

ORIGINAL ARTICLE

Sağlıklı genç yetişkinlerde telerehabilitasyon temelli sliding hamstring curl egzersizinin hamstring esnekliği ve kognitif fonksiyonlar üzerine etkisi: pilot çalışma

Çağlar SOYLU¹, Necmiye ÜN YILDIRIM¹

Amaç: Bu çalışma, sağlıklı genç yetişkinlerde telerehabilitasyon temelli sliding hamstring curl (SHC) egzersizinin diz kas kuvveti, hamstring esnekliği ve kognitif fonksiyon üzerine etkisini incelemek amacıyla planlandı.

Yöntem: Çalışmaya yaşları ortalama 21,05±2,15 yıl olan toplamda 20 genç erkek yetişkin birey dahil edildi. Çalışmaya katılan bireyler randomize olarak kontrol (N=10) ve SHC egzersiz grubu (N=10) olmak üzere iki gruba ayrıldı. SHC egzersiz grubundaki bireylere, haftada 3 gün 6 hafta telerehabilitasyon yoluyla SHC egzersizi uygulandı. Bireylerin diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvveti değerlendirmeleri izokinetik dinamometre ile, hamstring esneklikleri maksimum kalça fleksiyonuyla birlikte aktif diz ekstansiyon testi ile, kognitif fonksiyonları CNSVS nörokognitif test bataryası ile tedavi öncesi ve sonrası değerlendirildi.

Bulgular: SHC egzersiz grubunda grup içi analizlerde diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvvetinde, hamstring esnekliklerinde, tüm kognitif parametrelerde artış olduğu bulundu ($p<0,05$). Kontrol grubunda ise tüm ölçüm parametrelerinde başlangıç değerlerine göre azalma olduğu tespit edildi ($p<0,05$). SHC egzersiz grubundaki bireylerin tüm ölçüm değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulundu ($p<0,05$).

Sonuç: Çalışmanın sonucunda, SHC egzersizinin konsantrik ve eksantrik diz kas kuvvetini, hamstring esnekliğini ve kognitif fonksiyonları geliştirmede ve kuvvet asimetrisini düzeltmede etkin bir egzersiz olduğu bulundu. Ayrıca konsantrik ve eksantrik hamstring kas kuvvetini artırmada daha etkin olduğu görüldü. SHC egzersizinin farklı egzersizlerle karşılaştırıldığı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Egzersiz, Esneklik, Hamstring, Kas kuvveti, Kognitif fonksiyon.

Effects of telerehabilitation-based sliding hamstring curl exercise on hamstring flexibility and cognitive functions in healthy young adults: a pilot study

Purpose: This study was planned to investigate the effect of sliding hamstring curl (SHC) exercise on knee muscle strength, hamstring flexibility and cognitive function.

Methods: A total of 20 young male adult individuals with a mean age of 21.05±2.15 years were included in the study. The number of individuals participating in the study was randomly divided into two groups equal to each group. Individuals in the SHC exercise group who were applied SHC exercise 3 days a week for 6 weeks. Knee flexion and extension muscle strength was assessed via isokinetic dynamometer; hamstring flexibility by using the maximum hip flexion and active knee extension test, and cognitive functions by the CNSVS neurocognitive test battery pre and post-treatment.

Results: In the SHC exercise group, a significant increase was found in knee flexion and extension muscle strength, hamstring flexibility, and all cognitive parameters in the within-group analyses ($p<0.05$). In the control group, it was found that there was a significant decrease in all measurement parameters ($p<0.05$). All measurement values of individuals in the SHC exercise group were found to be higher than the control group ($p<0.05$).

Conclusion: As a result of the study, it was found that SHC exercise is an effective exercise in improving concentric and eccentric knee muscle strength, hamstring flexibility and cognitive functions, and fixing strength asymmetries. Studies that are comparing SHC exercise with different exercises are needed.

Keywords: Exercise, Flexibility, Hamstring, Muscle strength, Cognitive function.

1: University of Health Sciences, Gülhane Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Etiklik, Ankara, Türkiye.

Corresponding Author: Çağlar Soylu: fztcağlar5187@gmail.com

ORCID IDs (order of authors): 0000-0002-1524-6295;0000-0002-5527-4290

Received: May 25, 2021. Accepted: June 23, 2021.



Hamstring kas yaralanmaları (HKY), birçok sporda ve sedanter bireylerde en sık görülen alt ekstremitte yaralanmalarından biridir.¹ Ayrıca, hamstring yaralanmalarının tekrarlama ihtimalinin %12-33 arasında olduğu gösterilmiştir.² Hamstring kas grubu içerisinde en sık yaralanan biceps femoris uzun başıdır ve tüm HKY'nin yaklaşık %84'ünü oluşturmaktadır.³ HKY riski çok faktörlü olup hem değiştirilebilir hem de değiştirilemez birçok faktörden etkilenir.⁴ HKY'ye neden olan faktörler arasında; ileri yaş,⁵ hamstring yaralanma öyküsü,⁶ eksantrik hamstring kas kuvvetindeki azalma,^{7,8} hamstring/quadriceps oranındaki dengesizlik (konvansiyonel ve fonksiyonel oran), zayıf lumbopelvik stabilite,⁹ kognitif fonksiyon⁴ ve bozulmuş hamstring kas mimarisi⁸ yer almaktadır. Literatürde birçok prospektif çalışmada, eksantrik ve konsantrik diz fleksör kas kuvvetinin hamstring yaralanma oranları üzerine etkileri incelenmiştir.^{7,8,10-13} Bu çalışmalarda hem düşük konsantrik quadriceps kuvveti hem de düşük eksantrik hamstring kas kuvvetinin artan HKY riski ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir.^{7,8,10-13} Bu nedenle hamstring ve quadriceps kaslarının konsantrik ve eksantrik kas kuvvetlerinin değerlendirilmesi HKY riskini azaltmada dikkate alınması gereken bir unsurdur.

Hamstring yaralanmalarında tanımlanan risk faktörlerinden birisi de kognitif fonksiyondur.¹⁴ En yüksek düzeyde spor performansı, dikkat, karar verme ve çalışma belleği gibi kognitif becerilerin stresli ve zorlu ortamlarda en iyi düzeyde çalışmasını gerektirir.¹⁵ Bu düşünce, başlangıçtaki kognitif fonksiyonun gelecekteki spor başarısını tahmin edebildiğini gösteren çalışmalar ile desteklenmiştir ve azalmış kognitif beceriye sahip sporcuların sportif başarıları daha düşük bulunmuştur.^{10,16-18} Aynı zamanda kognitif becerilerdeki zayıflık veya bozulma kas yaralanmalarında rol oynayan birçok faktörün ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.¹⁵ Bununla birlikte literatürde düzenli olarak yapılan aerobik ve kuvvetlendirme egzersizlerinin hem kognitif fonksiyonlarda hem bilgi ileti moleküllerinde hem de kortekste nörogenezisi artırdığını kanıtlayan çalışmalar mevcuttur.¹⁹⁻²¹ Ancak, hamstring yaralanmalarında ve/veya yaralanmaların önlenmesinde kullanılan egzersizlerin kognitif fonksiyon üzerine

etkinliğini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Planlanan bu çalışma hamstring yaralanmalarında göz ardı edilen kognitif fonksiyonun önemini ortaya koyarak literatürde bu konudaki eksikliği giderecektir. Hamstring yaralanmalarının koruyucu ve tedavi edici egzersiz uygulamaları içerisinde hamstring esnekliğini artırmaya yönelik birçok farklı eksantrik egzersiz yer almaktadır.²² Sliding hamstring curl (SHC) egzersizi bu eksantrik egzersizlerden birisidir. SHC egzersizi en çok yaralanan hamstring kası olan biceps femoris uzun başını seçici olarak çalıştıran bir egzersizdir.²³ SHC egzersizinin hamstring kas kuvveti üzerine etkisini inceleyen çalışmalar olmasına rağmen hamstring esnekliği ve kognitif fonksiyon üzerine etkinliğini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.^{24,25} Bu nedenle bu çalışmanın amacı SHC egzersizinin diz kas kuvveti, hamstring esnekliği ve kognitif fonksiyon üzerine etkisini incelemek idi.

