



Examination of Knee Isokinetic Strength and Single-Leg Balance of Operated and Non-Operated Side of Patients with Unilateral Matrix-Induced Autologous Chondrocyte Implantation (MACI) Surgery : Pilot Study

Çağlar Soylu¹, Bihter Akinoğlu¹, Necmiye Ün Yıldırım¹, Murat Bozkurt², Tuğba Kocahan³

¹Yıldırım Beyazıt University Faculty of Health Sciences, Dept. of Physiotherapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey

²Yıldırım Beyazıt University Faculty of Health Sciences, Dept. of Orthopedics and Traumatology, Ankara, Turkey

³Ministry of Youth and Sports, General Directorate of Sports, Directorate of Health Affairs, Ankara, Turkey

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to compare the operated- and non-operated side quadriceps and hamstring isokinetic muscle strength and single-leg standing balance of patients who underwent Matrix-Induced Autologous Chondrocyte Implantation (MACI) surgery followed by a home exercise program for two years.

Materials and Methods: The study was performed with seven patients aged between 26-48 years (mean 37.2 ± 7.9 yrs), who had undergone unilateral MACI surgery two years ago and were followed up with a home program. Isokinetic knee flexion/extension muscle strength was evaluated bilaterally with an ISOMED 2000® (D & R Ferstl GmbH, Hemau, Germany) device at angular velocities of 60°/s and 180°/s. Single-leg balance measurements were performed with a Human Body Equilibrium 360 device (HUBER 360®).

Results: There was no statistically significant differences between operated and healthy side knee flexion and extension isokinetic muscle strength (60°/s-180°/s), hamstring/quadriceps ratio, and single-leg balance scores ($p>0.05$). Literature consensus advises that the hamstring/ quadriceps ratio should be 50-60% at 60°/s and 60-70% at 180°/s. In the present study, it was determined that this ratio was 63% and 72% respectively at 60°/s and 180°/s, and that there was a muscle force imbalance concerning the quadriceps, which was within normal limits (57%-62%) on the non-operated side. It was determined that knee extensor strength was greater in the non-operated side at both angular velocities, and this difference was more than 10%, the rate which is considered normal according to literature.

Geliş Tarihi / Date Received: 22.06.2017. Kabul Tarihi / Date Accepted: 07.08.2017. Yayın Tarihi / Published Online: 07.09.2017.

Yazışma Adresi / Corresponding Author: Bihter Akinoğlu, Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey. E-mail: rgkardelen@yahoo.com

©2017 Türkiye Spor Hekimleri Derneği. Tüm hakları saklıdır.

Conclusion: It was determined that the operated side's hamstring/quadriceps ratio after MACI surgery was weaker than the normal value, against the quadriceps, and for quadriceps muscle strength of both sides, there was a difference higher than 10%, which is considered to be the normal limit. This reveals that home programs may be insufficient for people who have undergone MACI surgery, and also that muscular strength of people should be followed up in the long term. Therefore, we think that special rehabilitation protocols as the ones that exist in other knee cartilage operations should be applied following MACI surgery.

Keywords: Cartilage, autologous chondrocyte implantation, muscle strength, rehabilitation

Available at: <http://journalofsportsmedicine.org> and <http://dx.doi.org/10.5152/tjism.2017.075>

Cite this article as: Soylu C, Akinoglu B, Yildirim NU, et al. Examination of knee isokinetic strength and single-leg balance of operated- and non-operated side of patients with unilateral matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI) surgery: Pilot study. *Turk J Sports Med.* 2017;52:92-101

Tek Taraflı Matriks ile İndüklenmiş Otolog Kondrosit İmplantasyonu Yapılan Hastaların Opere ve Non-Opere Diz Fleksiyon ve Ekstansiyon İzokinetik Kuvveti ile Tek Ayak Denge Değerlerinin İncelenmesi: Pilot Çalışma

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı ev programı ile takip edilen Matriks ile İndüklenmiş Otolog Kondrosit İmplantasyonu (MACI) cerrahisi geçirmiş hastaların opere ve non-opere taraf kuadriseps ve hamstring izokinetik kas kuvveti ve tek ayak üzerindeki dengelerinin iki yıl sonraki durumlarını karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışma iki yıl önce ünilateral MACI cerrahisi geçirmiş, 26-48 yaş aralığında (ortalama 37.2 ± 7.9 yıl), rehabilitasyon sürecinde ev programı ile takip edilen yedi hasta ile gerçekleştirildi. İzokinetik diz fleksiyon/ekstansiyon kas kuvveti ISOMED 2000® (D & R Ferstl GmbH, Hemau, Germany) cihazı ile $60^\circ/s$ ve $180^\circ/s$ açısal hızlarda bilateral olarak değerlendirildi. Tek ayak üzerindeki denge ölçümleri Human Body Equilibrium 360 (HUBER 360®) cihazı ile yapıldı.

