardımıyla karmaşık bir yolla değiştirilir ve tedavi planlarında çok yüksek dozlar hedef tümör dokusu için kullanılır. Bu yüzden oluşturulan planların doz verifikasyonlarının yapılması zorunludur. VMAT planlamaları için dünya üzerinde kabul görmüş, klinik çalışmalara dayanan protokoller izlenir. Bu protokoller, tedavi planına ait hedef hacim ve riskli organ doz sınırlamalarını ortaya koyar.

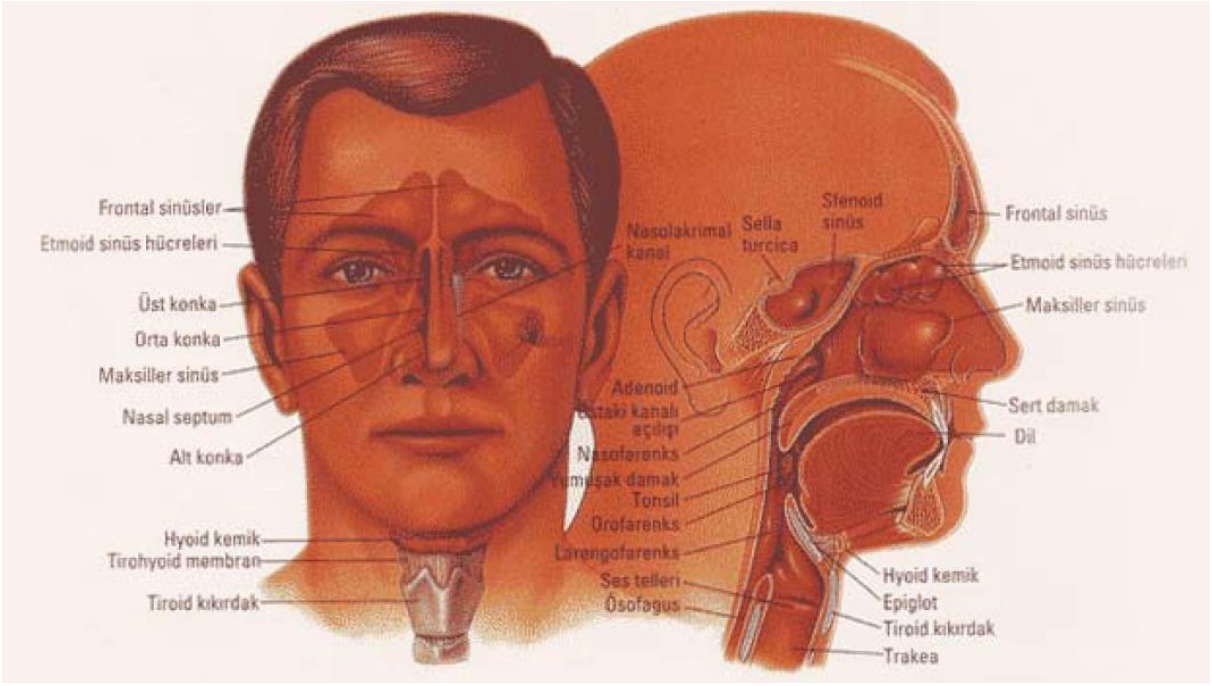
Yaptığımız çalışmanın amacı, Eclipse Tedavi Planlama Sisteminde (TPS) radikal tedavi amacıyla VMAT planı yapılmış ve uygulanmış yerel ileri evre baş boyun kanserli (BBK'li) hastalar için farklı nitelik güvenirliği (Quality Assurance(QA)) sistemleri ile planlar oluşturup bu planları TrueBeam cihazında ışınlayıp doz akı haritaları elde edip, elde edilen doz akı haritalarının uygunluğunu gama analizi yöntemiyle karşılaştırarak değerlendirmektir.

Ayrıca yapılmış planların farklı QA sistemleri ile kabul sınırları içinde olduğunun gösterilmesi ve QA için geliştirilen farklı sistemlerin birbirlerinin yerine kullanılması öngörüsünün tanımlanan hasta grubunda geçerliliğinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Baş Boyun Kanseri Tedavisi ve Radyoterapinin Yeri

Baş boyun bölgesi, bulundurduğu farklı doku yoğunluğuna sahip yapılar ve bu yapıların birbirleriyle olan komşulukları sebebiyle oldukça kompleks bir anatomiye sahiptir (Şekil 1) [8].



Şekil 1. Baş boyun anatomisi.

Baş boyun kanserleri sıklıkla alkol ve sigara kullanımı ile ilişkilidir. Bu nedenle özellikle sigara tüketiminin azaltılması baş boyun kanserlerini önleyici bir yöntem olacaktır. Tedavi seçenekleri kanserin evresine ve hastanın anatomik yapısına göre multidisipliner olarak belirlenmelidir [9].

Baş boyun kanserlerinde tedavi yöntemi çoğunlukla hastalığın evresine göre değişmektedir. Oral kavite ve orofarengeal kanserlerde erken evre (Evre I-II) tedavi cerrahi ya da radyoterapi şeklinde olabilirken ileri evre (Evre III-IV) kanserlerde en iyi yöntem cerrahi ve sonrasında radyoterapidir [9]. Baş boyun kanserlerinde radyoterapi ile yüksek sağkalım elde edilirken yaşam kalitesi de arttırılır. Radyoterapi ile bunların sağlanabilmesi için hastanın anatomisine en uygun tedavi planının yapılması gerekmektedir. İyi bir planda tedavi için belirlenen radyasyonun dozunun tümör hacminde maksimum, kritik organ ve sağlam dokularda minimum olması beklenir. Doz dağılımının doğruluğu nitelik güvenirliği sistemleriyle belirlenir. İstenilen plan elde edildikten sonra hastaya uygulanır.

2.2. Radyoterapi Planlama

Radyoterapide tedavi planlama sürecinde her kliniğin sahip olduğu yazılıma uygun bilgisayarlı tedavi planlama sistemi (TPS) kullanılır. TPS'de kullanılan bu yazılım 3B-KRT, YART, VMAT, brakiterapi gibi farklı tedavi tekniklerinin uygulanabilmesine olanak sağlar. Tedavide kullanılacak lineer hızlandırıcıya ait ışın enerjileri, yüzde derin doz (%DD), doku hava oranı (TAR), saçılma hava oranı (SAR), doku maksimum oranı (TMR), doz verimi, kolimatör, gantri, MLC pozisyonu gibi çeşitli parametrelerin TPS'e aktarılması gerekir. TPS bu veriler doğrultusunda doz hesaplama algoritması kullanarak doku içerisindeki radyasyon dozunu hesaplar [5,7].

Hasta radyoterapiye başlamadan önce Bilgisayarlı Tomografi (BT) ile görüntü alınır ve elde edilen kesitsel görüntüler TPS'e aktarılır. TPS'de hastaya ait kesitsel görüntüler üzerinden hedef volüm ve risk altındaki organlar radyasyon onkoloğu tarafından her bir BT kesitinde çizilerek belirlenir. Tedavi planlaması, hedefin konumu, boyutu, şekli, normal dokularla komşuluğu gibi özellikleri göz önüne alınarak en uygun teknik seçilerek yapılır. Farklı sayı ve açıda yerleştirilen foton ya da elektron demetleri ile doz hesaplaması gerçekleştirilerek hedef volüme en yüksek, risk altındaki organlara en düşük dozu sağlayacak doz dağılımı elde edilmeye çalışılır.

2.3. Radyoterapi Teknikleri

2.3.1. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi

Radyoterapi başlamadan önce hastaya çekilen BT ile elde edilen üç boyutlu kesitsel görüntülerde kontur işlemi ile hedef volüm ile normal dokuların konumları belirlenir. 3B-KRT'de radyasyon onkoloğunun çizmiş olduğu görüntülenebilir (*gross)* tümör hacmi (GTV) ve klinik hedef volüm (CTV) üzerine *set-up* ile organ ve hasta hareketlerinden kaynaklanabilecek yer değişimleri göz önüne alınarak belirli bir sınır ile planlanan hedef hacim (PTV) oluşturulur. Oluşturulan PTV'ye de ek bir sınır değeri verilerek alan boyutu MLC yardımıyla ayarlanır. Hedefin yerleşimine göre, alan açıları, alan sayısı, enerjiler, kama filtre ve normalizasyon gibi parametreler değiştirilerek PTV'nin hedeflenen dozu alması, normal dokuların ise tolerans dozlarının altında kalması sağlanmaya çalışılır. Bu parametreler belirlendikten sonra doz volüm histogramı (DVH) yardımıyla değerlendirme yapılır. ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) 50 ve 62 numaralı raporlarda hedef volüm ve riskli organların doz tanımlamalarına göre DVH'ten okunan

değerler karşılaştırılır. Hedefin ve normal dokuların aldığı dozlar göz önünde bulundurularak tedavi planının uygunluğu değerlendirilebilir [10,11].

Konformal radyoterapi tekniği ileri planlama yöntemi ile yapılır. İleri planlama tekniğinde belirlenen hedefe öncelikle hangi açılarda kaç ışın alanı kullanılacağı, MLC yapraklarının pozisyonu, kama filtre gibi parametreler belirlenir ve doz hesabı yapılır. Elde edilen sonuçlara göre alanların ışın dozu ağırlıkları ve normalizasyon gibi parametrelerde yapılacak değişikliklerle plan düzenlenerek optimize edilir.

2.3.2. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği

Teknolojideki hızlı gelişmeler RT'de de yeni tedavi yöntemlerinin gelişmesine olanak sağlamıştır. 3B-KRT'de hedef üzerinde istenilen dozu sağlamak için geniş sınır verilmekte, kama filtreler ile alan ağırlıkları ve normalizasyon parametrelerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden normal dokular yüksek radyasyon dozuna maruz kalabilmektedir. YART tekniğinde her tedavi alanındaki ışın yoğunluğunun değiştirilerek hedefte daha homojen bir doz dağılımı sağlanmaktadır. Ayrıca normal dokuların yüksek doza maruz kalması da önlenmektedir. YART, lineer hızlandırıcıda, sıklıkla statik YART (step and shoot) tekniği ve dinamik YART (*sliding window*) tekniği ile uygulanmaktadır. Kullanım için seçilecek teknik klinikte bulunan cihaz ve donanıma bağlıdır [12].

Step and shoot veya diğer adıyla çoklu statik alan YART tekniği ilk kez 1994'de Bortfeld ve ark. tarafından öne sürülmüş olup, bu teknikte tedavide kullanılan her bir alan *uniform* demet şiddetine sahip küçük alt alanlardan oluşur. Alt alanlar veya diğer adıyla *segment*ler MLC ile şekillendirilir ve herhangi bir operatör yardımı olmaksızın üst üste gelerek, sonuçta uniform olmayan şiddete sahip bir demet oluştururlar [12,13].