YÖNTEM

Bireyler

Prospektif klinik araştırma çalışması olarak planlanan çalışmaya yaşları 18-25 yıl olan 20 erkek birey dahil edildi. Bireyler www.randomization.com sitesindeki randomizasyon jeneratörü kullanılarak randomize edildi ve eşit iki gruba ayrıldı. Çalışmaya dahil etme kriterleri; yaşları 18-25 arasında olmak, profesyonel olarak spor geçmişi olmamak, beden kütle indeksi (BKİ) 18,5-24,9 kg/m² arasında olmak, çalışmaya katılmaya gönüllü olmak, uygulanacak testleri ve egzersizleri yapabilme becerisine sahip olmak, sağlıklı rekreasyonel olarak aktif erkek birey olmaktır (IPAQ Kısa forma göre fiziksel aktivite düzeyi yeterli olan (>3000 MET-dakika/hafta olan bireyler dahil edildi). Son bir yıl içinde alt ekstremitesinde yaralanma öyküsü ve/veya hamstring strain öyküsü olan, görme ve işitme engelli olan, egzersizi kısıtlayacak herhangi bir muskuloskeletal, nörolojik, respiratuar veya kardiovasküler risk faktörüne sahip olan, Dünya Anti-Doping Ajansı'na göre doping sayılabilecek ilaç veya beslenme takviyesi kullanan ve malign hastalık öyküsüne sahip olan bireyler dahil edilmedi. Uygulama öncesi ve sonrası ölçülen değerler arasındaki

değişimlerin bağımsız iki grupta farklılığının incelenmesine yönelik olarak gerekli örneklem büyüklüğü; G*Power (G*Power, Ver. 3.0.10, Universität Kiel, Germany) programı ile tekrarlı ölçümlerde karma anova, etkileşim bölümü (ANOVA: Repeated measures, within-between interaction) kullanılarak hesaplandı.²⁶ Delextrat vd. SHC ve Nordic hamstring curl egzersizlerinin hamstring izokinetik kas kuvveti ve hamstring/quadiceps oranı üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında 6 haftalık SHC egzersiz programı öncesi ve sonrası değerlendirilen bireylerin hamstring izokinetik kas kuvveti testinden elde edilen verilere dayanarak çalışmanın 0,591 etki büyüklüğüne sahip olduğunu bulmuşlardır.²⁵ Bağımsız 2 grup, 2 tekrar, 0.05 tip I hata, %95 güç oranları ile kontrol grubu ile SHC egzersiz programı arasındaki farklılığı $f=0.591$ etki genişliğinde belirleyebilmek için en az gönüllü sayısı toplam 20 (her bir grupta 10) olarak belirlendi.

Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli etik kurul izni ve onayı Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu'ndan 14.01.2021 tarihindeki toplantı sonucunda 14 numaralı karar ile alındı. Ayrıca çalışmaya dahil edilen bireylere çalışmanın amacı, süresi ve ortaya çıkabilecek durumlar hakkında ayrıntılı olarak bilgi verildi ve gönüllü olarak çalışmaya katılan bireylerden yazılı ve sözlü onam alındı.

Tüm değerlendirmeler Şubat-Nisan 2021 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Uygulama Salonlarında ve Türkiye Voleybol Federasyonu Performans Laboratuvarında yüz yüze olarak gerçekleştirildi. Testlerden önce tüm bireylere çalışmanın içeriği detaylı olarak anlatıldı ve testler uygulamalı olarak gösterildi. Bireylerin hangi gruba dahil olduğu randomizasyon ile belirlendikten sonra yapacakları egzersiz uygulamalı olarak gösterildi ve egzersize ait videolar ve önceden hazırlanmış egzersiz broşürü tüm egzersiz grubundaki bireylere verildi. Kontrol grubundaki bireylere hiçbir egzersiz uygulaması yapılmayacağı için sadece ilk ve son değerlendirmeleri alındı. Egzersiz grubundaki bireyler SHC egzersizini telerehabilitasyon yoluyla yapacakları için online görüşme araçları, programları ve 6 haftalık online görüşme takvimleri ayarlandı. Herhangi bir teknolojik ve başkabir sıkıntı olmadan 6 hafta boyunca haftada 3 gün olmak üzere ayarlanan

takvim doğrultusunda egzersiz görüşmeleri yapıldı. Hiçbir katılımcı kaybı olmadan çalışma 20 kişi ile tamamlandı.

Değerlendirmeler

Çalışmaya dahil edilen bireylerin dominant ekstremiteleri kaydedilerek boy uzunluk (m) ve vücut ağırlığı (kg) ölçümleri yapıldı. BKİ değeri (kg/m^2), bireyin vücut ağırlığının boyuzunluğunun karesine bölünmesi ile hesaplandı.

Diz kas kuvveti

Bireylerin diz fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvveti değerlendirmeleri ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) izokinetik dinamometre ile yapıldı. Çalışmaya katılan bireyler teste başlamadan önce bisiklet ergometresinde 5 dakika hafif bir tempoyla ısındıktan sonra, sporculara 3-5 dakika diz kompleksine yönelik germe egzersizleri yaptırıldı. Isınma sonrası bireyler ölçüm yapılacak olan izokinetik cihazına tek tek alınarak kendi bireysel antropometrik yapılarına uygun olarak cihazın kalibrasyonları yapıldı. Test sırasında bireylerin boy, kilo, doğum tarihi ve dominant alt ekstremitte değerleri bilgisayara girilerek programın kurulumu gerçekleştirildi. Koltuk ayarı için bireyler oturur pozisyonda koltuk arkası 90° olacak şekilde ayarlandı. Diz ekleminin rotasyon eksenini ile dinamometrenin rotasyon eksenini aynı doğru üzerinde olacak şekilde ayarlandı. Dinamometrenin diz adaptörünün sabitleyici bağlantı noktası ölçüm yapılacak bacağa bağlandı. Vücudun diğer bölgesinin kaslarının hareketini engellemek adına lomber bölge ve ölçüm yapılan tarafın diz üzerinden uyluk bir kemer ile bağlandı. Diğer dizin hareketini önlemek için ayak bileği sandalyenin alt kısmındaki bacak sabitleyicisine yerleştirildi. Aynı zamanda yer çekiminin etkisi de sıfırlandı. Diz fleksiyon/ekstansiyon hareketi için 0° ekstansiyon ve 90° fleksiyon açıları arasında oturma pozisyonunda konsantrik-konsantrik ve eksantrik-eksantrik olarak ölçüm gerçekleştirildi.²⁷