Bulgular: Hastaların sağlam ve opere taraf $60^\circ/s$ ve $180^\circ/s$ açısal hızlardaki diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kas kuvveti, hamstring/kuadriseps oranı ve tek ayak denge değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p > 0.05$). Literatür, hamstring/kuadriseps oranının $60^\circ/s$ hızda %50-60, $180^\circ/s$ hızda %60-70 arasında olması gerektiği konusunda hemfikirdir. Çalışmada opere olan taraf hamstring/kuadriseps oranının $60^\circ/s$ ve $180^\circ/s$ hızda sırasıyla %63 ve %72 olduğu ve kuadriseps aleyhinde bir kas kuvveti dengesizliği olduğu, bu oranın non-opere tarafta normal kabul edilen sınırlar içerisinde olduğu belirlendi (%57-%62). Diz ekstansiyon kuvvetinin her iki açısal hızda sağlam tarafta daha fazla olduğu ve bu farkın literatürde normal kabul edilen %10 oranından daha fazla olduğu belirlendi.

Sonuçlar: MACI cerrahisi sonrası hastaların opere taraf hamstring/kuadriseps oranının var olması beklenen normal değere göre kuadriseps aleyhinde zayıf olduğu ve iki taraf kuadriseps kas kuvveti arasında normal kabul edilen %10'luk farktan daha fazla fark olduğu belirlendi. Bu durum MACI cerrahisi geçiren kişilerde sadece ev programının yeterli olmadığını ve kişilerin kas kuvvetinin uzun dönemde takip edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, tıpkı diğer diz operasyonlarında uygulanan rehabilitasyon protokolleri gibi MACI cerrahisi sonrasında da kıkırdak cerrahisine özel rehabilitasyon protokolleri uygulanmalıdır.

Anahtar Sözcükler: Kıkırdak, otolog kondrosit implantasyonu, kas kuvveti, rehabilitasyon

GİRİŞ

Matriks ile indüklenmiş otolog kondrosit implantasyonu (MACI), dizdeki tam kat eklem kıkırdağı hasarlarının tamirinde kullanılan ve uzun dönemde de iyi sonuçlar gösterdiği için giderek popüler hale gelen bir tedavi şeklidir (1-3). Bu teknik iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, diz eklemine yük aktarılmayan alanından artroskopik cerrahi ile artiküler kıkırdağın hasat edilmesidir. İkinci aşama ise kondral hasatı takiben kondrositlerin izole edilmesi ve kültür ortamında çoğaltılıp hücrelerin kondral defekt içine reimplantasyonundan oluşur (3,4). Uygun postoperatif mekanik uyaran ile kondrositler zamanla dayanıklı yük taşıma dokusu haline gelebilmektedir (5). Başarılı bir MACI cerrahisi sonucunda hasta ağrısız ve normal aktif yaşamına dönebilir. Ancak; literatür incelendiğinde MACI sonrasında hiyalin benzeri eklem kıkırdağı rejenerasyonunda, hastanın semptomlarında gelişmeler olduğu belirtilmesine rağmen; kas kuvvetindeki geri dönüş, ekstremitte kuvvet simetrisi veya asimetrisi ile aktif yaşama dönen hastalarda tekrar yaralanma oranları hakkında çok az bilgi bulunmaktadır (6).

MACI cerrahisi sonrasında diz eklemine gelişen ağrı ve efüzyon, sekonder olarak kuadriseps kasında refleks inhibisyona ve kuvvet eksikliğine sebep olmaktadır (7).

