

ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU SONRASI DÖNEMDE OLUŞAN TÜNEL GENİŞLİĞİNİN ÖLÇÜM METODUNDA MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME VE BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ'NİN KARŞILAŞTIRMALI GÜVENİLİRLİK ANALİZİ

RELIABILITY ANALYSIS OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING AND COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IN THE MEASUREMENT OF TUNNEL WIDTH AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT REPAIR

Bilgehan TAĞRIKULU, MD;¹ Murad PEPE, MD;² Onur KOCADAL, MD;³ Kubilay CERİTOĞLU, MD;¹ Emre ÇALIŞAL, MD;² Cem Nuri AKTEKİN, MD;¹

¹Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara, Türkiye

²Amasya Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji ABD, Amasya, Türkiye

³Yeditepe Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji ABD, İstanbul, Türkiye

Geliş tarihi: 30/04/2017

Kabul tarihi: 22/12/2017

Yazarlar herhangi bir finansal destek kullanmamış olup yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

ÖZ

AMAÇ: Ön çapraz bağ (ÖÇB) cerrahisi sonrası tünel genişlemesi radyolojik olarak farklı tetkikler ile ölçülebilmektedir. Hasta takiplerinde tünel genişlemesinin değerlendirilmesinde bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkikleri kullanılmaktadır. Çalışmamızın amacı; artroskopik ÖÇB tamiri uygulanan hastalarda femoral ve tibial tünel genişliği ölçümünde görüntüleme tetkikleri arasındaki güvenilirliği analiz etmektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER: Kliniğimizde hamstring otogrefti kullanılarak asansör sistemi ile izoanatomik artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan ve takiplerinde lineer tünel genişlemesi olan 24 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların BT ve MRG'de aksiyel, koronal ve sagittal planda tünel genişlikleri, 5 gözlemci tarafından ölçüldü. Kesitler üzerinde her gözlemci tarafından femoral ve tibial tüneller için giriş, orta, çıkış genişliği PACS (Picture Archiving and Communication System) sistemi üzerindeki cetvel uygulaması ile ölçüldü. Ölçümler birer hafta arayla tekrarlandı ve bağımsız bir cerrah tarafından kayıt edildi.

BULGULAR: Çalışmamızda femur ölçümlerinin tüm kesitlerinde toplam 90 ölçümden MRG'de 14, BT'de 11 anlamlı fark görüldü ($p<0.05$). Tibia ölçümlerinin tüm kesitlerinde toplam 90 ölçümden MRG'de 19, BT'de 11 anlamlı fark görüldü ($p<0.05$). Femur koronal kesitlerinde gözlemci-ici güvenilirlik MRG'de 0.69, BT'de 0.85 olarak bulundu, sagittal kesit için MRG'de 0.41 ve BT'de 0.77 ve aksiyel kesit için ise MRG'de 0.45 BT'de 0.78 olarak bulundu. Tibia kesitlerinde koronal ölçümlerde gözlemci-ici güvenilirliğimizi MRG'de 0.66, BT'de 0.81, sagittal kesitlerde MRG'de 0.38, BT'de 0.69, aksiyel kesitlerde MRG'de 0.45, BT'de 0.79 olarak bulundu. Femur kesitlerinde gözlemcilerin ölçümü giriş, orta veya çıkıştan yapmaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Tibiada femur ölçümlerine göre hatalı ölçüm sayısı daha yüksek ve güvenilirlik daha düşük bulundu.

SONUÇ: Sonuç olarak lineer tünel genişlemesi olan hastalarda tünelin girişinden, ortasından veya çıkışından ölçümünün fark yaratmayacağını; ölçümlerde koronal kesitlerin kullanılmasının ve mümkünse görüntülemede BT'nin tercih edilmesinin daha doğru sonuçlar vereceğini düşünmekteyiz. Ancak ilerleyen yıllarda daha yüksek çözünürlüklü MRG ile yapılacak karşılaştırmalı çalışmalarda benzer veya daha fazla güvenilirlik saptanması durumunda tünel genişlemesi ölçümünde BT'nin radyoaktif etkileri de düşünüldüğünde MRG daha tercih edilir hale gelebilir.