Değerlendirme protokolü; $60^\circ/\text{sn}$. açısal hızda 3 tekrarlı diz fleksiyon/ekstansiyon hareketi submaksimal olarak yaptırılarak bireylerin ısınması ve hareketi anlaması sağlandı. Isınma hareketinden sonra 30 saniyelik bir dinlenmenin ardından $60^\circ/\text{sn}$. hızda 5 tekrarlı maksimal fleksiyon/ekstansiyon hareketi hem konsantrik hem de eksantrik

modlarda yaptırıldı. Değerlendirme bilateral olarak gerçekleştirildi ve öncelikle dominant taraf, 3 dakika sonra dominant olmayan taraf değerlendirildi. Test süresince bireylerin daha yüksek performans sergileyebilmeleri açısından bireyler sözel olarak teşvik edildi. Yapılan testler sonucunda her bir bireyin eğitim öncesi ve sonrası hamstring ve quadriceps kaslarının tepe kuvveti (pik tork) (N/m), Hamstring/Quadriceps oranları (konvansiyonel ve fonksiyonel oran) ve ekstansiyometri indeks değerleri kaydedildi.²⁸

Hamstring esnekliği

Bireylerin hamstring esneklik değerlendirmeleri maksimum kalça fleksiyonuyla birlikte aktif diz ekstansiyon testi [Intraclass correlation coefficient (ICC):0.96] ile değerlendirildi. Sırtüstü yatan birey test edilecek bacağını maksimum kalça fleksiyonuna aldıktan sonra dizinin arkasından ellerini kenetledi ve aktif olarak dizini getirebildiği son noktaya kadar ekstansiyona getirdi. Karşı bacak terapist tarafından sabitlendi. Tibia kristasına konulan Dualer IQ (J-Tech Medical, Midvale, UT, USA) dijital inklinometre ile açı değeri derece cinsinden kaydedildi (Şekil 1).²⁹ Aynı ölçüm diğer bacakta tekrarlandı.

Kognitif fonksiyon

Çalışmamızda bireylerin kognitif fonksiyon durumunu değerlendirmek için, dünya genelinde çok geniş çapta kullanılan en duyarlı test olan CNSVS nörokognitif test bataryası uygulanmıştır. Çalışmamızda tercih edilmesinin bir nedeni ise kognitif durumdaki değişimi saptamak için oldukça duyarlı olup ve diğer nörobilişsel testlere göre daha düşük maliyetli ve daha az zaman alıcı olmasıdır.³⁰ CNSVS, klinik araştırmalarda kullanılmak üzere geçerlilik ve güvenilirliği yapılmış bilgisayar ortamında yapılan rutin bir klinik tarama aracı olarak geliştirilen bilgisayarlı bir nörobilişsel test bataryasıdır.³⁰

CNSVS, yürütücü işlevleri ve diğer yetileri değerlendirebilmek için alt testlerden oluşmaktadır. İçerisinde, Sözel Bellek Testi, Görsel Bellek Testi, Parmak Vurma Testi, Sembol-Sayı Kodlama Testi, Stroop Testi, Kesintisiz Performans Testi ve Dikkat Değişim Testi olmak üzere yaygın olarak kullanılan, geçerli ve güvenilir olduğu bilinen yedi adet test bulunmaktadır.³¹ Bu nörokognitif test bataryası sonucunda bu yedi alan test sonuçlarını kullanarak toplam bellek, sözel bellek, görsel

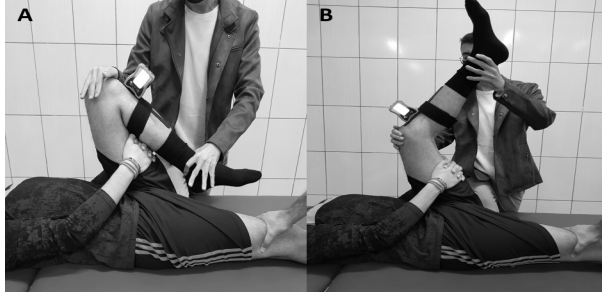
bellek, psikomotor hız, bütüncül dikkat, bilişsel esneklik, reaksiyon süresi, işlem hızı, yürütücü işlevler, basit dikkat ve motor hız olmak üzere toplamda 11 alan puanı ve 1 tane nörokognitif indeks (NCI) puanı elde edilir. Çalışmamız kapsamında toplam bellek, psikomotor hız, bütüncül dikkat, bilişsel esneklik, reaksiyon süresi, yürütücü işlevler, alt testlerine ait veriler sunulmuştur. Toplam bellek puanı, psikomotor hız puanı, reaksiyon zamanı puanı, bütüncül dikkat puanı ve bilişsel esneklik puanları için yaşa göre ayarlanmış standart puanların ortalaması alınarak toplam NCI puanı elde edilmekte ve bilişsel işlevin birincil objektif ölçüsü olarak hizmet etmektedir. Çalışmamız kapsamında NCI puanına ait veriler de sunulmuştur. Ayrıca bilişsel etkilenmenin boyutunu anlamak adına standart skor puanı üzerinden ">110-yüksek kognitif kapasite, 90-110-normal kognitif kapasite, 80-89-normal altı kognitif kapasite, 70-79- düşük düzey kognitif kapasite, <70 çok düşük düzey kognitif fonksiyon" olarak sınıflandırılmıştır.

Egzersiz protokolü

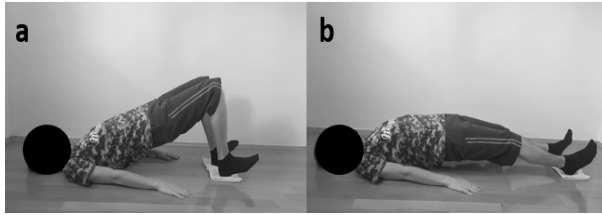
SHC egzersiz grubunda yer alan bireylere 6 hafta boyunca haftada üç gün olmak üzere SHC egzersizi WhatsApp, Zoom ve Microsoft teams uygulamaları üzerinden görüntülü görüşme ile telerehabilitasyon şeklinde uygulandı. Bireyler sırt üstü eller gövdenin yanında dizleri yaklaşık 60° fleksiyon pozisyonunda çengel pozisyonunda olacak şekilde egzersiz başlatıldı (Şekil 2a). Bireylerden, önce köprü kurlmaları daha sonra bu pozisyonu koruyarak ayaklarının altındaki kaygan aparatları yavaşça kaydırarak dizlerini tam ekstansiyona getirmeleri ve daha sonra köprü pozisyonunu bozmadan başlangıç pozisyonuna dönmeleri istendi (Şekil 2b).²³ Eğitim sırasında pelvisin düşmemesine, bacakların abduksiyon pozisyonunda olmamasına ve hareketin simetrik bir şekilde yapılmasına dikkat edildi ve katılımcılara sürekli düzeltici sözel komutlar verildi. Egzersiz programı 3x10 tekrar setler arasında 2 dakika dinlenme olacak şekilde uygulandı. Kontrol grubunda yer alan bireylere ise hiçbir egzersiz uygulaması yapılmadı.

İstatistiksel analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin analizi için IBM SPSS 21.0 (IBM Statistical Package for the Social Sciences 21.0) programı kullanıldı. Verilerin ortalama±standart sapma değerleri X±SD şeklinde verildi. Grupların demografik



Şekil 1. Maksimum kalça fleksiyonuyla birlikte aktif diz ekstansiyon testi (A) başlangıç pozisyonu, (B) bitiş pozisyonu.