Kuadriseps kasında meydana gelen atrofi, kuvvet eksikliği ve hastanın dengesindeki bozulma yetersiz rehabilitasyondan kaynaklanabileceği gibi, hastanın yaralanma ve/veya cerrahiyi takiben diz eklemine ağrı, efüzyon ve instabiliteden dolayı ekstremitelerini sakınmasından da kaynaklanabilir (8,9). Aynı zamanda bu durum proprioseptörler bakımından zengin olan diz eklemine proprioseptif mekanizmanın etkilenmesine bağlı olarak kişinin statik ve dinamik dengesinde bozulmaya yol açmaktadır (10). Ne sebeple olursa olsun, cerrahiyi takiben meydana gelen uyluk kas atrofisi ve buna bağlı olarak gelişen kuvvet eksikliği ile statik ve dinamik dengenin bozulması rehabilitasyonda önemli alanlar olarak görülmektedir. Literatürde diz operasyonlarının uzun dönem takibinde opere olan taraf kas kuvveti ve tek ayak üzerindeki dengeleri araştıran çalışmalar mevcuttur (11-14). MACI cerrahisi sonrası opere olan taraf ile sağlam taraf dizin kas kuvvetini değerlendiren çalışmalar bulunmasına rağmen (5,15); tek ayak dengelerini karşılaştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılmadı.

Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada ev programı ile takip edilen MACI cerrahisi geçirmiş hastaların opere ve non-opere taraf kuadriseps ve hamstring izokinetik kas kuvvetlerinin ve tek ayak üzerindeki

dengelerinin iki yıl sonraki durumlarını karşılaştırmak amaçlandı.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Katılımcılar

Bu çalışma, iki yıl önce MACI cerrahisi geçirmiş ve rutin diz egzersizleri verilerek ev programı ile takip edilen hastaların opere ve non-opere taraf kuadriseps ve hamstring izokinetik kas kuvvetini ve tek ayak üzerindeki dengelerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirildi. Çalışmaya; geçirdiği operasyon dışında herhangi bir ortopedik problemi bulunmayan, iki yıl önce unilateral MACI cerrahisi geçirmiş, değerlendirme için gerekli kooperasyona ve

kognitif duruma sahip ve çalışmaya katılmayı gönüllü olan 26-48 yaş aralığında (ortalama 37.2 ± 7.9 yıl) yedi hasta dahil edildi. Hastaların tanımlayıcı özellikleri, yaş, boy, vücut ağırlığı ve dominant taraf bilgileri kaydedildi (Tablo 1).

Çalışmaya başlamadan önce, katılmayı kabul eden tüm hastalar çalışmanın amacı, çalışmanın içerdiği değerlendirmeler ve yararları hakkında bilgilendirildi ve gönüllülük esas alınarak onam alındı. Çalışmanın yapılabilmesi için etik kurul (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu) onamı (537;10.05.2017/29) alındı.

Tablo 1. Çalışmaya katılan hastaların fiziksel özellikleri (n=7)

Yaş (yıl)	37.2 ± 7.9
Vücut ağırlığı (kg)	84.6 ± 5.3
Boy (m)	1.73 ± 0.12
VKİ (kg/m²)	28.3 ± 4.1

VKİ: Vücut kitle indeksi; değerler ortalama (Ort) ± standart sapma (SS) olarak

İzokinetik kas kuvveti değerlendirmesi

İzokinetik kas kuvveti ISOMED 2000® (D & R Ferstl GmbH, Hemau, Germany) cihazı ile değerlendirildi. Teste başlamadan önce hastalara 10 dakika süreyle genel ve özel ısınma egzersizleri yaptırıldı. Isınma sonrası hastalar ölçüm yapılacak olan izokinetik cihazına tek tek alınarak bireysel antropometrik yapılarına göre cihazın ayarlamaları yapıldı. Test sırasında vücut ağırlığı değerleri bilgisayara girilerek programın kurulumu gerçekleştirildi. Test edilecek eklemin hareket genişliklerinin test edilecek açılara uygunluğu hastalara

çok düşük hızda örnek bir hareket yaptırılarak belirlendi. Aynı zamanda yer çekiminin etkisi sıfırlandı. Değerlendirmede bireylerin eklem hareket açıklıkları ve cihazın ölçüm özellikleri dikkate alınarak eklem açıları ayarlandı. Diz fleksiyon/ekstansiyon hareketi için 90° fleksiyon ve 10° ekstansiyon açıları arasında oturma pozisyonunda değerlendirme yapıldı.