Anahtar Kelimeler: Ön çapraz bağ, Tünel genişliği, Manyetik rezonans görüntüleme, Bilgisayarlı tomografi, Güvenilirlik analizi

Yazışma adresi/Correspondence Address: Dr. Murad PEPE, Amasya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji A.B.D. Amasya, Türkiye

Tel: 0358 2184000/1209

e-mail: dr_muradpepe@hotmail.com

ABSTRACT

OBJECTIVE: Tunnel widening following anterior cruciate ligament (ACL) surgery can be measured by several radiological methods. Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are used to evaluate tunnel widening. The aim of our study is to analyse the reliability of tunnel width measuring between two different radiographic methods.

MATERIAL AND METHODS: 24 patients who underwent isoanatomic arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft with elevator system in our clinic and had linear tunnel widening in their follow-up were included in the study. Five observers measured the tunnel width on sagittal, coronal and axial images of CT and MRI of the patients. Aperture, mid-section and exit width for the femoral and tibial tunnels were measured by each observer on these sections with a ruler application on the PACS system (Picture Archiving and Communication System). The measurements were repeated with one week interval and the measurements were documented by an independent surgeon.

RESULTS: 14 significant differences in MRI measurements and 11 significant differences in CT measurements were seen in a total of 90 femoral measurements in all sections ($p<0.05$). 19 significant differences in MRI measurements and 11 significant differences in CT measurements were seen in a total of 90 tibial measurements in all sections ($p<0.05$). Intraobserver reliability of femoral coronal, sagittal and axial sections was found 0.69 in MRI and 0.85 in CT, 0.41 in MRI and 0.77 in CT, 0.45 in MRI and 0.78 in CT, respectively. Intraobserver reliability of tibial coronal, sagittal and axial sections was found 0.66 in MRI and 0.81 in CT, 0.38 in MRI and 0.69 in CT, 0.45 in MRI and 0.79 in CT, respectively. There was no significant difference between making the measurement in the aperture, mid-section or exit width at femoral tunnel. Tibia measurements showed lower reliability than femur measurements.

CONCLUSIONS: As a result, there is found no difference whether making the measurement of the tunnel from aperture, mid-section or exit in patients with liner tunnel widening. The using of the coronal section in measurements and if possible CT scan preference would give more accurate results. However, if higher reliability is detected in studies with higher resolution MRI, MRI may become more preferred when considering the radioactive effects of CT in tunnel widening measurements.

Keywords: Anterior cruciate ligament, Tunnel width, Magnetic resonance imaging, Computerized tomography, Reliability analyse

GİRİŞ

Ön çapraz bağ (ÖÇB), spor yaralanmalarından sıklıkla etkilenen ve diz ekleminin stabilitesini sağlayan temel anatomik yapılardan biridir. Yüksekten düşme, trafik kazası, spor yaralanmaları gibi travmalar ön çapraz bağ yırtığına neden olabilir (1). Yaralanan ön çapraz bağın kendiliğinden iyileşmesi mümkün olmadığından rekonstrükte edilmesi gereklidir (2). Mümkün olan en anatomik rekonstrüksiyon, en fazla stabilite, en az dejeneratif değişiklik, en erken spora dönüş sağlama amaçları ile günümüzde bu cerrahi sıklıkla uygulanmaktadır (3).

Tünel genişlemesi, ÖÇB cerrahisi sonrası gelişen önemli komplikasyonlardan birisidir (4). Tünel genişlemesinin sebebi olarak mekanik ve biyolojik faktörler suçlanmaktadır (5). Bu faktörlerin greftin tünelle birleşmesini (inkorporasyonu), yani greft-kemik uyumunu etkilediği gösterilmiştir (6). Tünel konik, kistik, kaviter veya lineer şekilde genişleyebilir. Bugüne kadar tünel genişliğinin ölçümünde farklı radyolojik tetkikler kullanılmıştır. Bunların arasında düz

grafi, BT, MRG ve 3 boyutlu BT bulunmaktadır (4,7). Bu tetkiklerin karşılaştırmalı analizlerini sunan çalışmalar literatürde bulunmakla beraber, özellikle lineer gevşemesi olan hastalarda ölçümlerin sagittal, koronal ve aksiyel planlarda tünelin girişi, ortası ve çıkışından yapılmasını karşılaştıran çalışma literatürde bulunmamaktadır. Bu yüzden çalışmamızda hamstring otogrefti ile artroskopik izoanatomik ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan ve takiplerinde lineer tünel genişlemesi gelişen hastaların, tünel genişliği ölçümünde BT ve MRG'nin güvenilirliğinin karşılaştırmalı analizini yapmayı amaçladık.