Dinamik MLC tekniğinde ise lifler ışınlama süresince farklı hızlarda ardışık olarak hareket ederler. Her bir lif çifti bir boyutlu ayarlamayı tanımlamakta olup bu bir boyutlu ayarlama lif çiftleri arasında farklılık gösterebilir. Bununla birlikte kavram olarak tüm lif çiftleri birlikte hareket ederek iki boyutlu şiddet ayarlaması yaratırlar ve bu şekilde şiddeti değiştirilmiş demet oluşur. Bu teknikte lifler arası açıklık süresi, alanda farklı akı şiddetleri oluşturacak şekilde kullanılan algoritma tarafından ayarlanır [12,14].

YART'de tersten planlama tekniği kullanılır. Öncelikle hedef volüm ve kritik organlar tanımlanır. Daha sonra her biri için hedef doz sınırlamaları ve öncelik faktörleri girilerek

hedef volümün tanımlanan dozu almasını, kritik organların ise tolerans dozlarını aşmamasını sağlayacak optimizasyon işlemi gerçekleştirilir [15,16].

2.3.3. Volümetrik Ayarlı Ark Terapi Tekniği

VMAT tekniği, YART'ın gelişmiş yeni bir formudur. VMAT tekniğinde gantri hasta etrafında dönerken doz hızı ve MLC yapraklarının hareketi eş zamanlı olarak değişerek hastaya belirlenen radyasyon verilir. Ark tedavilerinde MLC'ler dinamik olarak kullanılırken eş zamanlı gantri hareketi de mevcuttur. Alanlar diğer YART tekniklerinde olduğu gibi alt alanlara bölünerek yoğunluk ayarlaması yapılır. MLC'ler yeni alanları oluşturmak için hareket halindeyken gantri dönüşü ve ışınlama aktif durumdadır. Çoklu çakışan arklarda lifler eşit açı aralıklarıyla yeni pozisyonları oluşturmak için hareket ederler ve arklar her gantri açısında tek bir alt alanın ışınlanması için programlanır. Her arkın yoğunluk basamağı ve ark sayısı planın kompleksliğiyle ilişkilidir. Her bir ark ışınlama sırasında dinamik olarak hareket eden MLC yaprakları sayesinde birden fazla segment içerir. VMAT tekniği aynı zamanda gantri hareketi sağladığı için tedavi hızını arttırmaktadır [7].

Gelişmiş planlama tekniklerinden olan YART ve VMAT'ta gantri ve ışınlama aktif durumda olduğu ve çok hızlı yüksek dozlar verilebildiği için hastaya tedavi uygulanmadan önce doz verifikasyonunun yapılması tavsiye edilmektedir. Bu sayede TPS'de hesaplanan doz ile tedavi cihazında hastaya verilecek dozun uyumu belirlenir ve daha güvenilir bir tedavi planı elde edilir.

Doz verifikasyonu nitelik güvenirliği sistemleriyle yapılır. Sistemlerden elde edilen doz haritası ile planlama sisteminden gelen doz haritası karşılaştırılarak yüzde uyumu belirlenir. Sonuca göre plan başarılı olmuştur hastaya uygulanabilinir veya planda bazı parametreler yeniden gözden geçirilerek tekrarlanması gerekir.

2.4. Radyoterapide Nitelik Güvenirliğinin (QA) Önemi

Radyoterapinin başarısı hedef hacime ve komşuluğundaki normal dokulara verilen dozların planlanan dozlar ile aynı olmasına bağlıdır. Planlanan tedavi dozunun aynı doğrulukta hastaya verilmemesi tümör kontrol oranının azalmasına, normal dokularda hasarın artmasına sebep olur. Tedavilerin doğruluğu için nitelik güvenirliği sistemlerini kullanmak gerekmektedir.

Radyoterapide son yıllarda daha sık kullanılan gelişmiş VMAT ve IMRT teknikleri ile, tedavi planlarının optimizasyonu ve kompleks şekilli hedef hacim için doz arttırımı, riskli

organ dozunun düşürülmesi, doz homojenitesinin sağlanması açısından çok yararlı olmuştur. IMRT ve VMAT'da yüksek dozlar vermeyi hedefleyen şiddeti değiştirilmiş alanlar kullanıldığından, QA sistemlerini kullanmak zorunluluktur [17].

VMAT ve IMRT'de konformal doz dağılımı lineer hızlandırıcının kafasında bulunan MLC yardımıyla elde edilmekte olup, klasik konformal tedavinin aksine her bir VMAT veya IMRT alanının doz yoğunluğu karmaşık bir yolla değiştirildiğinden, oluşturulan planlarının dozimetrik olarak doğrulanması zorunlu hale gelmiştir. Klasik olarak QA işlemi referans noktaya verilen mutlak dozun ve düzlemsel izodoz dağılımının doz verifikasyonundan oluşur [18,19].

Doz doğrulama işlemi Film Dozimetri, İyon Odası, Termolüminesans Dozimetri, Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (*Electronic Portal Imaging Devices (EPID)*), *MapCheck, ArcCheck* gibi cihazlarla yapılabilmektedir.

2.4.1. Film Dozimetri

Film dozimetri ile cihazdan verilen doz ile bu dozun film üzerinde oluşturduğu kararma kullanılarak karşılaştırma yapılır. Film üzerinde oluşturulan kararmanın derecelerinden elde edilen kalibrasyon eğrisi ile iki boyutlu doz dağılımı belirlenir. Kararma derecesi optik yoğunluk hesaplanarak ölçülür. Işınlanan doz değerleri ile buna karşılık gelen optik yoğunluk film dozimetrinin temelidir [20].

Dozimetrik ölçümler için film kullanmak pratiktir ve maliyeti düşüktür. Doğru verileri elde etmek için ölçümlerde ve film seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Ölçümler alınırken kullanılan filmlerin aynı paketten olmaması, cihazın kalibrasyonundaki değişim, kullanılan geometrinin yanlış olması, film banyosundan gelen parametreler (sıcaklık, süre, kullanılan kimyasalların durumu), film tarayıcısının çözünürlüğünün kötü olması sonuçları olumsuz etkileyen faktörlerdendir.

Film dozimetrisi hem küçük hem de büyük alanlar için kullanılabilinir. Yüksek çözünürlüğe sahiptir. Yapılan ölçümler, filmler uygun şartlar altında saklandığı sürece tekrar tekrar okunabilir. Film dozimetrinin avantajlarından bir diğeri ise tek bir ışınlama ile iki boyutlu doz dağılımı gözlenmesi, radyasyon tipinden ve doz hızından bağımsız olmasıdır [20].

2.4.2. İyon Odası

İyon odaları radyoterapide ve diagnostik radyolojide radyasyon dozunu belirlemek için kullanılır. Çeşitli şekil ve boyutları vardır. İyon odası temel olarak, iletken dış duvar ile çevrilmiş gaz dolu bir kavite ile merkezi toplama elektrodundan oluşur [21].

Plakalar arasındaki elektrik alanı ile elektronla iyonun tekrar birleşmesi engellenir. Radyasyona maruz kalan gaz iyonize olur. İyonize olan gazın iyon çiftleri elektrik alanın etkisiyle zıt yönlerde hareket ederler ve dedektörün katodu ile anodunda toplanırlar. Katoda ve anoda ulaşan iyonlar sinyal ve akım oluşmasına neden olur. Oluşan akımın bir elektrik akım ölçüm cihazı tarafından kaydedilmesi ile radyasyonun oluşturduğu iyonizasyon tespit edilmiş olur [21].

Kalite kontrol yapılırken absorbe edilen dozu ölçmek için iyon odası kullanmak tercih edilebilecek en yaygın yöntemdir. Kalite kontrol için iyon odası ile kullanılmak üzere özel dizayn edilmiş kalite kontrol fantomları yerine, su eşdeğeri fantomlar da kullanılabilir [21].

Gelişmiş radyoterapi tekniklerinde doz değişimleri çok hızlıdır. Bu yüzden bu keskin doz değişim bölgelerinde iyon odasının yüksek uzaysal çözünürlüğü olması gerekir. Bu gereksinimden dolayı, iyon odasının çapı ve aktif hacmi düşük olması tercih edilir. Mutlak dozimetri için kullanılan iyon odası mümkün olduğunca en küçük ışın alanını bile doğru okumayı sağlayacak nitelikte olmalıdır.

2.4.3. Termolüminesans Dozimetre (TLD)

Termolüminesans dozimetre, termolüminesans materyalinin dozimetre olarak kullanılmasıdır. Termolüminesans dozimetre, aynı anda birkaç noktadan ölçüm alınabilen ve küçük hacmi olan bir dozimetredir. TLD'lerin dozimetre olarak kullanılmasının prensibi, absorbe edilen doz ile yayımlanan ışığın şiddeti arasındaki ilişkiye dayanır. TLD materyallerinin klinik uygulamalarda kullanılabilmesi için en önemli gereklilik doku eşdeğeri olmasıdır. TLD'ler in vivo ölçümlerde hastaya özgü kalite kontrol ve diğer radyoterapi uygulamalarında absorbe edilen dozu ölçmek için uzun zamandır kullanılmaktadır. Fakat kompleks bir kalibrasyon ve okuma prosedürü vardır [22]. TLD'nin küçük hacimde olması ve aynı anda birkaç noktada mutlak doz ölçümü alınabilmesi gelişmiş radyoterapi teknikleri kullanılarak yapılan planların kalite kontrolü için bir avantajdır.

2.4.4. Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID)

EPID ise lineer hızlandırıcı cihazına monte edilmiş bir dedektör sistemidir. EPID'de amorf silikon (aS1000) dedektörleri bulunmaktadır. Aktif kullanım alanı 40x30 cm^2'dir.

EPID ile fantoma yerleştirilip tek bir noktada ölçüm alınınan iyon odası ya da birkaç noktada ölçüm alınan TLD'nin aksine geniş alanda ölçüm yapılabilmektedir. EPID gibi iki boyutlu ölçüm sistemleri tek veya birkaç noktadaki dozun değerlendirilmesi yerine, iki boyutlu doz haritasının değerlendirmesi açısından avantajlı ve güvenilirdir. Bu amaçla kullanılan, EPID, lineer hızlandırıcı cihazına monte olması, yüksek çözünürlükte olması ve hızlı cevap vermesi açısında oldukça kullanışlıdır [23].