Değerlendirme protokolünde; 90°/s açısal hızda beş tekrarlı fleksiyon/ekstansiyon hareketi submaksimal olarak yaptırılarak bireylerin ısınması ve hareketi anlaması sağlandı. Isınma hareketinden sonra 30

saniyelik bir dinlenmenin ardından 60°/s açısal hızda beş tekrarlı maksimal fleksiyon/ekstansiyon hareketi yaptırıldı ve yine 30 saniye dinlenmenin ardından 180°/s açısal hızda 15 tekrarlı maksimal fleksiyon/ekstansiyon hareketi gerçekleştirilerek test tamamlandı. Değerlendirmeler bilateral olarak gerçekleştirildi. Hastaların diz fleksiyon ve ekstansiyon zirve tork değerleri, sağlam ve opere taraf izokinetik kas kuvvet farkı ve hamstring/kuadriseps (H/Q) oranları kaydedildi.

Denge değerlendirilmesi

Hastaların tek ayak üzerindeki denge ölçümleri Human Body Equilibrium 360 (HUBER 360®) cihazı ile yapıldı. Bu cihaz dinamik ve statik denge ölçümü ve eğitiminde kullanılan, harekete duyarlı özel sensörler içeren ve bireye görsel geribildirim veren bir ekran barındıran elektronik bir cihazdır. Değerlendirmeler stabilite, tek ayak denge, stabilizasyon limitleri, yürüyüş, mobilite sınırlamaları, kuvvet ve koordinasyon olmak üzere yedi temel parametreden oluşur. Tek ayak üzerinde dengede belirlenen bir noktaya önce sol sonra sağ ayak yerleştirildi. Boşta kalan ayak diz fleksiyonda askıda bekler pozisyona alındı. Kişiden 30 saniye boyunca dengesini destek almaksızın koruyabildiği

kadar koruması istendi. Belirlenen noktadan sapmalar değerlendirildi.

İstatistiksel analiz

Katılımcılara ait tüm veriler, "SPSS (Statistical Package for Social Sciences Inc. Chicago, IL, USA) for Windows Release 22.0" istatistiksel paket programı aracılığı ile analiz edildi. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri belirlendi. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı örneklem sayısına uygun olarak tanımlanmış Shapiro-Wilks testi ile incelendi. Veriler normal dağılım göstermediği için sağlam ve opere taraf diz kas kuvveti ve denge değerlerinin karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanıldı. Değişkenlerin ortalamaları, aritmetik ortalama \pm standart sapma (Ort \pm SS) şeklinde gösterildi. Verilerin analizinde istatistiksel anlamlılık değeri $p < 0.05$ olarak alındı (16).

BULGULAR

Hastaların hepsinin operasyon sonrası iki sene boyunca ev programı egzersizlerini düzenli olarak yaptıkları kaydedildi. Sağlam ve opere taraf arasında 60°/s ve 180°/s açısal hızlardaki diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kas kuvveti, H/Q oranı, tek ayak denge uzunluğu ve alanı bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p > 0.05$), (Tablo 2-3).

Tablo 2. MACI hastalarının opere ve sağlam taraf diz fleksör ve ekstansör kaslarının izokinetik kas kuvvetlerinin karşılaştırılması

		Opere taraf	Sağlam taraf	p*
Fleksiyon PT (Nm)	60°/s	69.9 \pm 12.8	73.6 \pm 10.3	0.499
	180°/s	62.9 \pm 10.8	69.8 \pm 18.9	1.000
Ekstansiyon PT (Nm)	60°/s	100.0 \pm 23.4	156.7 \pm 30.3	0.237
	180°/s	89.7 \pm 18.7	130.3 \pm 24.7	0.237

*: Wilcoxon testi; PT: zirve tork; Nm: Newton-metre; değerler ortalama (Ort) \pm standart sapma (SS) olarak

Tablo 3. MACI hastalarının opere ve sağlam taraf denge değerlerinin karşılaştırması

	Opere taraf	Sağlam taraf	p*
Tek ayak denge uzunluk (mm)	1443.2 ± 248.0	1411.8 ± 356.2	0.499
Tek ayak denge alan (mm²)	1543.1 ± 324.0	960.7 ± 123.5	0.499

*: Wilcoxon testi; değerler ortalama (Ort) ± standart sapma (SS) olarak

Hastaların tek ayak üzerindeki denge değerleri incelendiğinde, sağlam taraf bacağın opere taraf bacağa göre dengesi arasında anlamlı fark belirlenmedi ($p>0.05$), (Tablo 3). H/Q oranı opere taraf dizde her iki açısal hızda normal kabul edilen sınırlardan sapsmış olup, kuadriseps aleyhinde bir kas kuvvet dengesizliği bulundu.