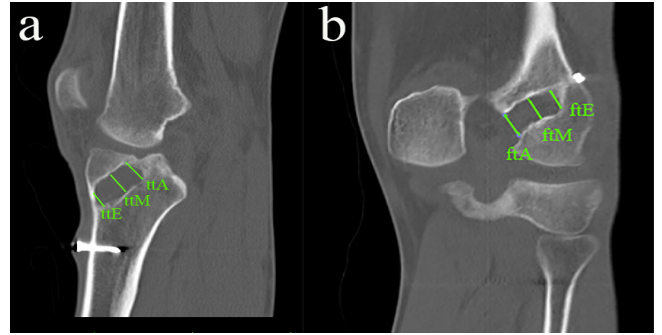
GEREÇ VE YÖNTEMLER

Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi kliniği arşivinden Kasım 2013-Eylül 2015 yılları arasında ÖÇB yırtığı nedeniyle artroskopik ÖÇB tamiri uyguladığımız hastalar geriye dönük olarak tarandı. 17-50 yaş aralığında, otogreft (grasilis-semitendinosus tendonları) ile femur tespitinde izoanatomik giriş yardımıyla asansör (ToggleLoc, ZipLoop Technology, Biomet, IN, USA) sistemi kullanılan,

tibia tespitinde emilebilir interferans vidası (ComposiTCP, Biomet, IN, USA) ve U-çivisi kullanılan, ameliyat sonrası en az 6 aylık takiplerinde Bilgisayarlı Tomografi (BT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) tetkikleri temin edilen hastalar incelemeye alındı. Öncesinde diz çevresi kırık öyküsü, ek yaralanma (menisküs yırtığı, bağ yaralanması, sinoviyal patolojiler) ve cerrahi öyküsü (yan bağ ve/veya arka çapraz bağ tamiri, menisküs tamiri vs.) olan, farklı tespit yöntemleri kullanılmış (Cross-pin, All-Inside vs.), tendon temininde allogreft veya aşıl, kemik-patellar tendon-kemik otogreftleri kullanılmış, yapılan görüntüleme analizlerinde kaviter tünel genişlemesi olan, revizyon cerrahisi uygulanmış hastalar çalışma dışında bırakılmıştır. Kriterlere uyan 24 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların yaş, cinsiyet, taraf ve süre verileri kaydedildi. 5 gözlemci tarafından BT ve MRG'de seçilmiş imajlar üzerinde sagittal, koronal, aksiyel kesitlerde tünel genişlikleri aynı bilgisayar sisteminde ölçüldü. Tüm ölçümler hastanenin PACS (Picture Archiving and Communication System) sistemindeki cetvel uygulaması ile yapıldı. 5 gözlemcinin 2'si spor cerrahisi ile uğraşan ortopedi uzmanı, 3'ü ise son sene asistanıydı. Ölçüm öncesinde cerrahlara PACS sisteminde cetvel kullanımı hakkında bilgilendirme yapılmış ve çalışmaya dahil edilmeyen veriler üzerinde eğitici ölçümler yaptırılmıştır. Tünel genişlikleri MRG üzerinde Weber ve arkadaşlarının tarif ettiği tünel giriş, orta ve çıkış genişlik ölçüm kriterlerine göre ölçüldü (8) (Figür 1). BT üzerinden tünel genişliği ölçümü ise Webster ve Fellerin tarif ettiği yöntemle yapıldı (9) (Figür 2). Veriler bağımsız tek bir araştırmacı tarafından kaydedildi. Her cerrah birer hafta arayla tek bir sekans üzerinde iki ölçüm yapıtı.



Figür 1: Sagittal planda MR görüntülemesinde tünel genişlik ölçüm yöntemi (ttA: tibial tünel giriş, ttM: tibial tünel orta, ttE: tibial tünel çıkış ftA: femoral tünel giriş, ftM: femoral tünel orta, ftE: femoral tünel çıkış) (8).