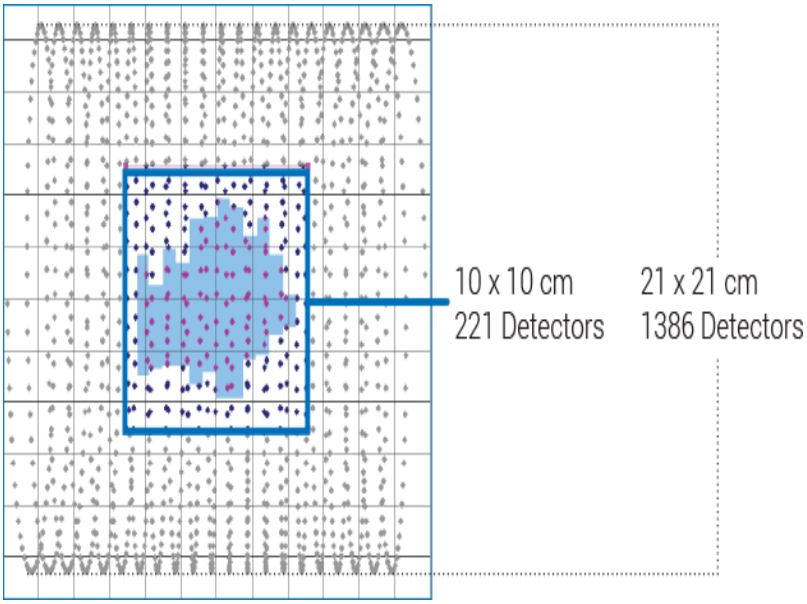
EPID ile tedavi esnasında hasta pozisyonunun kontrolü yapılmaktadır. Son yıllarda EPID tedavi ile ilgili dozimetrik bilgi edinmek amacıyla da kullanılmaktadır. Özellikle yoğunluk ayarlı radyoterapi planlamalarının kalite kontrolünde EPID önemli bir yere sahiptir. Dedektörde yapılan ışınlamalar TPS'de hesaplanan doz ile yine TPS'de bulunan portal dozimetri yazılımıyla hesaplanan doz ile karşılaştırılır. Doz haritaları üzerinde bazı parametreler kullanılarak yüzdesel uyum değeri elde edilir. Değerlendirme bu sonuca göre iki boyutlu olarak yapılır [21].

2.4.5. MapCheck

MapCheck (*Sun Nuclear Corporation, Melbourne,* FL) 22x22 cm^2 alanı olan iki boyutlu bir dedektördür. Üzerinde 450 adet n tipi diyot dedektör bulunmaktadır. Bu diyotlar dedektör üzerine farklı aralıklarla dizilmişlerdir. Diyotların üzerinde 2 cm kalınlığında su eşdeğeri akrilik *buildup* materyali ile diyotların altında 2,3 cm kalınlığında su eşdeğeri saçılmayı önleyici akrilik materyal bulunmaktadır. Diğer QA sistemlerinde olduğu gibi lineer hızlandırıcıdan gelen dozu belirler. *Sun Nuclear Corporation (SNC), Patient* yazılımı ile doz haritası elde edilir. Elde edilen doz haritası TPS'inden gelen doz haritası ile karşılaştırılır [24].

2.4.6. ArcCheck

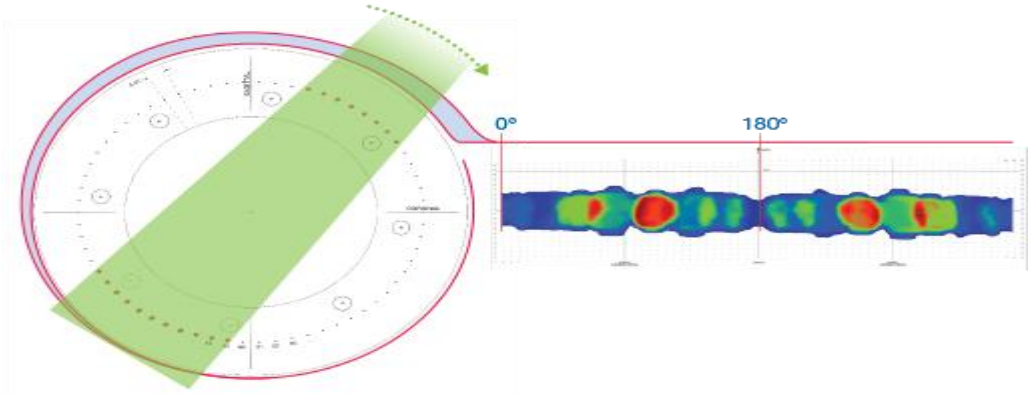
ArcCheck (*Sun Nuclear Corporation, Melbourne*, FL) üç boyutlu silindir şeklinde bir dedektördür. Su eş değeri materyalden yapılmıştır ve üzerinde 1 cm aralıklarla 1386 adet n tipi diyot dedektör bulunur (Şekil 2). Üzerindeki bu dedektörler sayesinde cihazdan gelen dozu belirleyip *SNC Patient* yazılımı ile doz haritası elde edilir. Elde edilen doz haritası TPS'inden gelen doz haritası ile karşılaştırılır [25].



Şekil 2 : ArcCheck'in yüzeyi üzerindeki dedektörlerin görüntüsü

http://www.sunnuclear.com/solutions/patientqa/arccheck3dvh

ArcCheck dedektörleri, gantri açısı ne olursa olsun cihazdan gönderilen ışın ile karşı karşıyadır. Gantrinin her bir dönüşü ile silindir üzerindeki dedektörler doz toplar (Şekil 3). Toplanan dozların *SCN Patient* yazılımı ile doz haritaları elde edilir. Elde edilen doz haritaları ile TPS'ten elde edilen doz haritaları karşılaştırılarak aralarındaki uyum analiz edilir [25].



Şekil 3: ArcCheck'te gantri dönüşü sırasında doz toplama

http://www.sunnuclear.com/solutions/patientqa/arccheck3dvh

Ek donanıma gerek duymadan her gantri açısı için hassas ölçümler yapılmaktadır. İstikrarlı *Beams Eye View* (BEV) tüm gantri açılarında giriş ve çıkış dozlarını ölçer. Gerçek zamanlı Elektrometre her pulsu karmaşık veya iç içe arklar olsa bile ölçer. Silindir şeklindeki dedektörün iç boşluğu geniş dedektör alanı ve doku eşdeğerliği sağlar [25].

ArcCheck üç boyutlu silindir yapısı sayesinde hasta formuna en yakın fantomdur. Fakat üzerinde bulunan dedektörlerin birbirlerine olan mesafesi 1cm olduğundan küçük alanlar için doz doğrulamada dezavantajdır.

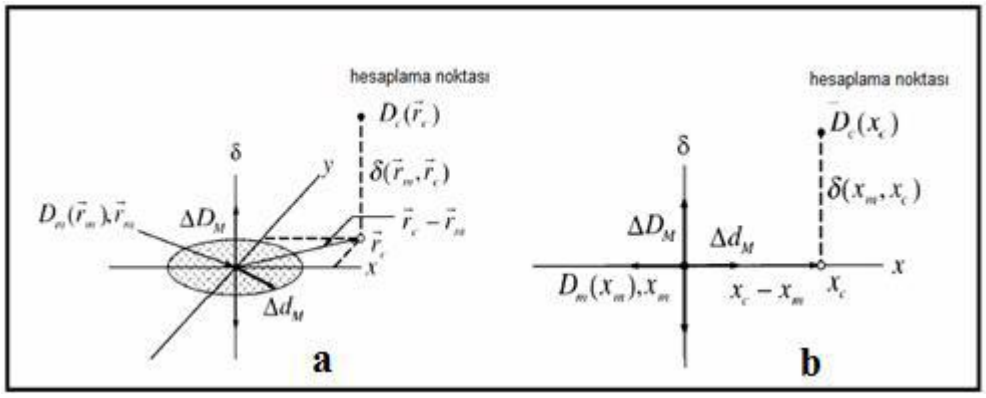
2.5. Gama Analiz Yöntemi

Radyoterapide hesaplanan doz ile ölçülen dozun aynı olması büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple TPS'den gelen doz haritası ile dedektörlerle belirlenen doz haritalarının karşılaştırlmasıyla elde edilen sonuçlar önemlidir. Medikal Fizik Uzmanları bu doğruluğun kontrolü için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerden bir tanesi de hesaplanan izodoz eğrilerinin ölçülen izodoz eğrileri ile karşılaştırılmasıdır ve iki boyutlu karşılaştırma olarak da bilinmektedir. Günümüzde karşılaştırma işlemi özel olarak geliştirilmiş bilgisayar programları ile yapılmaktadır. Dolayısıyla karşılaştırma işleminin kalitesi direk olarak bilgisayar programlarının algoritmalarıyla ilişkilidir. Algoritmalar gerçeği yansıtan belli matematiksel ve fiziksel modellemelerin üzerine oluşturulmuştur. Gama analizi ölçülen doz ile hesaplanan dozun karşılaştırıldığı özel bir modellemedir.

Nokta doz ölçümünün aksine, EPID ve *ArcCheck* gibi, iki ve üç boyutlu ölçüm yapan dozimetrilerin sonuçlarının değerlendirilmesi için belirli parametreler gerekmektedir. VMAT'da QA sistemleri ile ölçülen ve TPS'inde hesaplanan iki boyutlu doz dağılımları arasındaki uyumu belirleyip değerlendirebilecek özel doğrulama yazılım programlarına gereksinim vardır. Standart değerlendirme programlarında hesaplanan ve ölçülen doz profilleri üst üste bindirilerek karşılaştırma yapılır. Gelişmiş planlama tekniklerinden YART ve VMAT'da iki boyutlu doz dağılımlarının değerlendirilmesi için daha kapsamlı yazılım programları gerekmektedir. İlk olarak 1998'de *Low ve arkadaşları*, daha sonra ise 2003'te yine *Low ve Dempsy* tarafından halen YART ve VMAT'da en sık kullanılan doğrulama yazılım programı olan *gamma indeks* metodu ileri sürülmüştür [26,28].

Gamma indeks metodunda (Şekil 4) ölçülen değer referans, hesaplanan dağılım ise doğruluğu kanıtlanacak data olarak alınıp karşılaştırma yapılır. Karşılaştırma doz farkı (*dose*

difference, DD) ve doz mesafe uyumu (*distance to agreement,* DTA) parametreleri göz önünde bulundurularak yapılır.



Şekil 4: *Gamma indeksi*.

Şekil 4'da DD; ΔDM ile, DTA ise ΔdM ile gösterilmektedir. DD ve DTA parametrelerinin değerleri ışınlamaya, planlama tekniğine ve anatomik bölgeye göre değişmekle birlikte genelde ΔDM = %3 ve ΔdM = 3 mm olarak alınmaktadır.

Şekil 4a'da gösterildiği gibi diyagram tek bir ölçüm noktası r_m için yapılmış olup tüm bu hesaplama tüm ölçüm noktaları için karşılaştırma işleminde tekrarlanır. x ve y eksenleri hesaplanan dağılımın r_c ölçülen doz değerine göre bağıl olarak uzaysal yerini verir. Üçüncü eksendeki (δ) ise ölçülen $[D_m(r_m)]$ ve hesaplanan $[D_c(r_c)]$ dozları arasındaki farkı göstermektedir. DTA parametresi (ΔdM) yarıçapı ΔdM olan $r_c - r_m$ düzleminde bir disk tarafından gösterilmektedir. Eğer yüzey dağılımı $D_c(r_c)$ disk ile kesişirse DTA kabul limitleri içinde kalır ve o noktada hesaplanan doz DTA testini geçer. Dikey çizgi ise DD testini göstermekte olup uzunluğu 2ΔDM'dir. Eğer hesaplanan yüzey dağılımı çizgiyi geçerse ölçülen doz noktasında hesaplanan değer DD testini geçmiş olur. DTA ve DD kabul kriterlerini eş zamanlı hesaplayarak incelendiğinde kalite indeksi γ (*gamma*) tanımlanır. *Gamma indeksi*ne göre:

$\gamma(r_m) \leq 1$ ise hesaplanan değer geçer,

$\gamma(r_m) > 1$ ise hesaplanan değer geçemez.