Diz fleksiyon hareketi için 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda sağlam ve opere taraf arasında bir asimetri bulunmazken, diz ekstansiyon hareketi için her iki açısal hızda sağlam ve opere bacak arasında kas kuvveti bakımından asimetri bulundu ($p<0.05$) (Tablo 4).

Tablo 4. MACI hastalarının diz hamstring/kuadriseps zirve tork oranı (H/Q) ve diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvveti, opere/sağlam taraf farkı yüzdesi

	H/Q oranı		p*	Opere/sağlam taraf kuvvet farkı	
	Opere taraf	Sağlam taraf		Fleksiyon	Ekstansiyon
60°/s	63.1 ± 12.6	57.1 ± 4.8	0.176	103.8 ± 15.5	86.7 ± 12.1
180°/s	72.4 ± 14.4	63.0 ± 8.4	0.237	101.6 ± 8.8	85.0 ± 6.8

*: Wilcoxon testi; H/Q: hamstring/kuadriseps kas kuvvet oranı; değerler ortalama (Ort) ± standart sapma (SS) olarak

TARTIŞMA

MACI, dizdeki tam kat eklem kırırdağı hasarlarının tamirinde giderek popüler hale gelen bir teknik olmasına rağmen, literatürde MACI cerrahisinin uzun dönem kas kuvvetindeki geri dönüş, ekstremitte kuvvet simetrisi veya asimetrisi ile denge sonuçları hakkında çok az bilgi bulunmaktadır (6). Bu nedenle çalışmada MACI cerrahisi sonrası ev programı ile takip edilen hastaların opere ve non-opere taraf kuadriseps ve hamstring izokinetik kas kuvveti ve dengelerinin iki yıl sonraki durumlarının karşılaştırılması amaçlandı.

Literatürde alt ekstremitte kuvvet defisitleri ACI rekonstrüksiyonu (11), Otolog Kondrosit İmplantasyonu (ACI) (17), yüksek tibial osteotomi (18) ve artroskopik parsiyel meniskektomi (8,19,20) sonrasında uzun dönem değerlendirme sonuçlarında belirtilmiştir. Bu çalışmalardan biri Loken ve ark.ın ACI cerrahisi geçirmiş 21 hastanın cerrahi sonrası 1, 2 ve 7.4.üncü yıllardaki kas kuvveti ve klinik sonuçlarını değerlendirdiği çalışmadır. Bu çalışmada sağlam ve opere taraf izokinetik diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvveti (60°/s açısal hızda beş tekrar) ve endüransı (240°/s

açısız hızda 30 tekrar) değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda postoperatif birinci ve ikinci yıllarda iki taraf arasında istatistiksel olarak anlamlı diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvvet farkı oluşurken, diz ekstansiyon kas kuvvet farkının postoperatif 7.4 yılda bile hala devam ettiği bulunmuştur (17). Ebert ve ark.ın 60 hastada MACI sonrası beş yıllık izokinetik kas kuvvet sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmada ise, sağlam ve opere taraf arasında hamstring kas kuvveti bakımından anlamlı farklılık bulunmazken, opere taraf diz kuadriseps kas kuvvetinin sağlam tarafa göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur (5).

Ebert ve ark.ın başka bir çalışmalarında ise MACI geçirmiş 58 hastanın postoperatif 1, 2 ve 5. yıllardaki izokinetik diz kas kuvveti değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda diz ekstansiyon zirve torkunun sağlam ve opere taraf dizde anlamlı bir artış gösterdiği, ancak opere taraf diz ekstansiyon zirve torkunun postoperatif 1, 2 ve 5. yıllardaki sonuçlarının sağlam tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur (15).