Figür 2: (a) BT görüntülemesinde sagittal planda tibial tünel genişliklerinin ölçümü (ttA: tibial tünel giriş, ttM: tibial tünel orta, ttE: tibial tünel çıkış) (b) BT görüntülemesinde koronal planda femur tünel genişliklerinin ölçümü (ftA: femoral tünel giriş, ftM: femoral tünel orta, ftE: femoral tünel çıkış)

İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS paket programı kullanılarak analiz edilmiştir (Version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL). Demografik verilerde tanımlayıcı ve sıklık analizleri yapılmıştır. Ölçümlerin dağılımlarının normalitesine bakılarak tekrarlayan ölçümlerde parametrik verilerde eşleştirilmiş örneklem t testi, parametrik olmayan verilerde Wilcoxon testi kullanıldı. Anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Gözlemci-ichi ve gözlemciler arası güvenilirlik analizi hesaplamasında grup içi ilişki katsayısı analizi yapıldı (ICC- Interclass correlation coefficient, 2 yollu miks model, %95 güven aralığında). ICC değerleri 0.75-1.0 arasında mükemmel, 0.60-0.75 arasında iyi, 0.40-0.59 arasında orta ve < 0.40 düşük değer olarak belirlendi (10).

BULGULAR

Çalışmaya katılan 24 hastanın yaş ortalaması 31 (17-46)'di. Ortalama takip süresi 11 aydı (6-36). 24 dizin 13'ü sağ (%54.2), 11'i (% 45.8) soldu.

BT'de ölçülen ortalama femoral tünel genişliği 9.37 mm (6.06-14.6) iken, ortalama tibial tünel genişliği 9.69 mm (5.9-15.2) idi. MRG'de ölçülen ortalama femoral tünel genişliği 9.32 mm (4.61-14.2) iken, tibial tünel genişliği ortalama 9.42 mm (5.6-14.0) idi.

Gözlemci-ichi tekrarlayan ölçümlerde gözlemci 1'in BT sagittal kesit ölçümlerinde 12 ölçümden 2'sinde (%16.6)

anlamlı fark saptandı, gözlemci 1'in MRG sagittal kesit tekrarlayan ölçümlerinde ise 12 ölçümden 4'ünde (%33) anlamlı fark bulundu ($p<0.05$). Gözlemci 1, 2, 3, 4 ve 5'in tüm kesitlerde anlamlı fark oranları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Gözlemcilerin tekrarlayan ölçümlerinde farklı kesitlerde BT ve MRG'de anlamlı fark oranları

	Sagittal Kesit		Koronal Kesit		Aksiyel Kesit	
	BT	MRG	BT	MRG	BT	MRG
Gözlemci 1	2/12	4/12	0/12	3/12	1/12	1/12
Gözlemci 2	3/12	5/12	1/12	2/12	1/12	5/12
Gözlemci 3	2/12	1/12	0/12	1/12	1/12	1/12
Gözlemci 4	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12
Gözlemci 5	2/12	3/12	3/12	2/12	4/12	2/12

Tüm gözlemcilerin BT ölçümlerinde sagittal kesitlerde anlamlı fark oranı 9/60 (%15), koronal kesitlerde 4/60 (%6,6) ve aksiyel kesitlerde 8/60 (%13,3) idi. Tüm gözlemcilerin MRG ölçümlerinde sagittal kesitlerde anlamlı fark oranı 13/60 (%21,6), koronal kesitlerde 8/60 (%13,3) ve aksiyel kesitlerde 9/60 (%15) idi.

Gözlemcilerin tekrarlayan ölçümleri detaylı olarak incelendiğinde (Tablo 2) femoral ve tibial tünellerin giriş, orta ve çıkış bölgesi ölçümlerinde istatistiksel olarak en anlamlı fark sagittal kesitte MRG ve BT' de femoral ve tibial tünellerin giriş ve çıkış ölçümlerinde saptanmıştır ($p<0.05$).