3.GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi

Araştırmanın tipi tanımlayıcıdır. Yapılacak olan retrospektif çalışma için belirlenen kriterlere uygun yapılmış tedavi planlarının dosya ve görüntü kayıtları arşivden taranıp kullanılarak bilgisayar ortamında farklı tekniklerle nitelik güvenirliği sistemleri uygulandı.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda Kasım 2015 – Ağustos 2016 tarihleri arasında yapıldı.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi/Çalışma Grupları

Yerel ileri evre baş-boyun kanseri tanılı ve Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda radikal amaçla VMAT uygulanmış 31 hastanın tedavi planı çalışmaya dahil edildi.

3.4. Çalışma Materyali

Çalışmada materyal olarak Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalın'nda bulunan TPS arşivinden yerel ileri evre baş-boyun kanseri tanılı ve radikal amaçla VMAT uygulanmış 31 hastanın tedavi planı seçildi ve her bir plan için üç farklı nitelik güvenirliği planı oluşturuldu. Oluşturulan bu planlarla ArcCheck, EPID, EPIQA sistemleri kullanılarak doz haritaları elde edildi. Bu doz haritalarıyla *eclipse* sisteminde hesaplanan doz haritaları karşılaştırıldı.

3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Bağımlı değişkenler:

VMAT planlar için yapılacak farklı nitelik güvenirliği sistemleri QA planlarının analizinde kullanılacak gama analiz tekniğinin sonuçlarıdır.

Bağımsız değişken:

VMAT planlar için yapılacak farklı nitelik güvenirliği sistemleri QA planları

3.6. Veri Toplama Araçları

3.6.1. Yüksek Enerjili Lineer Hızlandırıcı

Çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda bulunan Varian marka "*TrueBeam stx*" model lineer hızlandırıcının verilerini kullanan TPS kullanıldı (Şekil 5). Cihaz 6-10-15 MV ve düzleştirici filtrenin kullanılmadığı 6FFF ve 10FFF MV X-ışını ile 6-9-12-15-18 MeV'luk elektron enerjilerine sahiptir. Cihaz ile merkezdeki 32 çifti 2,5mm ve diğer 28 çifti 5mm genişliğinde olmak üzere 120 lifi sayesinde "*sliding window*" YART, VMAT ve Stereotaksik RT gibi tedaviler yapılabilmektedir.



Şekil 5. Yüksek enerjili lineer hızlandırıcı

3.6.2. Tedavi Planlama Sistemi

Çalışmada Eclipse v11 tedavi planlama sistemi ile yapılmış 6 MV X'in kullanıldığı VMAT planlar kullanıldı. Seçilen planların her bir nitelik güvenirliği sistemi için QA planı yapıldı ve dozlar tedavi planlama sisteminde hesaplatıldı.

3.6.3. Nitelik Güvenirliği Sistemleri

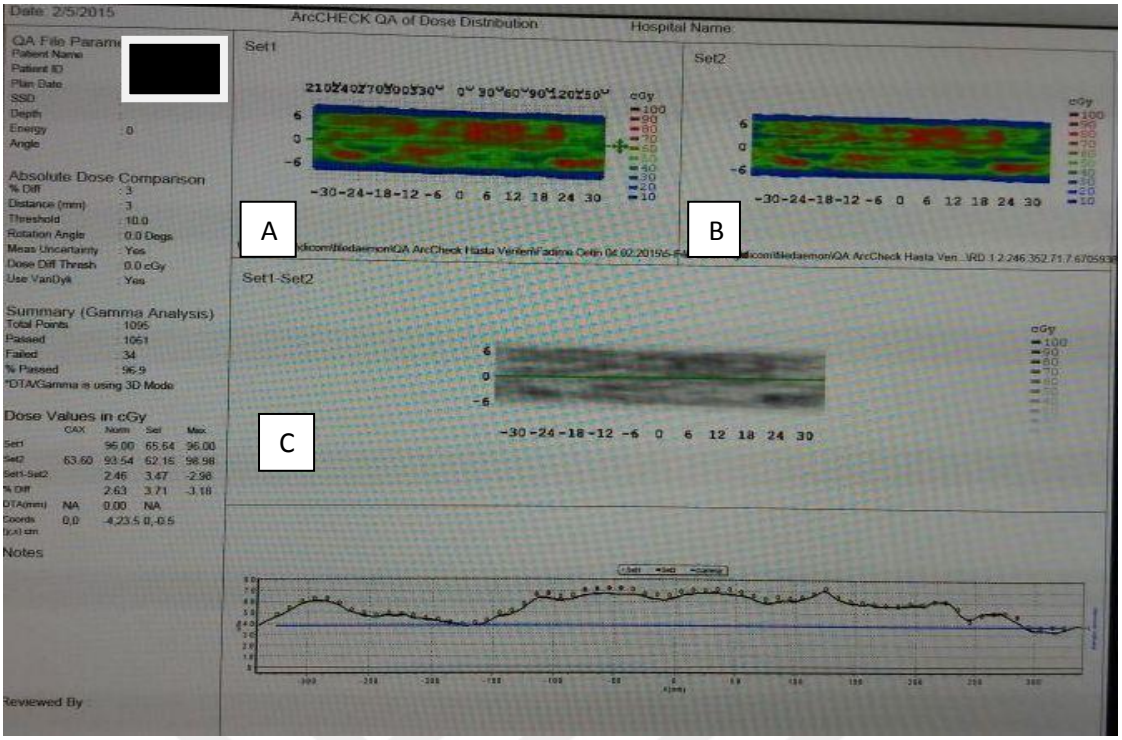
3.6.3.1. ArcCheck

Her bir hasta için VMAT planlar oluşturulduktan sonra bu planlarda değişiklik yapmadan *ArcCheck* için QA planları oluşturuldu. *ArcCheck* fantomun üzerinde oluşturulan bu planların *eclipse v11* TPS'inde dozları hesaplatıldı.

Lineer hızlandırıcıda bulunan hasta masası üzerine *ArcCheck* dedektör gantri sıfır derecedeyken cihaza en yakın kısma yerleştirildi. *ArcCheck* dedektörün yüzeyinde bulunan referans işaretlerle lineer hızlandırıcının bulunduğu odadaki lazerlerle üst üste çakıştırıldı (Şekil 6). Cihaz sisteme bağlandı. *ArcCheck* için oluşturulmuş QA planın açıldı ve ışınlama yapıldı. Işınlamanın başlamasıyla beraber dedektör sisteminin bağlı olduğu bilgisayar ekranında doz haritası oluşmaya başladı. Işınlama bittikten sonra ölçülen ve planlanan doz haritaları aynı ekran üzerinde karşılaştırıldı (Şekil 7). Karşılaştırmada gama analizi yöntemi kullanıldı.



Şekil 6: ArcCheck ile ölçüm



Şekil 7: *ArcCheck* ile doz haritalarının karşılaştırılması A:TPS ile hesaplanan doz haritası B:ArcCheck ile ölçülen doz haritası C:TPS ve ArcCheck ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi

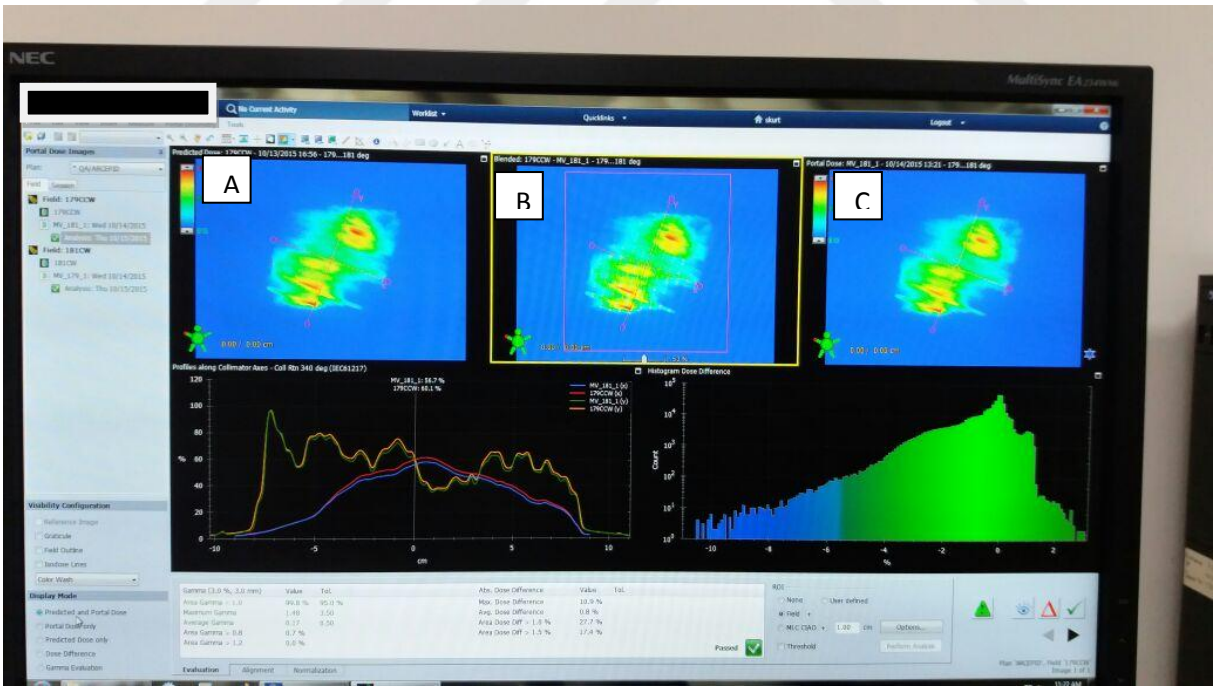
3.6.3.2. EPID (Electronic Portal Dosimetry Devices)

EPID yüksek çözünürlüğe sahiptir. Fantom kurulumuna, ekstra bağlantı veya kabloya gereksinim yoktur (Şekil 8). Ek pozisyonlamaya gerek duymadan sadece EPID'in açılmasıyla plandaki ile aynı gantri dönüşü ve MLC hareketleriyle ışınlama yapılır. Bu sebeple daha hızlı QA yapılmasını sağlar.

EPID ile doz verifikasyonun yapılması için hazırlanmış VMAT planlar kullanılarak TPS'de QA planı oluşturuldu. Oluşturulan QA planına *integrated image* eklenilerek plan ışınlamaya hazır hale getirildi. QA planı cihazın bilgisayarında açıldı ve EPID ile ışınlama yapıldı. Işınlama sonucunda doz haritası elde edildi. Elde edilen doz haritası ile planlanan doz haritası *Eclipse* TPS'nde yer alan *Portal Dozimetri* yazılımı ile değerlendirildi (Şekil 9).