Bu çalışmaların sonuçlarını destekler nitelikte, Müller ve ark.ın ACI geçirmiş 44 hastanın postoperatif dördüncü yılındaki klinik ve izokinetik diz fleksiyon/ ekstansiyon kas kuvvetini değerlendirdiği çalışmada, opere taraf izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinin sağlam tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu belirlenmiştir (21).

Tüm bu çalışmaların sonuçlarını destekler nitelikte, buradaki çalışmada da diz fleksiyon ve ekstansiyon zirve tork değerlerinin her iki açısız hızda sağlam tarafa göre daha düşük olduğu, ancak bunun istatistiksel analize yansımadağı belirlendi. Bu

durumun vaka sayısından kaynaklanabileceği ve bu nedenle daha fazla vakanın değerlendirildiği çalışmaların yapılması gerektiği öngörülebilir.

Çalışmada ayrıca hastaların sağlam/opere taraf kas kuvvet farkı (LSİ) ve H/Q oranı da değerlendirildi. LSİ dominant ve non-dominant bacak arasındaki kuvvet farkı, kas kuvveti ve/veya fonksiyonundaki geri dönüşün göstergesidir. Kas kuvveti ve fonksiyonel performansı değerlendirilirken farklı LSİ değerleri belirtilmiş olmasına rağmen, LSİ'nin <%90 olması, bireyin çeşitli güç ve fonksiyonel testler için yetersiz olduğunu ve normal spor faaliyetlerine ve/veya günlük yaşam aktivitelerine geri dönmek için yeterince güvenli olmadığını göstermektedir (22,23). Çalışmada diz fleksiyon hareketi için LSİ değerleri 60°/s ve 180°/s açısız hızlarda sırasıyla %103.8 ve %101.6 olarak bulunurken, diz ekstansiyon hareketi için ise aynı açısız hızlarda sırasıyla %86.7 ve %85.0 olarak bulundu. Bu durum diz ekstansiyon hareketi için her iki açısız hızda sağlam ve opere bacak arasında kas kuvveti bakımından asimetri olduğunu göstermektedir.

MACI cerrahisi sonrası LSİ bakılan çalışma sayısı literatürde çok sınırlıdır. Ebert ve ark.ın MACI cerrahisi geçirmiş 58 hastanın postoperatif 1, 2 ve 5. yıllardaki izokinetik diz fleksiyon ve ekstansiyon LSİ'lerini değerlendirdiği çalışmada diz fleksiyon hareketi için LSİ değerleri yıllara göre %90-98 arasında değişirken, diz ekstansiyon hareketi için ise %77-86 arasında değişmektedir (15). Ebert ve ark.ın 60 hastada MACI sonrası beş yıllık izokinetik kas kuvvet sonuçlarını değerlendirdikleri bir başka çalışmada, diz fleksiyon hareketi için LSİ değeri %96.1 bulunurken, diz ekstansiyon hareketi için %85.6 olarak bulunmuştur (5).

Ebert ve ark.ın patellofemoral MACI cerrahi geçirmiş 47 hastanın klinik ve radyolojik bir ve iki yıllık uzun dönem sonuçlarını değerlendirdiği çalışmada ise, diz fleksiyon hareketi için LSI değerlerinin yıllara göre %95-101 arasında değişirken, diz ekstansiyon hareketi için %83-86 arasında değiştiği belirtilmiştir (24). Tüm bu çalışmaların sonuçları buradaki çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte olup, MACI cerrahisi sonrası uzun dönemde kuadriseps kas kuvvet defisitinin devam ettiği gözlenmektedir.

Çalışmada hastaların sağlam ve opere tarafları arasında $60^\circ/s$ ve $180^\circ/s$ açısal hızlardaki H/Q oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı. Bu oran agonist/antagonist kas kuvvetleri arasında bir dengenin varlığı ve dengenin bozulmasının bireyi yaralanmaya yatkın hale getirmesi nedeniyle önemlidir (25). Literatürde bildirilen çalışmalarda diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketi için bu oran $60^\circ/s$ açısal hızda %50-60; $180^\circ/s$ açısal hızda %60-70 olarak belirlenmiştir (26-28). Bu çalışmada bu oranın opere taraf dizde her iki açısal hızda normal sınırların dışında olduğu ve kuadriseps aleyhinde bir kas kuvveti dengesizliği bulunduğu belirlendi. MACI cerrahisi geçirmiş hastaların H/Q oranlarını değerlendiren çalışmaların birinde bu çalışma sonuçlarına paralel şekilde opere taraf dizde oranın %71-87 (29) arasında değiştiği, diğer bir çalışmada ise %89-101 arasında değiştiği bildirilmiştir (15).

Çalışmada hastaların tek ayak üzerindeki denge değerleri incelendiğinde, sağlam taraf ile opere taraf arasında fark olmadığı belirlendi. Azalmış duyu, alt ekstremite kas güçsüzlüğü ve reseptörlerde hasar dengeyi etkileyebilir. Denge, alt ekstremite nöromusküler fonksiyonlarının bir parçasıdır.

Dengenin sağlanması sadece periferden gelen bilgilerin yorumlanması sayesinde sağlanamaz, buna ilave olarak zamanında ve yeterli güçle oluşan kas aktivitesi de gerekmektedir. Literatürde diz cerrahisi sonrası tek bacak ayakta durma dengesini değerlendiren çalışmalar bulunmasına rağmen (30,31); MACI cerrahisi sonrası tek bacak ayakta durma dengesini değerlendiren çalışmalara rastlanmadı. Ancak, diz cerrahisi sonrasında tek bacak üzerinde dengede durmayı değerlendiren çalışmalarda da bu çalışmanın sonuçlarıyla paralel bir şekilde, opere olan ve olmayan tarafta denge değerleri bakımından anlamlı farklılık bulunmamıştır (30,31).

Çalışmamızın kısıtlılıkları; hasta sayısının az olması, sağlıklı bir kontrol grubunun bulunmaması, postoperatif rehabilitasyon uygulanarak tedavi öncesi ve sonrası sonuçların karşılaştırmalı verilememesi olarak sayılabilir. Aynı zamanda çalışmaya dahil edilen denek sayısının azlığı nedeniyle, bireylerin tek ayak üzerindeki dengeleri ile kas kuvvetleri arasındaki ilişkiye bakılamadı. Bu anlamda daha doğru klinik çıkarımlar yapabilmek için, kas kuvveti ile denge arasındaki ilişkiyi belirleyen çalışmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇ

MACI cerrahisi sonrası hastaların opere taraf H/Q oranının -var olması beklenen normal değere göre- kuadriseps aleyhinde zayıf olduğu ve iki taraf kuadriseps kas kuvveti arasında normal kabul edilen %10'luk farktan daha fazla fark olduğu belirlendi. Bu durum MACI cerrahisi geçiren kişilerde sadece ev programının yeterli olmadığını ve kişilerin kas kuvvetinin uzun dönemde takip edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, diğer diz ortopedik cerrahileri sonrasında izlenen re-