Çalışmamızda tünel ölçümlerinde gözlemci-içi ve gözlemciler-arası güvenilirlik analizi de yapıldı. Grup-içi ilişki katsayısı değerlerine (ICC) bakıldığında BT'de MRG'ye göre, koronal kesitlerde ise sagittal ve aksiyel kesit ölçümlerine göre daha yüksek değerler bulundu (Tablo 3).

Tablo 2: Gözlemcilerin tekrarlayan ölçümlerinde BT ve MRG de femoral, tibial bölgelerin sagittal, koronal ve aksiyel imajlarındaki anlamlı fark oranları. FsG; Femur sagittal giriş, FsO; Femur sagittal orta, FsC; Femur sagittal çıkış, FkG; Femur koronal giriş, FkO; Femur koronal orta, FkC; Femur koronal çıkış, FaG; Femur aksiyel giriş, FaO; Femur aksiyel orta, FaC; Femur aksiyel çıkış, TsG; Tibia sagittal giriş, TsO; Tibia sagittal orta, TsC; Tibia sagittal çıkış, TkG; Tibia koronal giriş, TkO; Tibia koronal orta, TkC; Tibia koronal çıkış, TaG; Tibia aksiyel giriş, TaO; Tibia aksiyel orta, TaC; Tibia aksiyel çıkış.

	Gözlemci 1		Gözlemci 2		Gözlemci 3		Gözlemci 4		Gözlemci 5	
	BT	MRG	BT	MRG	BT	MRG	BT	MRG	BT	MRG
FsG	1/12	1/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
FsO	0/12	0/12	1/12	1/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12
FsC	0/12	1/12	1/12	1/12	1/12	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12
FkG	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12
FkO	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
FkC	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12
FaG	1/12	0/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
FaO	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12
FaC	0/12	0/12	1/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
TsG	1/12	1/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12
TsO	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12
TsC	0/12	1/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12
TkG	0/12	1/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
TkO	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12
TkC	0/12	1/12	1/12	0/12	0/12	1/12	0/12	0/12	1/12	0/12
TaG	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	1/12	0/12	1/12	1/12
TaO	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12
TaC	0/12	1/12	0/12	1/12	0/12	0/12	0/12	0/12	1/12	0/12

Tablo 3: Femur ve tibial tünel ölçümünde farklı kesitlerde BT ve MRG'deki ortalama ICC değerleri

	Sagittal				Koronal				Aksiyel			
	Femur		Tibia		Femur		Tibia		Femur		Tibia	
	BT	MR	BT	MR	BT	MR	BT	MR	BT	MR	BT	MR
Gözlemci içi 1	0.76	0.46	0.65	0.37	0.87	0.77	0.81	0.63	0.79	0.49	0.79	0.44
Gözlemci içi 2	0.69	0.39	0.68	0.38	0.79	0.63	0.76	0.61	0.81	0.46	0.78	0.46
Gözlemci içi 3	0.80	0.43	0.73	0.41	0.89	0.71	0.87	0.70	0.74	0.37	0.80	0.53
Gözlemci içi 4	0.78	0.44	0.72	0.41	0.90	0.64	0.85	0.69	0.79	0.47	0.81	0.43
Gözlemci içi 5	0.82	0.33	0.67	0.33	0.80	0.70	0.76	0.67	0.77	0.46	0.77	0.39
Toplam Gözlemci içi	0.77	0.41	0.69	0.38	0.85	0.69	0.81	0.66	0.78	0.45	0.79	0.45
Gözlemciler arası	0.47	0.30	0.45	0.30	0.68	0.45	0.63	0.41	0.56	0.35	0.55	0.30