Şekil 8: EPID ile ölçüm

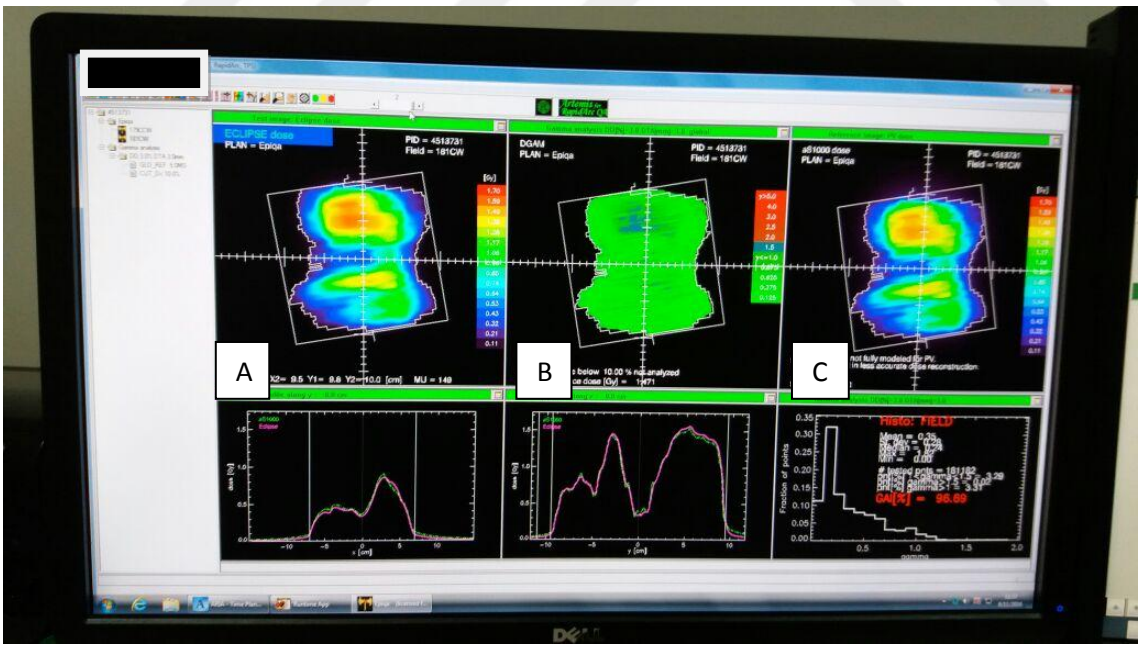


Şekil 9: EPID ile elde edilen doz haritalarının karşılaştırılması: A:TPS ile hesaplanan doz haritası B:TPS ve EPID ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi C:EPID ile ölçülen doz haritası

3.6.3.3. EPIQA

EPIQA, *EPID* ile elde edilen doz haritasına *GLAaS* Algoritması uygulayarak yeni bir düzeltme sağlar. Bu algoritma ile daha kısıtlayıcı doz haritası elde edilir. GLAaS algoritması görüntüyü doza çevirir. Varian Lineer hızlandırıcıların kullanıldığı kliniklerde EPIQA kullanılabilinir. *Flattening Filter Free* (FFF) enerjiler için de uygulanabilir.

Otuz bir hasta için oluşturulan VMAT planlar kullanılarak *EPIQA* ile ölçüm yapmak üzere QA planları oluşturuldu. *EPIQA* ile QA planı yapılırken tedavi planının fraksiyon sayısı bir yapıldı ve görüntüleme alanları silindi. Yapılan bu plan üzerinden yeni bir verifikasyon planı oluşturuldu. Doz hesaplaması yapmak için fantom olarak su fantomu ve doz hesaplama yöntemi AAA seçildi. Hasta QA'yi için oluşturulan bu planlar ışınlanmadan önce *GLAaS* algoritmasının daha doğru çalışmasını sağlamak amacıyla aynı gün *EPID* ile 10x10 cm^{2}'lik referans alanlar kullanılarak ışınlandı. TPS'de oluşturulan planın AAA ile hesaplanan dozu, referans alandan gelen dozu ve *EPID* ile elde edilen dozu kullanarak GLAaS algoritmada bir doz haritası elde edildi. Elde edilen bu doz haritası ile planlanan doz haritası karşılaştırıldı (Şekil 10).



Şekil 10: *EPIQA* ile elde edilen doz haritalarının karşılaştırılması A: TPS ile hesaplanan doz haritası B:TPS ve EPIQA ile elde edilen doz haritalarının eşleşmesi C: EPIQA ile ölçülen doz haritası

3.6.4. Gama Analiz Yöntemi

Gamma analiz yöntemine göre her bir nitelik güvenirliği sistemi için elde edilen tüm ölçüm sonuçlar DD ve DTA parametreleri sırasıyla %3 ve 3 mm kabul kriterine göre değerlendirildi.

3.6.5. Veri Kayıt Formu

Tez çalışmasında her hastaya ait VMAT planı için *ArcCheck, EPID* ve *EPIQA* planları oluşturuldu, hepsi için oluşturulan kalite kontrol planları TrueBeam Cihazında ışınlandı ve elde edilen değerler veri kayıt formuna işlendi (Tablo 1).

Tablo.1 Veri Kayıt Formu Örneği

Hastalar	**ArcCheck(%)**	**EPID(%)**	**EPIQA(%)**
1			
2			
3			
.			

3.7. Araştırma Planı

Literatür Taraması

01.11.2015 - 28.12.2015

↓

Kullanılacak Arşiv Materyalinin Taranması ve Hasta Seçimi

22.02.2016 - 25.02.2016

↓

VMAT Tedavi Planlarının Kalite Kontrol Planlarının Yapılması

26.02.2016 - 10.03.2016

↓

Veri Toplama

11.03.2016 - 11.05.2016

↓

Analiz ve Değerlendirme

12.05.2016 - 11.08.2016

↓

Yazım

12.08.2016 - 18.11.2016

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Tez çalışmasına dahil edilen her hasta VMAT planı için *ArcCheck, EPID, EPIQA* olmak üzere toplam üç teknik kullanılarak nitelik güvenirliği planları oluşturuldu. Nitelik güvenirliği planlarına ait sonuçlar kaydedildi. Elde edilen verilerin analizi SPSS istatistik programı ile gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil edilen VMAT hasta planı sayısı 30'un üzerinde olduğundan parametrik test yapıldı. İstatistiksel değerlendirme Correlation analizi ve Sample Paired T-testi kullanılarak yapıldı. Analiz farklı nitelik güvenirliği yöntemleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını görmek için bütün değişkenler temel alınarak yapıldı. Korelasyon testi ile elde edilen r değeri değerlendirmesi; r <0,2 ise çok zayıf ilişki yada korelasyon yok, 0,2-0,4 arasında ise zayıf korelasyon, 0,4-0,6 arasında ise orta şiddette korelasyon, 0,6-0,8 arasında ise yüksek korelasyon, >0,8 ise çok yüksek korelasyon olduğu yönünde yorumu yapıldı.

3.9. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma kullanılan hastaların tanısının farklı olması, anatomik bölge olarak farklı dokuların bir arada olması, bazı planların geniş alan olması ve çalışmanın retrospektif olması araştırmanın güçsüz yanlarıdır.

3.10. Etik Kurul Onayı

Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 25.02.2016 tarih ve 2016/48 karar no.'lu toplantısında "BAŞ BOYUN KANSERLERİNDE UYGULANAN VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ (VMAT) PLANLARININ NİTELİK GÜVENİRLİĞİNDE FARKLI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI" isimli araştırmanın onayı alındı.

4. BULGULAR

Çalışmada lokal ileri evre baş boyun kanseri tanısıyla VMAT plan yapılmış 31 hasta için her bir nitelik güvenirliği sistemi için QA planları oluşturulup ışınlanarak doz ölçümleri gerçekleştirildi. Dozimetrik, güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından yapılan karşılaştırmalar % 3 DD ve 3 mm DTA kriterleri seçilerek *gamma indeks*i ile yapıldı [26].

4.1. TPS ile ArcCheck Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Lokal ileri evre baş boyun kanseri tanısı ile VMAT plan yapılmış 31 hasta için hazırlanan QA planları *ArcCheck* fantom kurularak *TrueBeam* lineer hızlandırıcıda ışınlanarak eşzamanlı ölçümler yapıldı. *ArcCheck* ile ölçülen doz haritası ile TPS'nden alınan doz haritaları *SNC Patient* yazılımı kullanılarak karşılaştırıldı.

Klinik olarak belirlenen %3 ve 3 mm kriterleri ele alındığında *ArcCheck* ile ölçülen doz haritası sonuçları ve TPS'nden alınan doz haritaları arasındaki uyumun en düşük %94,5 en yüksek %100 olduğu görüldü.

4.2. TPS ile Portal Dozimetri Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Lokal ileri evre baş boyun kanseri tanısı ile VMAT plan yapılmış 31 hasta için hazırlanan QA planları TrueBeam lineer hızlandırıcıda EPID açılarak ölçümleri yapıldı. EPID ile ölçülen doz haritası ile TPS'nden alınan doz haritaları *Eclipse Portal Dozimetri* yazılımı kullanılarak karşılaştırıldı.

Klinik olarak belirlenen %3 ve 3 mm kriterleri ele alındığında EPID ile ölçülen doz haritası sonuçları ve TPS'nden alınan doz haritaları arasındaki uyumun en düşük %98,6 en yüksek %100 olduğu görüldü. Bu sonuçlar diğer nitelik güvenirliği sistemlerinin sonuçlarına göre birbirine en yakın olan sonuçlardır.

4.3. TPS ile EPIQA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Lokal ileri evre baş boyun kanseri tanısı ile VMAT plan yapılmış 31 hasta için hazırlanan QA planları TrueBeam lineer hızlandırıcıda *EPID* ile ölçümler yapıldı. *EPID* ile elde edilen sonuçlar *GLAaS* algoritma ile tekrar hesaplandı.

Klinik olarak belirlenen %3 ve 3 mm kriterleri ele alındığında *EPIQA* ile ölçülen doz haritası sonuçları ve TPS'nden alınan doz haritaları arasındaki uyumun en düşük %86,7 en

yüksek %99,32 olduğu görüldü. Bu sonuçlar diğer nitelik güvenirliği sistemlerinin sonuçlarına göre birbirine en uzak olan sonuçlardır.

Dozimetrik, güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından değerlendirdiğimiz farklı QA sistemleri ile yaptığımız ölçümlerden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterildi.