Şekil 2. Sliding Hamstring Curl egzersizinin uygulaması (a) başlangıç pozisyonu, (b) bitiş pozisyonu

verileri ve tedavi öncesi ölçüm sonuçları Mann Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Grupların tedavi öncesi ve sonrası değişimleri Wilcoxon Signed Rank testi ile karşılaştırıldı. Gruplar arası farkın değerlendirilmesi amacıyla Mann Whitney U testi kullanıldı. Ayrıca verilerin etki büyüklüğü (EB) ölçümler arası mutlak fark/ilk ölçüm değerinin standart sapması formülü kullanılarak hesaplandı. EB, 0,20-0,50 arası ise “küçük”, 0,51-0,80 arası ise “orta”, 0,81 ve üzeri ise “büyük” olarak yorumlandı. Çalışmanın istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak alındı.³²

BULGULAR

SHC egzersiz grubu ve kontrol grubundaki bireylerin demografik özellikleri Tablo 1’de gösterildi. Yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu ve BKİ açısından gruplar arası fark yoktu ($p>0,05$).

Gruplar egzersiz öncesi elde edilen tüm izokinetik, esneklik ve kognitif veriler bakımından benzer bulundu ($p>0,05$). Egzersiz sonrası yapılan istatistiksel analizlerde ise SHC egzersiz grubundaki katılımcıların tüm izokinetik (EB=0,74-5,69), kognitif (EB=1,03-2,13) ve hamstring esnekliği (EB=2,82-3,02) değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulundu ($p<0,05$) (Tablo 2 ve Tablo 3).

Grup içi karşılaştırmalar incelendiğinde SHC grubundaki tüm katılımcıların tedavi sonrasında orta ve yüksek düzeyde değişen etki büyüklüklerinde (EB=0,61-1,24) hem konsantrik hem de eksantrik hamstring ve quadriceps kas kuvvetlerinde her iki ekstremitede anlamlı artış olduğu bulundu ($p<0,05$). Ayrıca SHC egzersizinin konsantrik ve eksantrik hamstring kas kuvvetini artırmada daha etkin olduğu görüldü (EB=1,04-1,24; $p<0,05$). Hamstring/Quadriceps konvansiyonel ve fonksiyonel oranları incelendiğinde tedavi öncesi hamstring aleyhinde oluşan kas kuvvet dengesizliği tedavi sonrasında yüksek etki büyüklüğünde anlamlı düzeyde artış göstererek normal sınırlar içerisinde bulundu (EB=3,00-5,69; $p<0,05$). Hamstring ve quadriceps kas grupları için konsantrik ve eksantrik ekstremitte simetri indeks değerleri tedavi sonrasında değişen yüksek etki büyüklüklerinde (EB=1,30-2,70) anlamlı düzeyde azalarak normal sınırlar içerisinde yer aldı ($p<0,05$) (Tablo 2). Katılımcıların tedavi öncesi ve tedavi sonrası kognitif fonksiyon değerleri karşılaştırıldığında tüm parametrelerde orta ve yüksek düzeyde değişen etki büyüklüklerinde (EB=0,50-1,05) anlamlı bir artış olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Tüm katılımcıların tedavi sonrasında hamstring esnekliklerinde yüksek düzeyde değişen etki büyüklüklerinde (EB=1,70-1,91) anlamlı bir artış olduğu belirlendi ($p<0,05$) (Tablo 3). Kontrol grubundaki tüm katılımcıların sonuç ölçümleri incelendiğinde ise tüm izokinetik, kognitif ve esneklik ölçüm değerlerinde anlamlı azalma olduğu bulundu ($p<0,05$) (Tablo 2 ve Tablo 3).

TARTIŞMA

Sağlıklı genç yetişkin bireylerde SHC egzersizinin diz kas kuvveti, hamstring esnekliğine kognitif fonksiyon üzerine etkisini incelediğimiz çalışmamızda katılımcılara telerehabilitasyon ile 6 hafta haftada 3 gün olmak üzere SHC egzersiz programı uygulandı. SHC egzersizinin konsantrik ve eksantrik hamstring ve quadriceps kas kuvvetini, hamstring esnekliğini ve kognitif fonksiyonları artırmada, kas kuvvet asimetrisini düzeltmede etkili bir egzersiz olduğu bulundu.

SHC egzersiz grubu ve kontrol grubu eğitim sonrası ölçüm sonuçları incelendiğinde SHC egzersiz grubunun izokinetik diz kas

kuvvet parametreleri hem istatistiksel hem de orta ve yüksek etki büyüklüğü düzeylerinde kontrol grubuna göre daha üstün bulundu (EB=0,61- 5,69). Ayrıca bu çalışmada SHC egzersiz grubundaki tüm bireylerin hamstring ve quadriceps kaslarının hem konsantrik (%15-23 arasında değişen oranlarda) hem de eksantrik kas kuvvetlerinde (%11-21 arasında değişen oranlarda) orta ve yüksek etki büyüklüklerinde (EB=0,61-1,24) anlamlı artış olduğu görüldü. Ancak eksantrik ve konsantrik hamstring kas kuvvetlerinde daha fazla gelişme

(EB=1,15-1,24) sağlandığı bulundu. Delextrat vd. kadın hokey oyuncularında eksantrik hamstring kuvvetlendirme egzersizlerinin diz kas kuvveti ve Hamstring/Quadriceps fonksiyonel oranı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, bir gruba Nordic hamstring egzersizi diğer gruba da SHC egzersizlerini uygulamışlardır. 6 haftalık uyguladıkları egzersizler sonucunda, 120°/sn. açısal hızda hem konsantrik hem de eksantrik modlarda hamstring ve quadriceps izokinetik tork değerlerini ölçtükleri çalışmalarında, her iki

Tablo 1. Katılımcıların demografik özelliklerinin karşılaştırılması.

	Eğitim Grubu (N=10)	Kontrol Grubu (N=10)	p
	X±SD	X±SD	
Yaş (yıl)	21,10±2,18	21,00±2,16	0,88
Boy (m)	1,80±0,06	1,77±0,06	0,45
Vücut ağırlığı (kg)	78,20±12,47	78,10±11,02	0,97
Beden kütle indeksi (kg/m ²)	24,13±3,90	24,74±3,30	0,55

Eğitim Grubu: Sliding Hamstring Curl egzersiz grubu.

Tablo 2a. Diz izokinetik kas kuvvetlerinin tedavi öncesi ve sonrası verileri.

	Eğitim Grubu		Kontrol Grubu	
	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD
H _{kon} -tepe kuvveti Dom. (N)	84,20±23,73	101,00±18,94	83,10±20,65	80,00±17,68
H _{kon} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	88,40±18,37	101,80±16,37	86,71±19,58	81,54±17,74
Q _{kon} -tepe kuvveti Dom. (N)	156,70±54,14	193,40±40,36	156,56±39,59	150,43±44,38
Q _{kon} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	153,80±42,38	179,60±41,25	150,60±40,89	148,72±42,36
H _{ek} -tepe kuvveti Dom. (N)	143,90±34,20	174,90±24,10	142,85±30,13	140,93±25,34
H _{ek} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	147,80±31,91	178,80±21,11	147,50±28,87	138,85±22,17
Q _{ek} -tepe kuvveti Dom. (N)	181,20±43,21	209,20±38,24	183,63±44,58	179,22±39,34
Q _{ek} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	181,40±41,19	201,40±21,23	179,28±34,99	170,41±22,54
H/Q Konvansiyonel Oran Dom	0,47±0,01	0,56±0,02	0,49±0,02	0,47±0,01
H/Q Konvansiyonel Oran N-Dom	0,49±0,02	0,55±0,02	0,48±0,01	0,46±0,02
H/Q Fonksiyonel Oran Dom	0,85±0,06	0,96±0,02	0,87±0,05	0,83±0,03
H/Q Fonksiyonel Oran N-Dom	0,89±0,07	0,97±0,03	0,89±0,02	0,82±0,04
LSI Q _{kon} (%)	8,13±2,75	5,25±1,50	9,08±3,70	11,22±1,75
LSI Q _{ek} (%)	8,06±2,83	4,98±1,70	8,23±2,74	10,05±1,67
LSI H _{kon} (%)	8,97±2,47	5,46±1,30	9,01±2,11	11,85±1,89
LSI H _{ek} (%)	9,63±1,38	5,77±1,22	9,87±1,24	12,06±2,03

N: Newton. Eğitim Grubu: Sliding Hamstring Curl egzersiz grubu. H: Hamstring, Q: Quadriceps. Dom: Baskın taraf. N-Dom: Baskın olmayan taraf. H_{kon}: Konsantrik Hamstring, Q_{kon}: Konsantrik Quadriceps. H_{ek}: Eksantrik Hamstring, Q_{ek}: Eksantrik Quadriceps. LSI: Dominant taraf ve dominant olmayan taraf kas kuvvet farkı.