TARTIŞMA

ÖÇB cerrahisinin 1950'li yıllarda popülaritesinin artmasıyla birlikte hastaların takiplerinde farklı komplikasyonlar görülmeye başlanmıştır. Bu komplikasyonlardan birisi de tünel genişlemesidir (11,12). Iorio ve ark., ÖÇB cerrahisi yaptıkları 25 hastanın takiplerinde femoral tünelde %3 oranında, tibial tünelde %11 oranında genişleme olduğunu bildirmişlerdir (13). Bununla beraber farklı çalışmalarda bu genişlemenin femoral tünelde %0.4-56, tibial tünelde ise %11-45 oranında olduğu rapor edilmiştir (5,14). Gevşemeden biyolojik ve mekanik faktörler sorumludur. Biyolojik faktörler olarak tünel açılması sırasında ısı nekrozu, greft şişmesi, sinoviyal sıvı sızıntısı, artmış sitokin cevabı (TNF- α , IL-6) ve greft tipi belirtilirken (15,16,17); mekanik faktörler ise greftin tünel içindeki hareketi, greft tespit yöntemi, tespit materyalleri, uygun olmayan tünel yerleşimi ve hızlandırılmış rehabilitasyon sorumlu tutulmaktadır (3). Greft fiksasyonunda korteks dışına tespit yapılan vakalarda, ekleme daha yakın tespite nazaran daha yüksek gevşeme ve anlamlı olarak daha fazla tünel genişlemesinden bahsedilmektedir (15-18). Schulte, çalışmasında hamstring otogrefti ile tünel genişlemesinin kemik-patellar tendon-kemik otogrefti ile yapılan rekonstrüksiyona göre daha fazla olduğunu bildirmiş ve bu farklılığı hamstring tendonunun tünel içinde daha fazla hareket ettiğine bağlamıştır (16). Ancak L'Insalata kemik-patellar tendon-kemik otogrefti ile hamstring otogrefti arasında tünel genişlemesi açısından anlamlı bir fark bulamamıştır (19). Bu çalışmadaki tüm hastalara otojen hamstring tendon grefti kullanılmıştır.

Tünel genişlemesinin cerrahi sonrası ne zaman başladığı konusunda da farklı görüşler bulunmaktadır. Clatworthy ve Marchant, tünel genişlemesinin en erken 6. ayda başladığını 2. yıla kadar devam ettiğini söylemişlerdir (20). Bu yüzden şimdiki çalışmada en az 6. ayını doldurmuş hastalar değerlendirmeye alındı.

Tünel genişliğini ölçmek için birçok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Direkt grafi, MRG ve BT ile popülarlığı günümüzde artan 3D-CT (3 boyutlu bilgisayarlı tomografi) bunların başlıcalarıdır (21). Görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırmalı çalışmalarında, kimi yazarlar BT'nin daha üstün görsel ölçüm sağladığından bahsederken (21), kimileri de MRG ve düz grafi arasında anlamlı fark

olmadığını söylemektedir (22). Bizde çalışmamızda tünel genişliğini ölçmekte MRG ve BT görüntülemesinin farklı kesitlerinde gözlemci-içi ve gözlemciler-arası güvenilirliğini ölçmeyi hedefledik.

Marchant (23) ve arkadaşlarının ÖÇB revizyon cerrahisinde 5 gözlemci ile yaptıkları BT, MRG ve direkt grafi tünel ölçümü karşılaştırmalarında; femur koronal kesitlerinde gözlemci-içi güvenilirliği (ICC) MRG'de 0.50, BT'de 0.44 olarak hesaplamışlardır. Bununla beraber bizim çalışmamızda femur koronal kesitlerinde gözlemci-içi güvenilirliğimiz MRG'de 0.69, BT'de 0.85 olarak bulundu. Femur sagittal kesitlerine bakıldığında Marchant MRG'de 0.37 ve BT'de 0.74 güvenilirlikten bahsederken bu çalışmada MRG'de 0.41, BT'de 0.77 güvenilirlik saptadık. Her iki çalışma değerlendirildiğinde BT'nin gözlemci-içi güvenilirliğinin femur kesitlerinde MRG'ye nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir ve MRG güvenilirliğinin koronal kesitlerde sagittal kesitlere göre daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Merchant'ın çalışmasında bizim çalışmamıza göre güvenilirlik toplamda daha düşüktür. Bunun sebebi Merchant'ın dahil ettiği hastaların revizyon hastaları olması ve muhtemel kaviter defektlerde gözlemcinin tekrarlayan ölçümlerinde farklı noktaları işaretlemesinden kaynaklı olacağını düşünmekteyiz. Biz çalışmamızda güvenilirlik analizine ek olarak tekrarlayan ölçümler arasındaki anlamlı farkı da değerlendirdik. Sonuçlar ışığında femur ölçümlerinin tüm kesitlerinde toplam 90 ölçümden MRG'de 14, BT'de 11 anlamlı fark görüldü ($p<0.05$). Bu farklar detaylı incelendiğinde gözlemciler en çok hatayı sagittal ve en az hatayı koronal kesitlerde yaptılar. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında femur kesitlerinde böyle bir fark karşılaştırması yapılmamış olmakla beraber, yapılmış olan güvenilirlik karşılaştırmalarında koronal kesitlerde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Çalışmamızda femur kesitlerinde koronal planda daha yüksek güvenilirlik ve hata oranının daha az olmasını tünel görüntüsünün bu planda diğer planlara nazaran daha iyi tanımlanabilmesine bağlamaktayız. Femur kesitlerinde gözlemcilerin ölçümü giriş, orta veya çıkıştan yapmaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Tibia kesitlerinde koronal ölçümlerde gözlemci içi ICC MRG'de 0.66, BT'de 0.86; sagittal kesitlerde MRG'de 0.38,

BT'de 0.69; aksiyel kesitlerde MRG'de 0.45, BT'de 0.79 olarak bulundu. Başka bir çalışmada tibia koronal ICC MRG'de 0.60, BT'de 0.66; sagittal ICC MRG'de 0.33, BT'de 0.59 olarak bulunmuştur (21).

Çalışmamızda tibia ölçümlerinin tüm kesitlerinde toplam 90 ölçümden MRG'de 19, BT'de 11 anlamlı fark görüldü ($p<0.05$). Bu farklar detaylı incelendiğinde femurdaki gibi gözlemciler en az hatayı koronal kesitlerde yaptılar. Giriş, orta veya çıkıştan yapılan ölçümlerde toplam hata sayılarına bakıldığında anlamlı fark gözlenmedi. Fakat tibia da femur ölçümlerine göre hatalı ölçüm sayısı daha yüksek ve güvenilirlik daha düşük bulundu. Bu durumu tibia fiksasyonu sırasında interferans vidası kullanılmasına bağlamaktayız. Weber ve arkadaşları da tibial fiksasyonda interferans vidası kullanımının tünel genişliğini ölçmede artefakta neden olduğu ve yanlış ölçümlere neden olabileceğini söylemiştir (8). Benzer çalışmalar gibi biz de interferans vidası ile kemik arasında integrasyonun olmasının gözlemcilerin tünel sınırlarını belirlemesinde hataya sebebiyet verebileceğini düşünmekteyiz.

Literatür çalışmalarına benzer şekilde bizde çalışmamızda tünel genişliğini ölçmede BT'nin MRG'ye göre üstün olduğunu saptadık (23,24).

SONUÇ

Sonuç olarak lineer genişlemesi olan hastalarda tünelin girişinden, ortasından veya çıkışından ölçümünün fark yaratmayacağını; ölçümlerde koronal kesitlerin kullanılmasının ve mümkünse görüntülemelerde BT'nin tercih edilmesinin daha doğru sonuçlar vereceğini düşünmekteyiz. Ancak ilerleyen yıllarda daha yüksek çözünürlüklü Manyetik Rezonans Görüntülemeleri ile yapılacak karşılaştırmalı çalışmalarda benzer veya daha fazla güvenilirlik saptanması durumunda tünel genişlemesi ölçümünde BT'nin radyoaktif etkileri de düşünüldüğünde MRG daha tercih edilir hale gelebilir.

KAYNAKLAR

- 1)Ellison, A. E., Berg, E. E. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. The Orthopedic clinics of North America. 1985; 16: 3.
- 2)Duthon, V. B., Barea, C., Abrassart, S., Fasel, J. H., Fritschy, D.,

Ménétrey, J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2006; 14: 204-213.

3)Kondo, E., Merican, A. M., Yasuda, K., Amis, A. A. Biomechanical analysis of knee laxity with isolated anteromedial or posterolateral bundle-deficient anterior cruciate ligament. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2014; 30: 335-343.

4)Fink, C., Zapp, M., Benedetto, K. P., Hackl, W., Hoser, C., Rieger, M. Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2001; 17: 138-143.

5)Iriuchishima, T., Shirakura, K., Yorifuji, H., Aizawa, S., Fu, F. H. Size comparison of ACL footprint and reconstructed auto graft. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy. 2013; 21: 797-803.

6)Hogervorst T, van der Hart CP, Pels Rijcken TH, Taconis WK. Abnormal bone scans of the tibial tunnel 2 years after patella ligament anterior cruciate ligament reconstruction: correction with tunnel enlargement and tibial tunnel length. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2000; 8: 322-328

7)Struwer, J., Efe, T., Frangen, T. M., Schwarting, T., Buecking, B., Ruchholtz, S., Ziring, E. Prevalence and influence of tibial tunnel widening after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using patella-bone-tendon-bone-graft: long-term follow-up. Orthopedic reviews. 2012; 4: 21.

8)Weber, A. E., Delos, D., Oltean, H. N., Vadasdi, K., Cavanaugh, J., Potter, H. G., Rodeo, S. A. Tibial and femoral tunnel changes after ACL reconstruction: a prospective 2-year longitudinal MRI study. The American journal of sports medicine. 2015; 43: 1147-1156.

9)Webster, K. E., Feller, J. A., Elliott, J., Hutchison, A., Payne, R. A comparison of bone tunnel measurements made using computed tomography and digital plain radiography after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2004; 20: 946-950.

10)Shrout, P. E., Fleiss, J. L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. Psychological bulletin. 1979; 86: 420.

11)Crespo, B., Aga, C., Wilson, K. J., Pomeroy, S. M., LaPrade, R. F., Engbretsen, L., Wijdicks, C. A. Measurements of bone tunnel size in anterior cruciate ligament reconstruction: 2D versus 3D computed tomography model. Journal of experimental orthopaedics. 2014; 1: 2.

12)Kawaguchi, Y., Kondo, E., Kitamura, N., Kai, S., Inoue, M., Yasuda, K. Comparisons of femoral tunnel enlargement in 169 patients between single-bundle and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon

- grafts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011; 19: 1249-1257.
- 13) Iorio, R., Di Sanzo, V., Vadalà, A., Conteduca, J., Mazza, D., Redler, A., et al. ACL reconstruction with hamstrings: how different technique and fixation devices influence bone tunnel enlargement. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2013; 17: 2956-2961.
- 14) Hwang MD, Jason WP, Metz S, Metz J. Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: Morphometry, arthroscopic landmarks and orientation model for bone tunnel placement. *Arthroscopy*. 2008; 24: 154-161
- 15) Zaffagnini S, Martelli S, Acquaroli F. Computer investigation of ACL orientation during passive range of motion. *Comput Biol Med*. 2004; 34: 153-163.
- 16) Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*. 2004; 32: 1002-1012.
- 17) Zantop T, Brucker PU, Vidal A, Zelle BA, Fu FH. Intraarticular rupture pattern of the ACL. *Clin Orthop Relat Res*. 2007; 454: 48-53.
- 18) Gabriel, M. T., Wong, E. K., Woo, S. L. Y., Yagi, M., Debski, R. E. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *Journal of Orthopaedic Research*. 2004; 22: 85-89.
- 19) L'Insalata, J. C., Klatt, B., Fu, F. H., Harner, C. D. Tunnel expansion following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of hamstring and patellar tendon autografts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 1997; 5: 234-238.
- 20) Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, Barlett RJ. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction; a prospective evaluation of hamstring and patellar tendon grafts. *Knee Surgery Sports Traumatol Arthroscopy*. 1999; 7: 138-145.
- 21) Robbrecht, C., Claes, S., Cromheede, M., Mahieu, P., Kavalakis, K., Victor, J., Verdonk, P. Reliability of a semi-automated 3D-CT measuring method for tunnel diameters after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between soft-tissue single-bundle allograft vs. autograft. *The Knee*. 2014; 21: 926-931.
- 22) Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL. Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Medicine*. 2004; 32: 543-549.
- 23) Marchant MH Jr, Willimon SC, Vinson E, Pietrobon R, Grrett We, Higgins LD. Comparison of plain radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the evaluation of bone tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010; 18: 1059-1064.
- 24) Parkar AP, Adriaensen ME, Strand T, Inderhaug E, Harlem T, Solheim E. How to read post-operative radiographs and CT scans after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Skeletal Radiol*. 2013; 42: 1489-1500.