Tablo 2: ArcCheck, EPID ve EPIQA ile ölçülen doz haritaları ile TPS'den alınan doz haritalarının karşılaştırma sonuçları

	Hasta Tanısı	**ArcCheck (%)**	**Epid (%)**	**Epiqa (%)**
1	Dil(54-60-66Gy)	96,9	99,7	94,3
2	Dil(54-60-69Gy)	98,8	100	97,4
3	Dil(54-60Gy)	97,4	99,8	98,0
4	Dil(54-60-69Gy)	98,1	98,6	98,4
5	Hipofarenks(54-60 69Gy)	96,1	99,1	97,5
6	Dil Ca(54-60-69Gy)	98,8	100	99,3
7	Hipofarenks(66-69Gy)	99,6	99,8	97,9
8	Larenks Ca(54-60-69Gy)	94,9	99,8	97,9
9	Larenks (54-60-69Gy)	100	99,9	98,1
10	Larenks Opere(54-60-69Gy)	96	99	98
11	Nazofarenks(54-60-69Gy)	95,8	99,3	86,7
12	Oral kavite (54-66Gy)	92,5	99,85	90,1
13	Larenks (54-69Gy)	100	99,91	96,2
14	Dil Ca(54-69Gy)	99,4	100	99,1
15	Hipofarenks Ca(54-60-69Gy)	99,9	100	98,9
16	Nazofarenks(54-60-69Gy)	97,2	99,8	91,3
17	Larenks (54-60-69Gy)	97,3	99,8	97,5
18	Orofarenks(54-60-69Gy)	100	99,8	97,3
19	Larenks (54-60-69Gy)	99,8	99,9	97,2
20	Nazofarenks(54-60-69Gy)	98,2	99,4	97,7
21	Hipofarenks (54-60Gy)	100	100	98,7
22	Larenks (54-60-69Gy)	99,7	99,9	96,7
23	Larenks (54-60-69Gy)	100	99,8	98,6
24	Dil Ca(54-60-66Gy)	100	99,9	98,4

25	Larenks (54-60-69Gy)	99,8	99,9	99,1
26	Larenks (54-60Gy)	97,7	99,6	96,7
27	Larenks (54-66Gy)	99,8	99,6	92,2
28	Larenks (54-66Gy)	99,4	99,8	96,8
29	Hipofarenks Ca(54-60Gy)	99,7	99,9	97,1
30	Hipofarenks Ca	94,5	99,7	97,5
31	Orofarenks(54-60-69Gy)	96,6	99,4	98,4

4.4. İstatiksel Karşılaştırma Sonuçları

Çalışmaya dahil edilen VMAT hasta planı sayısı 30'un üzerinde olduğundan parametrik test yapıldı. İstatistiksel değerlendirme *Correlation* analizi ve *Sample Paired T*-testi kullanılarak yapıldı. SPSS istatistik programı ile elde edilen verilerin analizi gerçekleştirildi (Tablo 3-4-5).

Tablo 3: *ArcCheck, EPID* ve *EPIQA* ile yapılan ölçüm sonuçlarının *Correlation* Testi ile karşılaştırılması

	ARCCHECK		EPID		EPIQA	
	r	P	r	p	r	p
ARCCHECK	1		0,506	0,004	0,203	0,274
EPID	0,506	0,004	1		0,132	0,479
EPIQA	0,203	0,274	0,132	0,479	1	

Tablo 4: *ArcCheck, EPID* ve *EPIQA* ile yapılan ölçüm sonuçlarının *Sample Paired T*-Testi ile karşılaştırılması

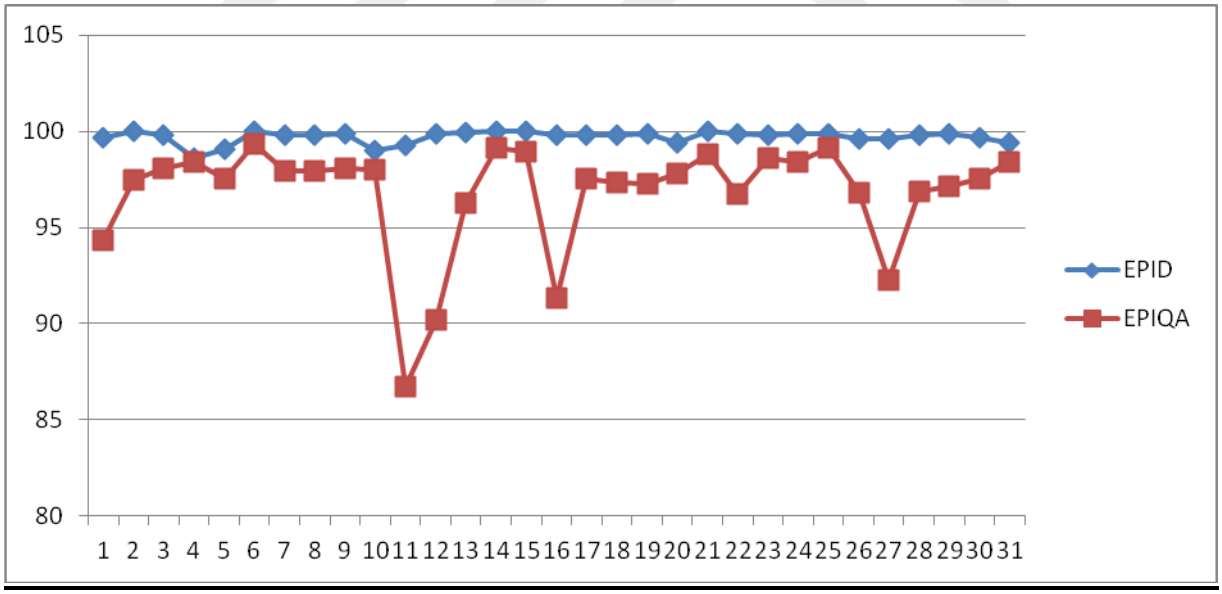
	Yüzde Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Sapma Ortalama
ARCCHECK	98,41	1,7	0,305
EPID	99,71	0,329	0,059
EPIQA	96,78	2,893	0,52

Tablo 5: *ArcCheck, EPID* ve *EPIQA* ile yapılan ölçüm sonuçlarının *Paired Samples* Korelason sonuçları

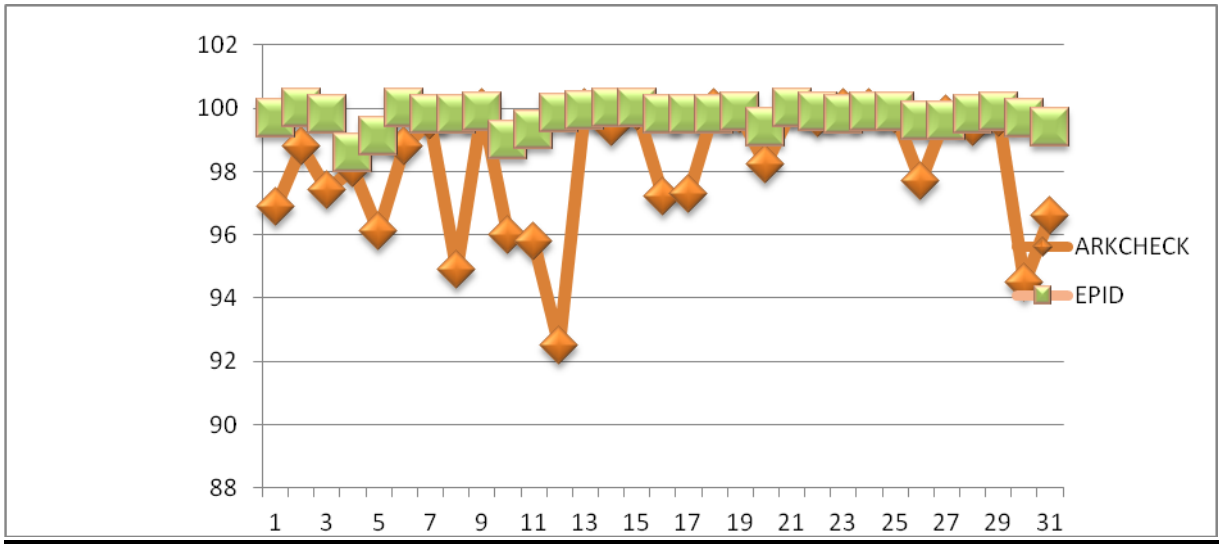
	Korelasyon	P
ARCCHECK & EPID	0,506	0,004
EPID & EPIQA	0,132	0,479
ARCCHECK & EPIQA	0,203	0,274

SPSS istatistik programı yardımıyla *ArcCheck* ve *EPID* 'nin ikili karşılaştırmalarında r değeri 0,506, *ARCCHECK ve EPIQA*'nın ikili karşılaştırmalarında ise 0,203 bulundu, *EPID* ve *EPIQA*'nın ikili karşılaştırmalarında ise 0,132 bulundu.

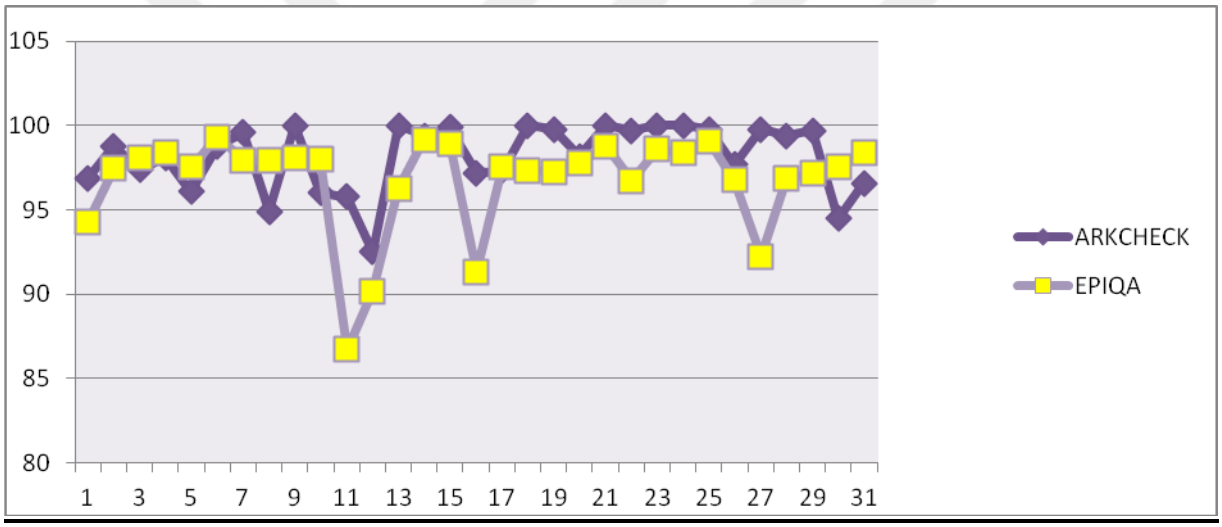
ArcCheck, EPID, EPIQA sonuçlarının ikili ve üçlü karşılaştırılması aşağıdaki Şekil 11-12-13-14'de gösterildi. Bu tablolarda gösterilen sonuçlar arasında en fazla farklılık *EPIQA* ile yapılan ölçümlerde, en az farklılık ise *EPID* ile yapılan ölçümlerde elde edildi.