Tablo 2b. Diz izometrik kas kuvvet verilerinin grup içi ve gruplar arası analiz sonuçları.

	Eğitim Grubu		Kontrol Grubu		Gruplar arası	
	Grup içi		Grup içi		TÖ	TS
	EB	p ¹	p ¹	EB	p ²	p ²
H _{kön} -tepe kuvveti Dom. (N)	1,04	<0,001*	0,01**	1,14	0,65	<0,001*
H _{kön} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	0,78	<0,001*	0,01**	1,19	0,79	<0,001*
Q _{kön} -tepe kuvveti Dom. (N)	0,77	<0,001*	0,02**	1,03	0,94	<0,001*
Q _{kön} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	0,62	<0,001*	0,02*	0,74	0,55	<0,001*
H _{ek} -tepe kuvveti Dom. (N)	1,24	<0,001*	<0,001*	1,64	0,70	<0,001*
H _{ek} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	1,15	<0,001*	<0,001*	1,84	0,45	<0,001*
Q _{ek} -tepe kuvveti Dom. (N)	0,69	<0,001*	<0,001*	0,77	0,88	<0,001*
Q _{ek} -tepe kuvveti N-Dom. (N)	0,61	<0,001*	<0,001*	1,42	0,60	<0,001*
H/Q Konvansiyonel Oran Dom	5,69	<0,001*	<0,001*	5,69	0,38	<0,001*
H/Q Konvansiyonel Oran N-Dom	3,00	<0,001*	<0,001*	4,50	0,25	<0,001*
H/Q Fonksiyonel Oran Dom	2,68	<0,001*	<0,001*	5,09	0,24	<0,001*
H/Q Fonksiyonel Oran N-Dom	1,49	<0,001*	<0,001*	4,24	0,50	<0,001*
LSI Q _{kön} (%)	1,30	<0,001*	0,03*	3,66	0,65	<0,001*
LSI Q _{ek} (%)	1,32	<0,001*	<0,001*	3,00	0,88	<0,001*
LSI H _{kön} (%)	1,78	<0,001*	0,02*	3,93	0,50	<0,001*
LSI H _{ek} (%)	2,70	<0,001*	<0,001*	3,76	0,87	<0,001*

* p<0,05, p¹: Wilcoxon Signed Rank testi. p²: Mann Whitney U testi. N: Newton. H: Hamstring. Q: Quadriceps. Dom: Baskın taraf. N-Dom: Baskın olmayan taraf. H_{kön}: Konsantrik Hamstring. Q_{kön}: Konsantrik Quadriceps. H_{ek}: Eksantrik Hamstring. Q_{ek}: Eksantrik Quadriceps. LSI: Dominant taraf ve dominant olmayan taraf kas kuvvet farkı. TÖ: Tedavi öncesi. TS: Tedavi sonrası. EB: Etki büyüklüğü. Eğitim Grubu: Sliding Hamstring Curl egzersiz grubu.

Tablo 3a. Hamstring esneklik ve kognitif fonksiyonlarının tedavi öncesi ve sonrası verileri.

	Eğitim Grubu		Kontrol Grubu	
	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD
Nörokognitif indeks (NCI)	96,70±17,37	114,00±15,07	98,10±13,77	93,00±13,68
Toplam bellek	86,90±17,61	97,90±18,69	87,30±13,28	82,14±10,87
Sözel bellek	74,60±18,15	103,40±19,95	73,80±13,62	68,40±11,89
Görsel bellek	90,40±18,17	105,30±19,51	91,00±13,10	88,60±11,50
Psikomotor hız	101,40±18,20	117,60±18,32	101,20±13,23	94,90±11,36
Bütüncül dikkat	94,40±18,67	106,30±19,49	94,80±13,20	87,50±11,03
Bilişsel esneklik	90,00±18,80	100,20±21,71	90,20±17,75	81,20±11,23
Reaksiyon süresi	75,60±19,23	91,30±20,92	75,58±12,38	68,58±11,50
İşlem hızı	92,10±22,74	108,70±20,60	90,60±16,22	81,41±14,21
Yürütücü işlevler	86,30±20,21	99,50±19,99	83,26±17,17	74,65±14,96
Basit dikkat	90,70±19,70	104,00±19,27	89,88±17,78	80,23±15,36
Motor hız	96,10±19,90	113,10±20,89	95,65±18,59	89,78±17,75
H-esneklik Dom (°)	168,80±2,78	173,20±2,39	168,20±2,44	166,90±2,07
H-esneklik N-Dom (°)	169,40±2,83	174,30±2,26	169,10±2,07	167,00±1,33

N: Newton. Eğitim Grubu: Sliding Hamstring Curl egzersiz grubu. H: Hamstring, K: Quadriceps, Dom: Baskın taraf, N-Dom: Baskın olmayan taraf H_{kön}: Konsantrik hamstring, K_{kön}: Konsantrik Quadriceps, H_{ek}: Eksantrik Hamstring, K_{ek}: Eksantrik Quadriceps, LSI: Dominant taraf ve dominant olmayan taraf kas kuvvet farkı.

Tablo 3b. Hamstring esneklik ve kognitif fonksiyon verilerinin grup içi ve gruplar arası analiz sonuçları.

	Eğitim Grubu		Kontrol Grubu	Gruplar arası		
	Grup içi		Grup içi	TÖ		TS
	EB	p ¹	p ¹	EB	p ²	p ²
Nörökognitif indeks (NCI)	1,05	<0,001*	<0,001*	1,45	0,97	<0,001*
Toplam bellek	0,61	<0,001*	<0,001*	1,03	0,85	<0,001*
Sözel bellek	1,51	<0,001*	<0,001*	2,13	0,76	<0,001*
Görsel bellek	0,79	<0,001*	<0,001*	1,43	0,87	<0,001*
Psikomotor hız	0,89	<0,001*	<0,001*	1,49	0,80	<0,001*
Bütüncül dikkat	0,63	<0,001*	<0,001*	1,19	0,97	<0,001*
Bilişsel esneklik	0,50	<0,001*	<0,001*	1,10	0,91	<0,001*
Reaksiyon süresi	0,78	<0,001*	<0,001*	1,34	0,88	<0,001*
İşlem hızı	0,77	<0,001*	<0,001*	1,54	0,41	<0,001*
Yürütücü işlevler	0,66	<0,001*	<0,001*	1,41	0,20	<0,001*
Basit dikkat	0,68	<0,001*	<0,001*	1,36	0,21	<0,001*
Motor hız	0,83	<0,001*	<0,001*	1,20	0,15	<0,001*
H-esneklik Dom (°)	1,70	<0,001*	0,04*	2,82	0,44	<0,001*
H-esneklik N-Dom (°)	1,91	<0,001*	0,01*	3,02	0,78	<0,001*