habilitasyon protokollerindeki gibi, MACI cerrahisi sonrasında da kırıkta cerrahisine özel rehabilitasyon protokollerinin uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Basad E, Ishaque B, Bachmann G, et al. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation versus microfracture in the treatment of cartilage defects of the knee: a 2-year randomised study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18:519-27.
2. Genovese E, Ronga M, Angeretti MG, et al. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation of the knee: mid-term and long-term follow-up by MR arthrography. *Skeletal Radiol.* 2011;40:47-56.
3. Ebert JR, Robertson WB, Woodhouse J, et al. Clinical and magnetic resonance imaging-based outcomes to 5 years after matrix-induced autologous chondrocyte implantation to address articular cartilage defects in the knee. *Am J Sports Med.* 2011;39:753-63.
4. Wondrasch B, Risberg MA, Zak L, et al. Effect of accelerated weightbearing after matrix-associated autologous chondrocyte implantation on the femoral condyle: a prospective, randomized controlled study presenting MRI-based and clinical outcomes after 5 years. *Am J Sports Med.* 2015;43:146-53.
5. Ebert JR, Lloyd DG, Wood DJ, et al. Isokinetic knee extensor strength deficit following matrix-induced autologous chondrocyte implantation. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27:588-94.
6. Ebert JR, Fallon M, Zheng MH, et al. A randomized trial comparing accelerated and traditional approaches to postoperative weightbearing rehabilitation after matrix-induced autologous chondrocyte implantation: findings at 5 years. *Am J Sports Med.* 2012;40:1527-37.
7. Mithoefer K, Hambly K, Logerstedt D, et al. Current concepts for rehabilitation and return to sport after knee articular cartilage repair in the athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:254-73.
8. Gapeyeva H, Pääsuke M, Ereline J, et al. Isokinetic torque deficit of the knee extensor muscles after arthroscopic partial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8:301-4.
9. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC. The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;402:9-20.
10. Gillogly SD, Myers TH, Reinold MM. Treatment of full-thickness chondral defects in the knee with autologous chondrocyte implantation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36:751-64.
11. Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, et al. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16:1009-16.
12. Bagley MC. Single-leg aerobic capacity, muscular strength, balance, and agility in healthy and surgically repaired anterior cruciate ligament legs in college age students. *Kent State University College of Education, Health, and Human Services: PhD Dissertation.* Ohio: 2015.
13. Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, et al. Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43:154-62.
14. Rohman E, Steubs JT, Tompkins M. Changes in involved and uninvolved limb function during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: implications for Limb Symmetry Index measures. *Am J Sports Med.* 2015;43:1391-8.
15. Ebert JR, Smith A, Edwards PK, et al. The progression of isokinetic knee strength after matrix-induced autologous chondrocyte implantation: implications for rehabilitation and return to activity. *J Sport Rehabil.* 2014;23:244-58.
16. Sümbüloğlu K, Sümbüloğlu V. *Biyoistatistik.* 4. baskı. Ankara: Özdemir Yayıncılık; 1994.
17. Løken S, Ludvigsen TC, Høysveen T, et al. Autologous chondrocyte implantation to repair knee cartilage injury: ultrastructural evaluation at 2 years and long-term follow-up including muscle strength measurements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:1278-88.
18. Kawazoe T, Takahashi T. Recovery of muscle strength after high tibial osteotomy. *J Orthop Sci.* 2003;8:160-5.
19. Ericsson YB, Roos EM, Dahlberg L. Muscle strength, functional performance, and self-reported outcomes four years after arthroscopic partial meniscectomy in middle-aged patients. *Arthritis Rheum.* 2006;55:946-52.
20. Sturmeiks DL, Besier TF, Hamer PW, et al. Knee strength and knee adduction moments following arthroscopic partial meniscectomy. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:991-7.
21. Müller S, Hirschmüller A, Erggelet C, et al. Significantly worse isokinetic hamstring-quadriceps ratio in patellofemoral compared to condylar defects 4 years after autologous chondrocyte implantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:2151-8.
22. Van Assche D, Staes F, Van Caspel D, et al. Autologous chondrocyte implantation versus micro-fracture for knee cartilage injury: a prospective randomized trial,

- with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18:486-95.
23. Thomeé R, Neeter C, Gustavsson A, et al. Variability in leg muscle power and hop performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20:1143-51.
 24. Ebert JR, Fallon M, Smith A, et al. Prospective clinical and radiologic evaluation of patellofemoral matrix-induced autologous chondrocyte implantation. *Am J Sports Med.* 2015;43:1362-72.
 25. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994;15(Suppl 1):11-8.
 26. Şahin Ö. Isokinetic assessments in rehabilitation (Review). *Cumhuriyet Med J.* 2010;32:386-96.
 27. Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise (Review). *Sports Med* 1995;19: 202-22.
 28. Osternig LR, Hamill J, Sawhill JA, et al. Influence of torque and limb speed on power production in isokinetic exercise. *Am J Phys Med.* 1983;62:163-7.
 29. Ebert JR, Fallon M, Wood DJ, et al. A prospective clinical and radiological evaluation at 5 years after arthroscopic matrix-induced autologous chondrocyte implantation. *Am J Phys Med.* 2017;45:59-69.
 30. Karasel S, Akpınar B, Gülbahar S, et al. Patellar tendon otogrefti ile ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu ve modifiye hızlandırılmış rehabilitasyon programı sonrasında klinik ve fonksiyonel sonuçlar ve propriyosepsiyon. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2010;44:220-8.
 31. Culvenor AG, Alexander BC, Clark RA, et al. Dynamic single-leg postural control is impaired bilaterally following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for reinjury risk. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46:357-64.