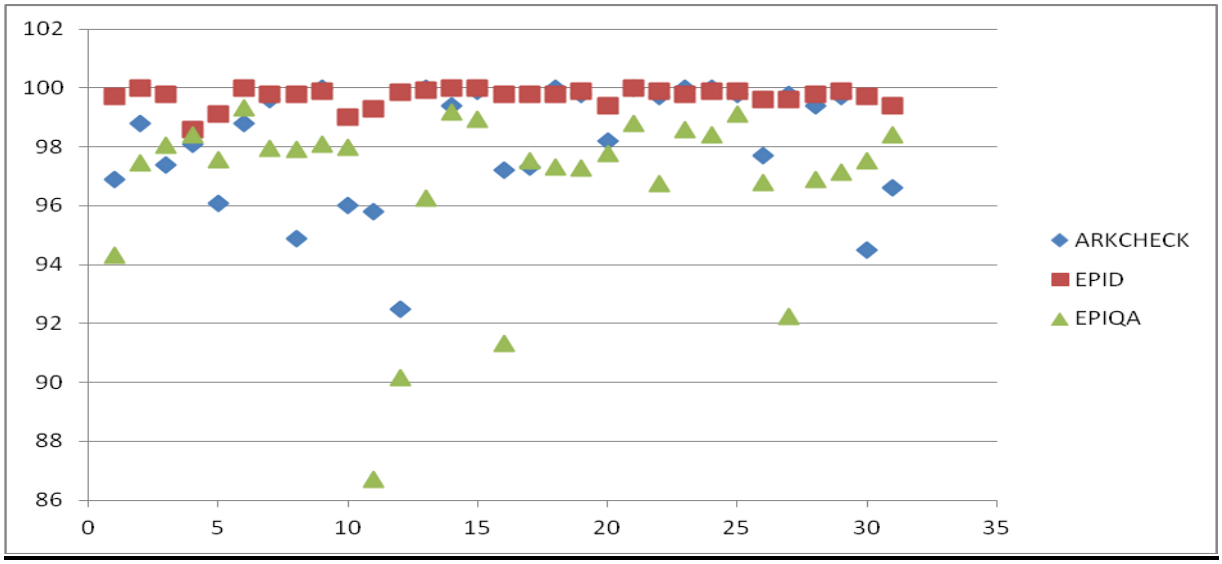
Şekil 11: EPID ve EPIQA ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 12: *ArcCheck* ve *EPID* ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 13:*ArcCheck* ve *EPIQA* ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 14: *ArcCheck, EPID* ve *EPIQA* ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Radyoterapide gelişmiş teknikler kullanılarak yüksek dozlara çok kısa sürelerde çıkılabilmektedir. Maksimum tümör kontrolünün amaçlandığı gelişmiş tekniklerden birisi de VMAT'tır. VMAT planlamalarında tedavi alanları MLC'ler yardımıyla hızla değştirilirken gantry dönerek ışınlamaya devam etmektedir. Bu nedenle VMAT planlarının, tedavi öncesinde dozimetrik doğruluğunun nitelik güvenirliği sistemleriyle mutlaka kontrol edilmesi gerekmektedir [8]. Bu dozimetrik doğrulamalar için iyon odaları, film dozimetre, elektronik portal görüntüleme, iki boyutlu iyon odaları ya da diyot detektörler ve jel dozimetre kullanılan yöntemlerdendir [29].

Bu çalışmada günümüzde kullanılan farklı doz doğrulama sistemleri güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından birbirleriyle, dozimetrik açıdan TPS ile karşılaştırılmıştır. *Wiezorek T ve ark.* [30] çalışmalarında olduğu gibi çalışmamızda kullanılan her sistem birbirlerinden bağımsız olarak kendi kullanım koşullarına uygun şekilde hazırlandı, ışınlandı ve değerlendirildi. Değerlendirme *Low D ve ark.* [26] çalışmasında açıkladığı düşük ve yüksek doz değişimlerini aynı anda hesaba katan *gamma indeksi* kullanılarak her sistemin kendi yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Doz farkı (DD) %3 ve kabul edilebilir mesafe (DTA) 3 mm değerlendirmede kullanılan klinik kabul kriterleridir.

Çalışmamızda kullanılan diyot dedektörlerden oluşan ArcCheck ve EPID sistemlerinin şekilleri ve uygulama yöntemleri farklıdır. *ArcCheck* diyot dedektöründe doz doğrulama planı plan ilişki yöntemine göre planda herhangi bir değişiklik yapılmadan oluşturulmuştur. Değerlendirme *SNC Patient* yazılımında yapılmıştır. Yazılım belirlenen DD ve DTA kriterlerine göre geçen noktaların ışınlanan toplam noktaya göre yüzdesini, rölatif ya da gerçek doz değerlendirmesi ile vermektedir. Plan ilişki yöntemiyle ışınlanan doz değerlendirme sonuçlarına göre *ArcCheck* diyot dedektörü ile elde edilen en düşük değer %94,9, en yüksek değer %100 'dür. Plan ilişki yöntemine göre yapılan *ArcCheck* diyot dedektörü doğrulaması, *gantri*nin dönüşüyle 100° ile 260° arasında açılarda tedavi masasının atenüasyonunu da hesaba katmaktadır [29, 30]. Bu açıdan değerlendirildiğinde *ArcCheck* diyot dedektörü ile ölçüm gerçek hasta koşullarına daha yakın olduğundan dozimetrik olarak daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. *ArcCheck* ile elde edilen değerlendirme sonuçlarından iki tanesi hariç yirmi dokuzu klinik kabul sınırları olan DD %3 ve DTA 3 mm içerisindedir ve literatürle uyumludur [33, 34].

ArcCheck'i klinik uygulama açısından değerlendirdiğimizde doz doğrulama planı hazırlama, hesaplama, planı lineer hızlandırıcıya gönderme, cihaz kurulumu, ışınlama ve

değerlendirme tecrübeyle daha kolay olmaktadır. Ölçülen doz haritası ile TPS'nden alınan doz haritasını karşılaştıran *SNC Patient* yazılımı anlaşılabilir ve klinik kullanımı rahattır. *ArcCheck* klinik kullanımda dozimetrik olarak güvenilir, uygulanabilirdir. Fakat *ArcCheck*'in 20 cm'den büyük alanlarda kullanımı uygun değildir ve bu da klinik uygulamalarda sınırlamalar getirmektedir.

EPID doz doğrulama planları da plan ilişki yöntemine göre planda herhangi bir değişiklik yapılmadan oluşturulmuştur ve sonuçları *gamma indeksine* [26] göre değerlendirilmiştir. *ArcCheck* yazılımından (*SNC Patient*) farklı olarak kullanılan yazılım programı *Portal Dosimetry, Varian*'dır. Bu yazılımla elde edilen sonuçların en küçük değeri % 98,6 en büyük değeri ise %100'dür. Buna göre *EPID* ile elde edilen sonuçların tamamı gama analiz yöntemine göre klinik kabul sınırları olan DD %3 ve DTA 3 mm içerisindedir ve literatürle uyumludur [33, 34, 35].

Dozimetrik olarak kabul edilebilir sonuçlar veren *EPID* sistemini klinik uygulama süreci açısından değerlendirecek olursak doğrulama planı hazırlama, hesaplama, planı lineer hızlandırıcıya gönderme, cihaz kurulumu, ışınlama ve değerlendirme *ArcCheck*'e göre çok daha kolaydır. *EPID* cihaza monte olduğundan kurulum süresi diğer sistemlerden daha kısadır. *EPID* ile VMAT plan doğrulaması hem kurulum hem de değerlendirme açısından klinik uygulamalarda oldukça pratiktir. *Pasma ve ark*. [36] 1999'da yaptığı ve sonrasında yapılan çalışmada da a-Si tabanlı flat panel dedektörlerin lineer yanıtlarının iyi ve hızlı olduğu görülmüştür. Ayrıca EPID, 30x40 cm^2'lik görüntüleme alanıyla büyük alanlarda da rahatlıkla kullanılabilmektedir [30].

EPIQA ile doz doğrulama planları 3.6.3.3'de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Klinik uygulama süreci açısından değerlendirecek olursak doğrulama planı hazırlama, hesaplama, planı lineer hızlandırıcıya gönderme, cihaz kurulumu, ışınlama ve değerlendirme kullandığımız üç cihaza göre en zorudur. Doz doğrulama planı oluşturmak ve hesaplatmak *EPIQA* ile daha uzundur. *EPID* ile yapılan ölçüm üzerine *GLAaS* algoritması kullanıldığı için ölçüm sonrasında istenildiği zaman değerlendirme yapılabilir.

Çalışmamızda dozimetrik olarak değerlendirildiğinde her sistem için elde edilen sonuçların kabul sınırları içerisinde olmadığı görülmüştür. Karşılaştırılan sistemler arasından *EPID* ve *ArcCheck* birbirlerini doğrulamaktadırlar. Klinik kullanımda uygulanabilirlik oldukça önemlidir. *EPID* ile ek kuruluma gerek duymadan ölçüm yapılabilmesi ve sonuçların TPS'de değerlendirilmesi klinik uygulama kolaylığı sağlar. Uygulama kolaylığı açısından *EPID*'i sırasıyla *ArcCheck* ve *EPIQA* takip eder. Dozimetrik, güvenilirlik ve uygulanabilirlik için *EPID* sonuçlarının tamamı literatürle (%95) uyumludur [26,28].

SPSS istatistik proğramında kullanılan parametrik testlerden korelasyon testi sonuçlarında elde edilen r değerlerine göre karşılaştırma yapıldı. *ArcCheck* ve *EPID*' in karşılaştırılmasından elde edilen r değeri 0,506'dır. Bu değer 0,4 ile 0,6 arasında olduğu için bu iki ölçüm sonuçları arasında orta şiddette korelasyon, anlamlı pozitif bir ilişki olduğu söylenebilir. Bu sonuca göre *ArcCheck* ve *EPID* birbirinin yerine kullanılabilir. Fakat *EPIQA* ile *ArcCheck* ve *EPID*'in karşılaştırılmasında elde edilen r değerleri 0,203 ve 0,132'dir. Bu sonuçlara göre r<0.2 ve 0,2 ile 0,4 arasında olduğu için bu ölçümler arasında ilişki çok zayıftır yada korelasyon yoktur. Bu durumda *EPIQA* ile *ArcCheck* veya *EPID* arasında anlamlı bir uyum yoktur.

6. SONUÇ

EPID'in lineer hızlandırıcı cihazına monte olması, hızlı sonuç vermesi ve sonuçların güvenilir olması açısından radyoterapide kalite kontrol için kullanımı uygundur. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumlu olup, VMAT planlarının kalite kontrolü için kullanımı oldukça rahat ve güvenlidir. *ArcCheck* de klinik kullanımda dozimetrik olarak güvenilir ve uygulanabilirlik açısından uygun olsa da belirli bir kullanım alan boyutu vardır. *ArcCheck*'in 20 cm'den büyük alanlarda kullanımı uygun değildir ve bu da bazı sınırlamalar getirmektedir. *EPIQA, EPID* ile elde edilen doz haritasına *GLAaS* Algoritması uygulayarak yeni bir düzeltme sağlar. Bu sebeple *EPIQA* ayrıntılı ölçümlerde doğru seçimdir.