* p<0,05. p¹: Wilcoxon Signed Rank testi. p²: Mann Whitney U testi. H: Hamstring. Dom: Baskın taraf. N-Dom: Baskın olmayan taraf. TÖ: Tedavi öncesi. TS: Tedavi sonrası. EB: Etki büyüklüğü. Eğitim Grubu: Sliding Hamstring Curl egzersiz grubu.

egzersiz grubunda da eksenrik hamstring kas kuvveti değerlerinde anlamlı bir artış sağlanırken SHC egzersiz grubunda daha fazla gelişme olduğunu ifade etmişlerdir.²⁵ Orishimo ve Mchugh sağlıklı bireylerden oluşan çalışma grubunda yaptıkları çalışmalarında uyguladıkları 4 haftalık SHC egzersiz programının hamstring kas kuvvetinde % 9 oranında artış sağladığını belirtmişlerdir.²⁴ Ayrıca Van Dyk vd. 4 yıllık takip süresince hamstring yaralanması geçirmiş 614 profesyonel futbolcunun konsantrik quadriceps ve eksenrik hamstring kas kuvvetini değerlendirdikleri çalışmalarında hem düşük konsantrik quadriceps kuvvetinin hem de düşük eksenrik hamstring kas kuvvetinin artan hamstring yaralanması riski ile ilişkili olduğu ifade etmişlerdir.¹² Çalışmamızda 6 haftalık SHC egzersizlerinin diz kas kuvvetinde orta ve yüksek etki büyüklüğünde artış sağlaması; klinik olarak anlamlılık düzeyi açısından önemlidir. Elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda SHC egzersizi konsantrik quadriceps ve eksenrik hamstring kuvvetini artırmada etkili bir egzersiz olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda pandemi nedeni ile değerlendirmeler yüz yüze, SHC egzersizi telerehabilitasyon yoluyla verilmiştir.

Çalışmamız sonuçları, yüz yüze egzersiz eğitimlerinin yapılamadığı durumlarda iyi organize edilmiş telerehabilitasyon yoluyla egzersiz eğitimlerinin etkinliğini göstermesi açısından önemli katkı sağlayacaktır. Kontrol grubundaki bireylerin diz izokinetik kas kuvvetinin 6 haftanın sonunda düştüğü tespit edilmiştir. Çalışma yaptığımız dönem tam kısıtlamaların olduğu döneme rast gelmiştir. Literatürde bildirilen inaktivitenin olumsuz etkileri, kontrol grubumuzda yaptığımız son ölçümlerle ortaya konmuştur. Kontrol grubumuzun sağlıklı genç yetişkinler olsa bile kas kuvvetinin devamı ve artırılması için aktif bir yaşam tarzına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Her iki gruptaki bireylerin 60°/sn. açısal hızda diz eklemi konvansiyonel ve fonksiyonel oranları incelendiğinde; SHC egzersiz grubunda tedavi öncesinde bu oranların sırasıyla 0,47-0,49 ve 0,85-0,89 arasında olduğu, tedavi sonrasında ise sırasıyla 0,53-0,55 ve 0,96-0,97 değerlerine yükseldiği ve kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bulundu. Hamstring ve quadriceps kaslarının tepe kuvvetlerinin birbirine oranı, bu kas gruplarının fonksiyonel kuvvetsizliklerinin ölçümü olarak en çok kullanılan parametredir.^{17,33} Konsantrik hamstring ve quadriceps kas kuvvetlerinin

birbirine oranı konvansiyonel oran tanımlanırken eksenrik hamstring ve konsantrik quadriceps kas kuvvetlerinin oranı ise fonksiyonel oran olarak ifade edilmektedir. Konvansiyonel oranının 0,50-0,80 arasında, fonksiyonel oranının ise 1 olması agonist ve antagonist kas gruplarının kuvvet dengesinin normal sınırlarda olduğu anlamına gelmektedir.^{34,35} Croisier vd. yaptıkları çalışmalarında 0,55'ten düşük bir konvansiyonel oranının (60°/sn. açısal hızda) HKY riskiyle ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.¹³ Ancak, son yapılan çalışmalarla birlikte fonksiyonel oran daha fazla önem kazanmıştır. Fonksiyonel oranın, HKY'de bir risk faktörü olduğu ve yaralanma sonrası spora dönüş kriterleri içerisinde yer aldığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir.^{9,13,14} Çalışmamızda her iki grupta tedavi öncesi hem konvansiyonel hem de fonksiyonel oran bakımından asimetri ve hamstring aleyhinde bir kas kuvvet dengesizliği mevcutken SHC egzersiz programı sonrası konvansiyonel oranın normal sınır olarak kabul edilen 0,50-0,80 değerleri arasında yer aldığı ve asimetrinin olmadığı fonksiyonel oranın ise 1'e yaklaştığı ve asimetrinin anlamlı düzeyde azaldığı bulundu. Çalışmamızın bulguları ile uyumlu olarak Delextrat vd. yaptıkları çalışmalarında 6 haftalık SHC egzersiz programının fonksiyonel oranı 0,60'tan 0,83'e yükselterek hamstring aleyhinde olan kas kuvvet dengesizliğini anlamlı düzeyde azalttığını belirtmişlerdir.²⁵ Ekstremitte simetri indeksi, bir ekstremitayı diğeri ile ilişkili olarak değerlendirmek için en çok kullanılan karşılaştırmadır. Bireylerde herhangi bir kas yaralanmasına sebep olabilecek bir kuvvet asimetrisinin olmaması için bu değer %10'dan daha az olması gerektiği yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir.⁴ Bourne vd. yaptıkları çalışmalarında eksenrik hamstring kuvveti bakımından ekstremitte simetri indeksi ≥ 15 ve ekstremitte simetri indeksi ≥ 20 olan bireylerin sırasıyla 2,4 ve 3,4 kat daha fazla HKY riski taşıdıklarını belirtmişlerdir.¹⁰ Çalışmamızda SHC egzersiz grubundaki bireylerin tedavi öncesi tüm ekstremitte simetri indeks değerlerinin 8,06-9,63 arasında olduğu görülürken SHC egzersiz eğitimi sonrasında bu değerlerin 4,98-5,77 değerlerine ulaşarak iki taraf arasındaki kuvvet farkının anlamlı düzeyde azaldığı tespit edildi. Bu değerler literatürde ifade edilen normatif değerler ile

uyumlu olup SHC egzersizinin hamstring ve quadriceps kas kuvvet asimetrilerini azaltmada etkili bir egzersiz olduğunu göstermektedir. Kontrol grubundaki bireylerin ise sonuç ölçümleri incelendiğinde; konvansiyonel ve fonksiyonel oranlarının sırasıyla 0,48-0,49 ve 0,87-0,89 değerlerinden 0,46-0,47 ve 0,82-0,83 değerlerine düştüğü bulundu. Ayrıca sırasıyla ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri için ekstremitte simetri indeks değerlerinin ise 8,23-9,87'den 10,05-12,06'a yükseldiği görüldü. Bu sonuçlar kontrol grubundaki bireylerin başlangıçta var olan kuvvet asimetrilerinin daha da artarak yaralanmalara daha fazla açık hale geldiğini göstermektedir. Pandemi ve çalışma yapılan dönemin kısıtlamalara denk gelmesi kontrol grubundaki budüşüşün temel nedeni olduğu düşüncesindeyiz.

Çalışmamızda tedavi sonrasında bireylerin esneklik değerleri, SHC egzersiz grubundaki bireylerin kontrol grubundaki bireylere göre her iki taraf hamstring esnekliğinin daha fazla arttığı görüldü (EB=2,82-3,02). Orishimo ve Mchugh, sağlıklı bireylerde aktif diz ekstansiyon testi ile hamstring esnekliğini değerlendirdikleri çalışmalarında 4 haftalık SHC egzersiz programı sonrasında katılımcıların hamstring esnekliklerinde anlamlı artış olduğunu belirtmişlerdir.²⁴ Nelson ve Bandy sağlıklı erkek bireylerde 6 haftalık statik germe ve eksenrik egzersiz programlarının hamstring esnekliği üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, hamstring esnekliğini pasif diz ekstansiyon testi ile değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucunda her iki grupta kontrol grubuna göre hamstring esnekliğinde anlamlı artış (eksantrik egzersiz grubu=12,79° ve statik germe grubu=12,05° artış)tespit edilirken gruplar benzer bulunmuştur.³⁶ Bizim çalışmamızda SHC egzersiz programı sonrası dominant ve dominant olmayan taraf esneklik değerlerinde sırasıyla 4,4° ve 4,9° anlamlı bir artış oldu. Bizim çalışmamızda daha az artış olmasının sebebi bu çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş ortalamasının (16,45±0,96) ve başlangıç hamstring esneklik ölçümlerinin bizim çalışmamızdaki bireylerden daha düşük olmasıdır. Statik germenin esnekliği geliştirdiği kanıtlanmış olsa da tüm hareket aralığı boyunca kuvvet artışına sebep olup olmadığı tartışmalıdır ve belirsizdir. Ancak eksenrik olaraktan hareket aralığında egzersiz yapan bir

birey, aynı anda hem hareket açıklığı hem de kas kuvveti kazanacak ve böylece aktiviteyi daha işlevsel hale getirecektir. Bu tür bir eğitim, kuvvetlendirme ve esneklik bileşenlerini tek bir faaliyette birleştirerek zamandan da tasarruf sağlamaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda SHC egzersizi de bir eksantrik egzersiz olup hem diz kas kuvvetinde hem de hamstring esnekliğinde aynı anda gelişim elde etmek için kullanılabilir. Kontrol grubunun esneklik sonuç ölçümleri incelendiğinde ise bireylerin her iki taraf hamstring esnekliklerinde anlamlı bir düşüş olduğu görüldü. Liyanage vd. çalışmalarında fiziksel aktivite seviyesi ile hamstring esnekliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.³⁷ Bu çalışmanın bulguları ile uyumlu olarak bizim çalışmamızda da kontrol grubundaki bireylerin hamstring esnekliklerinde azalmanın sebebi fiziksel inaktivite olabilir.

Çalışmamızda SHC egzersiz grubundaki bireylerin tedavi sonrasında nörokognitif indeks, toplam bellek, sözel bellek, görsel bellek, reaksiyon süresi, bütüncül dikkat, bilişsel esneklik, psikomotor hız test puanı, yürütücü işlevler, basit dikkat ve motor hız kognitif fonksiyon parametrelerinde %11,33-38,60 arasında değişen oranlarda orta ve yüksek etki büyüklüklerinde (EB=0,50-1,51) anlamlı gelişme olduğu görüldü. Ayrıca SHC grubundaki bireylerin kognitif fonksiyonları kontrol grubundaki bireylere göre daha yüksek bulundu (EB=1,19-2,13). Literatür araştırıldığında bilğimiz dahilinde SHC egzersizinin kognitif fonksiyonlar üzerine etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız ayrıntılı yapılandırılmış bir nörokognitif değerlendirme yapan ve SHC egzersizinin bilişsel etkilenim boyutunu ilk ortaya koyan çalışmadır. Literatürde yapılan çalışmalarda araştırmacılar sağlıklı bireylerde düzenli olarak yapılan fiziksel aktivitenin, dirençli ve aerobik egzersizlerin yürütücü işlevler, dikkat, kognitif esneklik, çalışma belleği ve hafıza gibi kognitif fonksiyonları geliştirdiğini belirtmişlerdir.^{38,39} Egzersizin beyin yapı ve işleyişini dolayısıyla kognitif fonksiyonları da geliştirmesinin altında yatan mekanizmalar; nörotropin seviyelerini yükseltmesi, nörogenezisi ve vaskülarizasyonu artırması, nöroinflamasyonu dengelemesi ve nöronal bütünlüğü sağlaması olarak açıklanabilir. Aynı zamanda egzersizle

sağlanan yüksek fiziksel uygunluk, beyin volümünü ve dopamin, seratonin gibi bilgi iletim moleküllerini artırmakla birlikte hipokampus ve prefrontal kortekste nörogenezisi geliştirmektedir.⁴⁰ Çalışmamızda uygulanan SHC egzersiz programı sonrasında bireylerin kognitif fonksiyonlarında meydana gelen anlamlı düzeydeki gelişmeler bu mekanizmalar ile açıklanabilir. Ayrıca bu mekanizmalara ek olarak SHC egzersizinin köprü kurma, köprüyü bozmadan ayakların aynı anda kaydırılarak dizlerin ekstansiyon getirilmesi, dizlerin köprüyü bozmadan tekrar fleksiyona getirilmesi ve tekrar başlangıç pozisyonuna dönülmesi gibi komponentlerinin bütüncül dikkat, motor hız, bilişsel esneklik, reaksiyon zamanı, motor hız, yürütücü işlevler gibi kognitif fonksiyonları daha fazla çalıştırmasından dolayı SHC egzersiz grubunda ölçtüğümüz tüm kognitif parametrelerde anlamlı gelişme sağlandığını düşünüyoruz. Kontrol grubundaki bireylerin kognitif sonuçları başlangıç değerlerine göre azaldığı görüldü. Literatürde fiziksel aktivite seviyesi düşük olan bireylerin kognitif fonksiyonlarının da daha düşük olduğu belirtilmiştir.^{38,40} Fiziksel aktivitenin kognitif fonksiyonlar üzerindeki etkisi literatürde kanıtlarla ortaya konmuştur. Fiziksel aktivite dışında birçok faktör kognitif fonksiyonları etkileyecektir. Pandemiye zorunlu yapılan kısıtlamalar nedeni ile bireylerin fiziksel aktivitelerin azalması kontrol grubundaki ölçtüğümüz parametrelerdeki düşüşün temel nedeni olduğu düşüncesindeyiz.

Limitasyonlar

Bu çalışmanın limitasyonları çalışmaya katılan bireylerin sadece erkek popülasyonundan oluşması ve bireylerin 6 haftalık eğitim sonrasında aktivite seviyelerinin ölçülmemiş olmasıdır.

Sonuç

Sağlıklı genç erişkin bireylerde tasarladığımız bu pilot çalışmada SHC egzersizinin konsantrik ve eksantrik diz kas kuvvetini, hamstring esnekliğini ve kognitif fonksiyonları geliştirmede ve kuvvet asimetrisini düzeltmede etkin bir egzersiz olduğu bulundu. Bu çalışmadan yola çıkarak hamstring yaralanmalarını önlemede ve yaralanma sonrası rehabilitasyon programında diz kas kuvvetini ve hamstring esnekliğini artırmak ve kognitif fonksiyonları geliştirmek için hamstring odaklı bir eksantrik egzersiz olan

SHC egzersizi kullanılabilir. Çalışmamızın, SHC egzersizlerinin diğer ölçüm parametreleri ve özellikle kognitif fonksiyonlar üzerine etkinliğini göstermesi açısından literatüre önemli katkı sağlayacağı düşüncesindeyiz. Ayrıca çalışmamızın birincil amacı olmamasına rağmen telerehabilitasyon yoluyla verilen egzersiz programının yüz yüze yapılan egzersiz programı kadar etkin olduğunu gördük. Bu nedenle telerehabilitasyon yoluyla verilen SHC egzersizinin farklı egzersizler ile karşılaştırıldığı çalışmalara ihtiyaç olduğu görüşündeyiz.

Teşekkür: Yok

Yazarların Katkı Beyanı: **ÇS:** Çalışma tasarımı, veri toplama, veri analiz, makale yazma; **NÜY:** Ekipman sağlanması, olguların sağlanması, çalışma tasarımı, makale yazma.

Finansal Destek: Yok

Çıkar Çatışması: Yok

Etik Onay: Bu araştırma protokolü Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu (sayı: 14, tarih: 14.01.2021) tarafından onaylandı).

KAYNAKLAR

- Danielsson A, Horvath A, Senorski C, et al. The mechanism of hamstring injuries - a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21:641-641.
- Dalton SL, Kerr ZY, Dompier TP. Epidemiology of Hamstring Strains in 25 NCAA Sports in the 2009-2010 to 2013-2014 Academic Years. *Am J Sports Med.* 2015;43:2671-2679.
- Ekstrand J, Lee JC, Healy JC. MRI findings and return to play in football: a prospective analysis of 255 hamstring injuries in the UEFA Elite Club Injury Study. *BJSM.* 2016;50:738-743.
- Buckthorpe M, Wright S, Bruce-Low S, et al. Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *BJSM.* 2019;53:449-456.
- Henderson G, Barnes CA, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport.* 2010;13:397-402.
- Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, et al. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2010;38:1147-1153.
- Opar DA, Williams MD, Timmins RG, et al. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47:857-865.
- Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, et al. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *BJSM.* 2016;50:1524-1535.
- Shield AJ, Bourne MN. Hamstring Injury Prevention Practices in Elite Sport: Evidence for Eccentric Strength vs. Lumbo-Pelvic Training. *Sports Med.* 2018;48:513-524.
- Bourne MN, Opar DA, Williams MD, et al. Eccentric Knee Flexor Strength and Risk of Hamstring Injuries in Rugby Union: A Prospective Study. *Am J Sports Med.* 2015;43:2663-2670.
- Yeung SS, Suen AM, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *BJSM.* 2009;43:589-594.
- van Dyk N, Bahr R, Whiteley R, et al. Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study. *Am J Sports Med.* 2016;44:1789-1795.
- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, et al. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36:1469-1475.
- Buckthorpe M, Wright S, Bruce-Low S, et al. Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *BJSM.* 2019;53:449-456.
- Walton CC, Keegan RJ, Martin M, et al. The Potential Role for Cognitive Training in Sport: More Research Needed. *Front Psychol.* 2018;9:1121-1121.
- Huijgen BC, Leemhuis S, Kok NM, et al. Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLoS one.* 2015;10:e0144580.
- Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med.* 1995;19:202-222.
- Vestberg T, Reinebo G, Maurex L, et al. Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS one.* 2017;12:e0170845.
- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9:58-65.
- McMorris T. Exercise and cognitive function: a neuroendocrinological explanation. In: *Exercise and cognitive function.* McMorris T,

- Tomprowski P, Audiffren M, eds. 5th ed. Oxford: John Wiley & Sons;2009:41-68.
21. Surmeier DJ. Dopamine and working memory mechanisms in prefrontal cortex. *J Physiol.* 2007;581:885.
 22. Vatovec R, Kozinc Ž, Šarabon N. Exercise interventions to prevent hamstring injuries in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci.* 2020;20:992-1004.
 23. Taberner M, O'keefe J, Cohen DD. The sliding leg curl. *Strength Cond J.* 2016;38:117-121.
 24. Orishimo KF, McHugh MP. Effect of an eccentrically biased hamstring strengthening home program on knee flexor strength and the length-tension relationship. *J Strength Cond Res.* 2015;29:772-778.
 25. Delextrat A, Bateman J, Ross C, et al. Changes in torque-angle profiles of the hamstrings and hamstrings-to-quadriceps ratio after two hamstring strengthening exercise interventions in female hockey players. *J Strength Cond Res.* 2020;34:396-405.
 26. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum; 2013.
 27. Kocahan T, Akinoğlu B, Soyly Ç, et al. Determination of the isokinetic muscle strength profile of knee flexors and extensors in visually impaired long-distance athletes: Pilot study. *J Hum Sci.* 2017;14:2111-2120.
 28. Correia P, Santos P, Mil-Homens P, et al. Rapid hamstrings to quadriceps ratio at long muscle lengths in professional football players with previous hamstring strain injury. *Eur J Sport Sci.* 2020;20:1405-1413.
 29. Whiteley R, van Dyk N, Wangenstein A, et al. Clinical implications from daily physiotherapy examination of 131 acute hamstring injuries and their association with running speed and rehabilitation progression. *BJSM.* 2018;52:303-310.
 30. Gualtieri CT, Johnson LG. Reliability and validity of a computerized neurocognitive test battery, CNS Vital Signs. *Arch Clin Neuropsychol.* 2006;21:623-643.
 31. Iverson GL, Brooks BL, Ashton Rennison VL. Minimal gender differences on the CNS vital signs computerized neurocognitive battery. *Appl Neuropsychol Adult.* 2014;21:36-42.
 32. Bowring A, Telschow FJ, Schwartzman A, et al. Confidence Sets for Cohen'sd effect size images. *Neuroimage.* 2021;226:117477.
 33. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sci Med Sport.* 2002;1:56-62.
 34. Islam MS, De A. Functional Hamstring to Quadriceps Strength Ratio (H: Q) and Hamstrings Injury of Soccer Players: A Qualitative Analysis. *Orthop Sports Med.* 2018;2: 126-132.
 35. Soyly Ç, Altundağ E, Akarçesme C, et al. The relationship between isokinetic knee flexion and extension muscle strength, jump performance, dynamic balance and injury risk in female volleyball players. *J Hum Sport Exerc.* 2020;15:502-514.
 36. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *J Athl Train.* 2004;39:254-258.
 37. Liyanage E, Krasilshchikov O, Arhashim H, et al. Prevalence of hamstring tightness and hamstring flexibility of 9-11 years old children of different obesity and physical activity levels in Malaysia and Sri Lanka. *J Phys Educ Sport.* 2020;20:338-343.
 38. Castells-Sánchez A, Roig-Coll F, Lamonja-Vicente N, et al. Effects and mechanisms of cognitive, aerobic exercise, and combined training on cognition, health, and brain outcomes in physically inactive older adults: The Projecte Moviment Protocol. *Front Aging Neurosci.* 2019;11:216.
 39. Wu C-H, Karageorghis CI, Wang C-C, et al. Effects of acute aerobic and resistance exercise on executive function: An ERP study. *J Sci Med Sport.* 2019;22:1367-1372.
 40. Mandolesi L, Polverino A, Montuori S, et al. Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and Wellbeing: Biological and Psychological Benefits. *Front Psychol.* 2018;9:509.