Sonuç olarak, VMAT planları dozimetrik doğrulamaları için geliştirilen *EPID* ve *ArcCheck* birbirlerinin yerine kullanılabilmektedir. *EPIQA* ayrıntılı ölçümler sağlamaktadır. Her bir QA sistemi için belirli bir aygıt donanımı, bilgi birikimi ve deneyim gerektirmektedir. Kullanılacak olan sistem her kliniğin nitelik güvenirliği programında tanımlanmalı ve medikal fizik uzmanının uygulanacak sistem için eğitiminin tam olması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

[1] Spezi E, Angelini AL, Romani F et al. Characterization of a 2D ion chamber array for the verification of radiotherapy treatments. Physics in Medicine and Biology 2005; p. 3361-3373.

[2] Joiner M, Koger A. Basic Clinical Radiobiology, 4th Edition, CRC Press; 2009; p. 10-11.

[3] Kirby M C, Glendinning A G. Developments in electronic portal imaging systems. The British Journal of Radiology, 2006; p. 50-65.

[4] Faiz M. Khan. Treatment Planning in Radiation Oncology, 2nd Edition, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

[5] Webb S. The physical basis of IMRT and inverse planning. The British Journal of Radiology 2003; p. 79: 678-689.

[6] Haring P, Rhein B. 3D quality assurance systems. In: Schlegel W, Bortfeld T, Grosu A-L, editors. New Technologies in radiation oncology. Germany, Springer-Verlag Berlin Hedelberg, 2006; p. 411-424.

[7] Khan Faiz M. The Physics of Radiation Therapy. 3rd Edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins ,2003; p. 430-435.

[8] Drake RL, Vogl W, Mitchell, Adam WM. Gray's Anatomy for Students. 3nd Edition. Churchill Livingstone, 2014; p. 747.

[9] Baş Boyun Kanserleri. Polat B, Hafız G. Klinik Gelişim, Cilt 25, 2012; p. 104- 105.

[10] International Commission On Radiation And Measurements, (ICRU) Report 50. Prescribing, recording and reporting photon beam therapy 1993.

[11] International Commission on Radiation and Measurements, (ICRU) Report 62. Prescribing, recording and reporting photon beam therapy 1999.

[12] Acun H, Kemikler G, Çakır A. Statik IMRT (step and shoot) yöntemine göre oluşturulan IMRT planlarının dozimetrik doğrulanmasına segment sayısının etkisi. Türk Onkoloji Dergisi, 2011; p. 18-25.

[13] Webb S. Intensity Modulated Radiation Therapy. Bristol: Institute of Physics Publishing; 2001; p. 270-278.

[14] Schegel W, Bortfeld T, Grosu AL. New Technoligies in Radiation Oncology. Verlag Berlin: Springer; 2006; p. 263-294.

[15] Tyler A, Hanna L. Radiotherapy planning, In: Hanna L, Crosby T, Macbeth F, editors. Practical clinical oncology. 1st ed. New York, Cambridge; 2008; p. 47.

[16] Harrington K, Nutting C, Newbold K, Bhide S. Radiation therapy for head and neck cancer, In: Montgomery P, Rhys Evans P, Gullane P, editors. Principles and practice of head and neck surgery and oncology. 2nd ed. Florida, CRC; 2009; p.70-75.

[17] Wiezorek T, Banz N, Schwedas M, Scheithauer M, Salz H, Georg D, et al. Dosimetric quality assurance for intensity-modulated radiotherapy feasibility study for a filmless approach. Strahlenther Onkol 2005; p. 468-474.

[18] Létourneau D, Gulam M, Yan D, Oldham M, Wong JW. Evaluation of a 2D diode array for IMRT quality assurance. Radiother Oncol 2004; p. 199-206.

[19] Wiezorek T, Schwedas M, Scheithauer M, Salz H, Bellemann M, Wendt TG. VERIDOS: A new tool for quality assurance for intensity modulated radiotherapy. Strahlenther Onkol 2002; p. 732-736.

[20] Faiz M. Khan. Treatment Planning in Radiation Oncology, 5th Edition, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2014; p. 125-128.

[21] Atamel M. Rapidarc planlamalarının termolüminesans dozimetre iyon odası ve portal dozimetre ile kalite kontrolü**.** İzmir, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2015.

[22] Rah JE, Hong JY, Kim GY, Kim YL, Shin DO, Sub TS, 2009, A comparison of the dosimetric characteristics of a glass rod dosimeter and a thermoluminescent dosimeter for mailed dosimeter, *Radiation Measurements*, p.18-22.

[23] Atamel M, and Erturk E, 2012, Principles and Practice of Modern Radiotherapy Techniques in Breast Cancer, Turkey, p. 358.

[24] http://www.sunnuclear.com/solutions/patientqa/mapcheck (22.08.2016)

[25] http://www.sunnuclear.com/solutions/patientqa/arccheck3dvh (22.08.2016)

[26] Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy A. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. Med Phys. 1998; May;25 p. 656-661.

[27] Nelms BE, Simon JA. A Survey on IMRT QA Analysis. Journal of Applied Clinical Medical Physics. Vol 8, No 3, 2007.

[28] Low D, Dempsey JF. Evaluation of the gamma dose distribution comparison method.

Med Phys. 2003; p. 2455-2464.

[29] Collomb-Patton V, Boher P, Leroux T, Fontbonne JM, et al. Dosimap: A high resolution 2D tissue equivalent dosemeter for linac QA and IMRT verification. Radiation Protection Dosimetry 2008; p. 100-109.

[30] Wiezorek T, Banz N, Schwedas M. Dosimetric QA for IMRT. Strahlentherapie und Onkologie 2005; p. 468-474.

[31] Munjal RK, Negi PS, Babu AG, Sinha SN, et al. Impact of 6MV photon beam attenuation by carbon fiber couch and immobilization devices in IMRT planning and dose delivery, Journal of Medical Physics 2006; p. 67-71.

[32] Meydancı T. Yüksek enerjili x-ısınlarıyla yapılan tedavilerde karbon fiber masanın cilt ve izomerkez dozuna etkisinin araştırılması. İstanbul, İstanbul Üniversitesi, Tıbbi Radyofizik Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2007.

[33] Letourneau D, Gulam M, Yan D, et al. Evaluation of a 2D diode array for IMRT quality assurance, Radiotherapy and Oncology 2004; p. 199-206.

[34] Yan g, Lu B, Kozelka J, et al. Calibration of a novel four-dimensional diode array, Med Phys. 2010; p. 108-115.

[35] Daniel A. Low, Ph.D, Gamma Dose Distribution Evaluation Tool. Journal of Physics: ConferenceSeries 2010.

[36] Pasma KL, Kroonwijk M, Quint S, et al. Transit dosimetry with an electronic portal imaging device (EPID) for 115 prostate cancer patients 1999.

8.EKLER

EK 1: ETİK KURUL ONAYI

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:2016/04-02**	**Tarih:11.02.2016**
	Prof.Dr.Fadime Can AKMAN'ın sorumlusu olduğu **"Baş Boyun Kanserlerinde Uygulanan Volumetrik Ark Tedavisi (VMAT) Planlarının Nitelik Güvenirliğinde Farklı Sistemlerin Karşılaştırılması"** isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	
ETİK KURUL BİLGİLERİ		
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
ETİK KURUL ÜYELERİ		

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU (Başkan Yardımcısı)	Halk Sağlığı	DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.	Kadın	E ☐	H ☒	Katılmadı
Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Ece BÖBER	Pediatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Vesile ÖZTÜRK	Nöroloji	DEU Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Sevinç ERASLAN	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	Katılmadı
Prof.Dr.Mukaddes GÜMÜŞTEKİN	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	Katılmadı
Prof.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Nihal GELECEK	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Müge KİRAY	Fizyoloji	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Şeyda SEREN İNTEPELER	Hemşirelik Yönetimi	DEU Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Yönetimi A.D	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Sefa KIZILDAĞ	Tıbbi Biyoloji ve Genetik	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji ve Genetik A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Sevda ÖZKARDEŞLER	Anesteziyoloji	DEÜ Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.	Kadın	E ☐	H ☒	
Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN	Hukuk	DEU Tıp Tarihi ve Etik A.D	Erkek	E ☐	H ☒	Katılmadı
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐	H ☒	

Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

EK 2: ÖZGEÇMİŞ

Pelin TAYMAZ

ÖZGEÇMİŞ



TC Kimlik No / Pasaport No:	13039256638
Doğum Yılı:	1990
Yazışma Adresi :	Burhaniye Mah. Merih Oral Apt. Kat:5 Daire:10 Ceyhan/ADANA
Telefon :	(+90) 555 745 8737
Faks :	
e-posta :	pelintaymaz@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Yılı
Türkiye	Dokuz Eylül Üniversitesi	Sağlık Bilimleri Enstitüsü	Medikal Fizik Yüksek Lisans	Yüksek Lisans	Devam ediyor
Türkiye	Gaziantep Üniversitesi	Mühendislik Fakültesi	Fizik Mühendisliği	Lisans	2014

AKADEMİK/MESLEKTE DENEYİM

Kurum/Kuruluş	Ülke	Şehir	Bölüm/Birim	Görev Türü	Görev Dönemi
Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi	Türkiye	İzmir	Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı	Radyoterapi Uygulamaları	2015-2016
Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi	Türkiye	İzmir	Radyoloji Anabilim Dalı	Radyoloji Uygulamaları	2015-2016

Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi	Türkiye	İzmir	Nükleer Tıp Anabilim Dalı	Nükleer Tıp Uygulamaları	2015-2016

UZMANLIK ALANLARI

Uzmanlık Alanları
Medikal Fizik, Radyoterapi Fiziği, Radyoloji Fiziği, Radyasyon Fiziği, Nükleer Tıp Fiziği, Dozimetri, Radyasyondan Korunma ve Radyasyon Güvenliği, Radyobiyoloji

DİĞER AKADEMİK FAALİYETLER

Son Bir Yılda Uluslararası İndekslere Kayıtlı Makale/Derleme İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Son Bir Yılda Projeler İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Yayınlara Alınan Toplam Atıf Sayısı			
Danışmanlık Yapılan Öğrenci Sayısı		**Tamamlanan**	**Devam Eden**
	Yüksek Lisans		
	Doktora		
	Uzmanlık		
Diğer Faaliyetler (Eser/görev/faaliyet/ sorumluluk/olay/üyelik vb.)	Radyoterapi Teknikerleri Derneği'nin Dokuz Eylül Üniversitesi AD'da gerçekleştirdiği "Eğitim Semineri-IV"de katılımcı(22.11.2014) Radyasyondan Korunma Uzmanları Derneği ve İş Sağlığı ve Güvenliği Profesyonelleri Derneği'nin Dokuz Eylül Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi'nde gerçekleştirdiği "İş Sağlığı ve Güvenliğinde Radyasyondan Korunmanın Yeri ve Önemi" konulu çalıştayda katılımcı (03.06.2016)		

ÖDÜLLER

YAYINLARI

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar
