

Sıcak, Soğuk ve Statik Germenin Diz Propriocepsiyonu Üzerine Akut Etkileri: Deneysel Çalışma

Acute Effects of Heat, Cold, and Static Stretching on Knee Proprioception: Experimental Study

Umut PAKSOY^a, Ömer Can GÖKSU^b, Mustafa ŞAHİN^b, Tuğba AKGÜLLER EKER^a

^aİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

^bİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü Hareket ve Antrenman Bilimleri AD, İstanbul, Türkiye

Bu çalışma, Umut Paksoy'un "Sıcak, Soğuk ve Germenin Diz Propriocepsiyonu ile Dikey Sıçrama Üzerindeki Akut Etkileri" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (İstanbul: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa; 2020).

ÖZET Amaç: Sıcak, soğuk ve germe uygulamalarının propriocepsiyon üzerindeki etkileri ile ilgili kanıtlar tartışmalıdır. Bu çalışmanın amacı; sıcak, soğuk ve statik germenin propriocepsiyon üzerindeki akut etkilerini belirlemektir. **Gereç ve Yöntemler:** 18-30 yaş aralığındaki 60 birey sıcak grubu [heat group (HG)], soğuk grubu [cold group (CG)], germe grubu (GG) ve kontrol grubu (KonG) olmak üzere 4 gruba randomize edildi. HG'ye 15 dk sıcak, CG'ye 15 dk soğuk, GG'ye ise statik germe (Quadriceps ve hamstring kasları için, 20 sn×3 tekrar) uygulandı. KonG herhangi bir müdahale almadı. Müdahaleler öncesinde ve hemen sonrasında propriocepsiyon aktif eklem pozisyon duyusu (AEPD) testi ile 30°, 60°, 90° ve 120°'de değerlendirildi. **Bulgular:** AEPD, HG'de sağ 30° ve 90°'de (sırasıyla p=0,001; p=0,035) sol 30° ve 120°'de (sırasıyla p=0,047; p=0,005); GG'de sağ 30° ve 90°'de (sırasıyla p=0,027; p=0,008), sol 30°, 60° ve 90°'de (sırasıyla p=0,004; p=0,015; p=0,027) artış gösterdi. CG'de ise sağ 30° ve 90°'de (sırasıyla p=0,006; p=0,031), sol 30°, 60° ve 90°'de (sırasıyla p=0,008; p=0,005; p=0,007) azalma gösterdi. "post-hoc" analizlerde KonG'ye kıyasla, HG'de sağ 30°, 60° ve 90°'de (sırasıyla p<0,001; p=0,005 ve p=0,005); GG'de sağ ve sol 30°'de (sırasıyla p<0,001; p=0,004) iyileşme bulundu. GG ile HG'deki iyileşme ise tüm açılarda benzerdi (p>0,008). CG'de ise KonG'ye kıyasla sol 90°'de (p=0,005) azalma bulundu. **Sonuç:** Diz propriocepsiyonu soğuk uygulama ile azalırken, statik germe ve sıcak uygulama ile iyileşme göstermiştir. Germe ile sıcak uygulama propriocepsiyon üzerinde benzer etkiye sahiptir.

ABSTRACT Objective: Evidence regarding the effects of heat, cold and stretching on proprioception is controversial. The aim of this study was to determine the acute effects of heat, cold and static stretching on proprioception. **Material and Methods:** 60 individuals aged 18-30 years were randomized into 4 groups: heat group (HG), cold group (CG), stretching group (SG) and control group (ConG). HG received 15 min of hot pack, CG received 15 min of cold pack, and SG received static stretching (20 s×3 repetitions for quadriceps and hamstrings). ConG did not receive any intervention. Before and immediately after the interventions, proprioception was assessed with the active joint position sense (AJPS) test at 30°, 60°, 90° and 120°. **Results:** AJPS increased in HG at right 30° and 90° (p=0.001; p=0.035, respectively), left 30° and 120° (p=0.047; p=0.005, respectively); in SG at right 30° and 90° (p=0.027; p=0.008, respectively), left 30°, 60° and 90° (p=0.004; p=0.015; p=0.027, respectively). In CG, it decreased at right 30° and 90° (p=0.006; p=0.031, respectively), and at left 30°, 60° and 90° (p=0.008; p=0.005; p=0.007, respectively). "post-hoc" analyses revealed greater improvement at right 30°, 60° and 90° in HG (p<0.001; p=0.005; p=0.005, respectively) and at right and left 30° in SG (p<0.001; p=0.004, respectively) compared to ConG. Improvement in HG and SG was similar at all angles (p>0.008). A decrease in the left 90° angle was found in CG compared to ConG (p=0.005). **Conclusion:** Knee proprioception decreased with cold, but improved with static stretching and heat. Stretching and heat have similar effects on proprioception.

Anahtar Kelimeler: Propriocepsiyon; sıcak uygulama; soğuk uygulama; statik germe

Keywords: Proprioception; hot pack; cold pack; static stretching

Correspondence: Umut PAKSOY

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

E-mail: paksouyumat@gmail.com

Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 06 Nov 2024

Received in revised form: 31 Dec 2024

Accepted: 15 Jan 2025

Available online: 28 Mar 2025

2146-8885 / Copyright © 2025 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Propriosepsiyon, bedeninin içerisinde üretilen uyarıların alınmasıdır ve postüral denge, kas duyusu ve eklem stabilitesinin bilinçli ve bilinçsiz algılanma yeteneğini ifade eder.¹ Spor bilimlerinde propriosepsiyon, yaralanmaların önlenmesi, rehabilitasyon, yetenek belirleme ve performans geliştirme konularında önemli bir role sahiptir.^{1,2}

Proprioseptif mekanizma klinik ortamda pasif hareketin algılanma eşiği, eklem pozisyonunun yeniden üretilmesi, kuvvet eşleşme, hamstring refleks kontraksiyon latansı, vibrasyon ölçümü, denge-stabilite testleri ve aktif hareket derecesi ayrımı (AMEDA) değerlendirmesi gibi çeşitli testler ile değerlendirilebilmektedir.³

Spor yaralanmalarının tedavisinde sık kullanılan soğuk ve sıcak uygulamaların propriosepsiyonu etkilediği bildirilmiştir. Birçok çalışma soğuk uygulamanın propriosepsiyon üzerindeki en önemli etkisinin sinir ileti hızını azaltması olduğunu öne sürmektedir.⁴⁻⁷ Bununla birlikte soğuk uygulamanın propriosepsiyon üzerinde olumsuz etkisi olmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır.⁸⁻¹¹ Sıcak uygulamaların özellikle efferent sinirlerin uyarılma eşiklerini düşürdüğü ve böylece sinir ileti hızını artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca golgi tendon organının da uyarılma eşiğinin düşmesi ve uyarılabilirliğinin artması ile iletim hızı artmaktadır ve kas spazmları çözülebilmektedir. Bu modalitelerin proprioseptif süreç üzerinde doğrudan etki mekanizması olması ve oldukça sık kullanılmasına rağmen eklemlerdeki proprioseptif duyu üzerine etkisini inceleyen çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.⁵

Germe egzersizleri, eklem hareket açıklığının artırılması amacı ile dış veya iç kuvvet ile uygulanan egzersizlerdir. Germe egzersizleri spor ve egzersizlerde ısınma ve soğuma periyotlarına eklenmekte ve koruyucu amaçlı olarak uygulanmaktadır.¹² Rehabilitasyonda da geniş kullanım alanı olan germe egzersizleri antrenman sonrası gecikmiş kas ağrısının azaltılması ve yaralanmaların önlenmesi için özellikle ısınma sırasında uygulanmaktadır. Dört çeşit temel germe egzersizi bulunmaktadır. Bunlar statik, dinamik, balistik ve proprioseptif nöromüsküler kolaylaştırma germedir.¹³ Golgi tendon organı ve kas içiği tendonda ve kasta yer alan kas boyundaki gerilimlere

karşı hassas mekanoreseptörlerdir. Germe egzersizleri ile kasın boyunda gerim meydana geldiği için ve aynı zamanda ısınma ile sinir ileti hızı arttığı için propriosepsiyon üzerinde olumlu etki sağlanabileceği düşünülmektedir.^{12,13} Germe egzersizlerinin propriosepsiyon üzerindeki etkilerini araştıran çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.¹⁴⁻¹⁶

Literatürde sıcak, soğuk ve germe uygulamalarının propriosepsiyon üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların sınırlı olması nedeniyle çalışmamızda sağlıklı popülasyonda sıcak, soğuk ve statik germe uygulamalarının eklem pozisyon hissi ile değerlendirilecek propriosepsiyon duyusu üzerindeki akut etkilerini belirlemeyi amaçladık. Araştırmanın hipotezi sıcak uygulama ve germe müdahalelerinin propriosepsiyon duyusunu iyileştireceği, soğuk uygulamanın ise propriosepsiyon duyusunu kötüleştireceği şeklindeydi.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

ARAŞTIRMA MODELİ

Bu klinik çalışma, randomize kontrollü bir çalışma olarak planlandı. Araştırma protokolü CONSORT yönergelerine göre tasarlandı (bkz. Deney Raporlarının Birleştirilmiş Standartları Kontrol Listesi (<http://www.consort-statement.org>)).

EVREN-ÖRNEKLEM

Bu çalışmaya 18-30 yaş aralığında toplam 60 sağlıklı gönüllü dâhil edildi. Çalışmaya dâhil edilme kriterleri; 18-30 yaş aralığında olmak, çalışmaya katılmayı kabul etmek ve “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu”nu onaylamaktı. Çalışmadan dışlanma kriterleri ise alt ekstremitede eklem hareket açıklığı (EHA) kısıtlılığı, alt ekstremitede şiddetli ağrı, hamilelik, diz cerrahisi geçmişi, periferik nöropati varlığı, duyu etkilenimine yol açabilecek nörolojik veya sistemik hastalık varlığı idi. Katılımcılar ile yapılan ilk görüşme sonucunda dâhil edilme kriterleri karşılayan 60 gönüllü sıcak grubu [heat group (HG)] (n=15), soğuk grubu (n=15), germe grubu (GG) (n=15) ve kontrol grubu (n=15) olmak üzere 4 gruba randomize edildi. Randomizasyon “Research Randomiser” web sitesi (<https://www.randomizer.org/>) üzerinden yapıldı. Çevrim içi programda her bir grup için rastgele

belirlenen numaralar katılımcıların görüşmeye geliş sırası ile eşleştirilerek katılımcıların dâhil edilecekleri gruplar belirlendi. Randomizasyon, değerlendirme ve müdahale yöntemlerine kör ve çalışma dışından bir araştırmacı tarafından yapıldı. Her bir gruptaki katılımcılar, diğer gruplardaki katılımcılardan farklı günlerde seansa alındılar ve kendi grupları dışındaki müdahale grupları hakkında detaylı bilgiye sahip değillerdi. Değerlendirmeler ve müdahaleler fizyoterapist tarafından uygulandı.

Örneklem büyüklüğü, G*Power 3.1.9.7 programı aracılığıyla 60°deki aktif eklem pozisyon duyusu (AEPD) testi kullanılarak hesaplandı. Gruplar arasındaki farkı belirlemek için yapılan öncelikli güç analizinde AEPD için ortalama değer 1,20 ve standart sapma değeri 0,94 alındığında (güç: 0,90, α : 0,05, etki büyüklüğü: 0,55) 4 grup için toplam örneklem 52 kişi olarak bulundu. Çalışmadan olası düşme oranı düşünülerek çalışmaya 60 kişi dâhil edildi.

VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Araştırmamızda katılımcılardan veri toplamak amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanan demografik bilgi formu, “Lysholm Diz Skorlama Ölçeği (LDSÖ)” ve “AEPD testi” kullanıldı.

Demografik Bilgi Formu

Bu bölümde katılımcıların yaş, boy, kilo, beden kitle indeksi, dominant bacak gibi demografik özellikleri takip formuna kaydedildi.

Lysholm Diz Skorlama Ölçeği

Araştırmaya dâhil olan katılımcıların dizlerindeki olası instabilite durumunu değerlendirmek için LDSÖ uygulandı. LDSÖ 8 durumu (kilitlenme, çömelme, ağrı, merdiven çıkma, dengesizlik, destek ve ödem) değerlendiren bir ölçektir. Toplam puan 0-100 arasındadır. Toplam puan 65'ten küçük ise zayıf, 65-83 arasında ise orta, 84-94 arasında ise kabul edilebilir, 95-100 arasında ise olağanüstü olarak değerlendirilir.¹⁷

AEPD Testi

Tüm katılımcılar için uygulamalar öncesinde ve sonrasında hem dominant taraf hem de non-dominant ta-

rafta diz eklemının eklem pozisyon hissi 0,1° duyarlılığa sahip bir dijital gonyometre (BASELINE® Digital Absolute+Axis goniometer; NY, USA) ile AEPD testi kullanılarak değerlendirildi.¹⁸ Diz proprioepsiyon değerlendirmesinde dijital gonyometrenin uygulayıcılar arası orta, uygulayıcı içi ise iyi-mükemmel güvenilirliğe sahip olduğu belirtilmiştir.¹⁹ AEPD ölçümü için 30°, 60°, 90° ve 120° hedef açılar olarak belirlendi ve katılımcılara öğretildi. Ardından katılımcılardan gözlerini kapatmaları istendi ve ekstansiyonda olan dizlerini söylenen hedef açığa kadar fleksiyona getirmeleri istendi. Hareket açısı katılımcıların uyluk ve bacak kısımlarına bantlar aracılığı ile sabitlenmiş olan dijital gonyometre üzerinden takip edildi. Katılımcı hedef açığa ulaştığında sözel olarak bildirmesi istendi ve belirlenen açının hedef açıdan sapma miktarı kaydedildi. Toplam 3 deneme yapıldı ve en iyi skor kaydedildi. Değerlendirmeler katılımcıların her iki dizine hedeflenen 4 açıda uygulandı. Aynı değerlendirmeler sıcak uygulama, soğuk uygulama ve germe uygulamasının bitiminde tekrar uygulandı (Resim 1).

ARAŞTIRMA YAYIN ETİĞİ

Bu çalışmanın hazırlanma ve yazım sürecinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş olup; toplanan veriler üzerinde



RESİM 1: Dijital gonyometre ile AEPD değerlendirilmesi

herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Çalışma için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 6 Ekim 2020 tarihli, 59491012-604.01.02 sayılı, A-47 karar numaralı etik kurul onayı alınmıştır. Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütüldü. Çalışma öncesinde katılımcılar çalışma ile ilgili yazılı ve sözlü olarak bilgilendirilerek onamları alındı.

VERİLERİN TOPLANMASI

Katılımcılar, 2 Kasım 2020-20 Kasım 2020 tarihleri arasında İstanbul Medipan Tıp Merkezi Fizik Tedavi Ünitesi'nde çalışmamıza dâhil olmak üzere davet edildi. AEPD testi müdahaleler öncesinde ve müdahaleler bitiminde olmak üzere toplam 2 defa uygulandı.

Sıcak grubundaki katılımcıların her iki dizine birer tane 10 dilimli 28 cm×39 cm boyutunda hot-pack (Chattanooga®) 5 kat havlu ile sarılarak 15 dk boyunca uygulandı. Soğuk grubundaki katılımcıların her iki dizine birer tane 15 cm×25 cm boyutunda cold pack (MSD®, ABD) kâğıt havlu ile sarılarak 15 dk boyunca uygulandı. GG'deki katılımcıların her iki ekstremitesi için hamstring ve quadriceps kaslarına statik germe yapıldı. Germeler 20 sn uygulandı ve her bir kas grubu için 3 sn dinlenme arası ile toplam 3 germe uygulandı. Quadriceps kasının gerilmesi, katılımcı ayakta ve bir eliyle duvardan destek alırken diğer elinin gerilen bacağın ayak bileğinden tutarak

kalçasına doğru yaklaştırması ile yapıldı. Hamstring kasının gerilmesi, katılımcının gerilecek bacağı sedyenin üzerindeyken uzun oturma pozisyonunda elleri ile sedyedeki ayağına doğru uzanması ile yapıldı (Resim 2).

VERİLERİN ANALİZİ

Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS versiyon 21.0 istatistik programı (SPSS inc., Chicago, Illinois, ABD) ile yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi, Kurtosis-Skewness değerleri ve histogram grafikleri ile değerlendirildi. Değerlendirme sonucunda verilerin yarısından fazlası normal dağılım göstermediği için non-parametrik testler kullanıldı. Grupların başlangıç verilerinin karşılaştırılmasında numerik veriler için "Kruskal-Wallis testi", kategorik veriler için ki-kare testi uygulandı. Her bir grup için uygulama sonrasında, uygulama öncesine göre meydana gelen değişimler "Wilcoxon işaretli sıra sayıları" testi ile belirlendi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi. Uygulamalar sonunda gruplarda meydana gelen değişimler "Kruskal-Wallis testi" ile karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilen sonuç ölçümlerinin "post-hoc" analizleri "Mann-Whitney U" testi ile yapıldı. "post-hoc" analizler için Bonferroni düzeltmesi yapılarak istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,008$ olarak belirlendi $[(n \times n-1)/2]$.²⁰

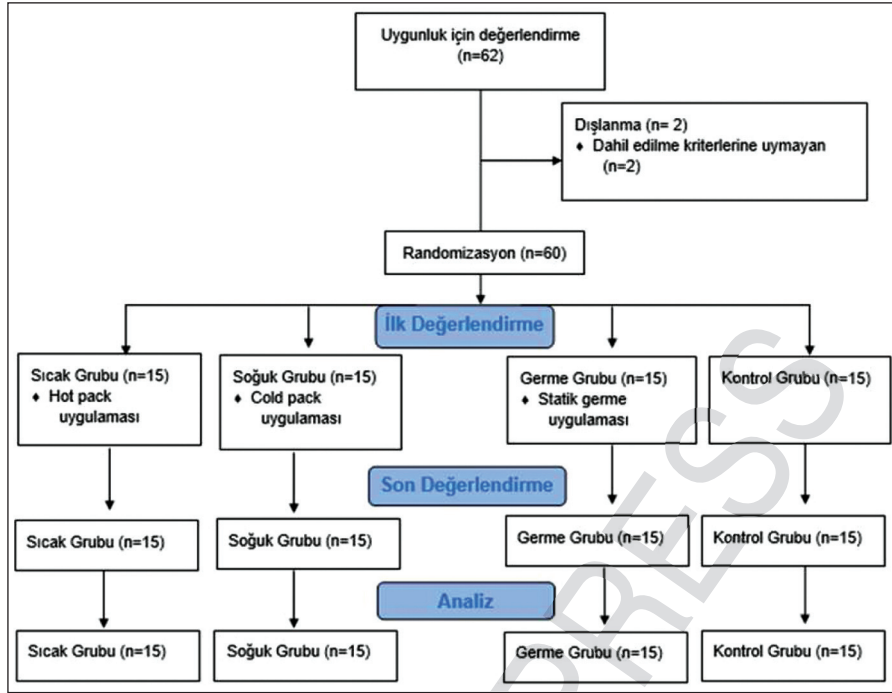
BULGULAR

Çalışma kadın ve erkek sayısı eşit olmak üzere toplam 60 birey ile tamamlandı (Şekil 1). Gruplardaki katılımcıların demografik verileri ve fiziksel özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 1).

Müdahaleler bitiminde, sağ diz için AEPD testiindeki grup içi değişimler incelendiğinde, Sıcak grubunda 30° ve 90°'de (sırasıyla $p=0,001$ ve $p=0,035$), GG'de 30° ve 90°'de (sırasıyla $p=0,027$ ve $p=0,008$) hedeflenen açıdan sapma miktarında anlamlı azalma bulundu. Soğuk grubunda 30° ve 90°'de (sırasıyla $p=0,006$ ve $p=0,031$) hedeflenen açıdan sapma miktarında anlamlı artış bulundu. Kontrol grubunda ise hedef açıların hiçbirisi için anlamlı değişim bulunmadı ($p>0,05$) (Tablo 2).



RESİM 2: A) Quadriceps kasi için statik germe uygulaması, B) Hamstring kasi için statik germe uygulaması



ŞEKİL 1: : Çalışma akış diyagramı

TABLO 1: Katılımcıların demografik ve fiziksel özellikleri

	HG median (minimum-maksimum)	CG median (minimum-maksimum)	GG median (minimum-maksimum)	Kontrol grubu median (minimum-maksimum)	p değeri
Yaş (yıl)	22 (18-29)	23 (18-29)	22 (19-29)	22 (18-29)	0,802*
Boy (cm)	167 (160-191)	170 (158-192)	170 (155-184)	170 (154-±184)	0,957*
BKİ (kg/m ²)	20,8 (17,7-25,6)	23,2 (17,7-29,4)	20 (16,8-26,5)	23,9(18,7-29,6=	0,51*
Cinsiyet(n) (K/E)	8/7	7/8	7/8	8/7	0,963*
Dominant taraf (sağ/sol)	11/4	15/0	11/4	15/0	0,802*
LDSÖ	100 (89-100)	95 (75-100)	100 (78-100)	100 (76-100)	0,505*

*Kruskal-Wallis testi; #ki-kare testi; p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi. BKİ: Beden kitle indeksi, LDSÖ: Lysholm Diz Skorlama Ölçeği; HG: Sıcak grubu (Heat group); CG: Soğuk grubu (Cold group); GG: Germe grubu

Sol diz için AEPD testindeki grup içi değişimler incelendiğinde, Sıcak grubunda 30° ve 120°'de (sırasıyla p=0,047 ve p=0,005), GG'de 30°, 60° ve 90°'de (sırasıyla p=0,004; p=0,015; p=0,027) hedeflenen açıdan sapma miktarında anlamlı azalma bulundu. Soğuk grubunda 30°, 60° ve 90°'de (sırasıyla p=0,008; p=0,005 ve p=0,007) hedeflenen açıdan sapma miktarında anlamlı artış bulundu. Kontrol grubunda ise hedef açıların hiçbirisi için anlamlı değişim bulunmadı (p>0,05) (Tablo 3).

Müdahaleler sonunda AEPD'nin gruplar arası karşılaştırmasında hem sağ diz için (sırasıyla

p<0,001; p=0,14; p<0,001) hem de sol diz için (sırasıyla p=0,001; p=0,14; p=0,002) 30°, 60° ve 90°'de gruplar arasında anlamlı fark bulundu. Sağ ve sol diz için 120°'deki AEPD ölçümünde ise gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p>0,05) (Tablo 4).

Grupların 2'li karşılaştırmasında HG'de, kontrol grubuna kıyasla sağ diz için 30°, 60° ve 90°'de AEPD'de anlamlı iyileşme bulundu (sırasıyla p<0,001; p=0,005; p=0,005). GG'de kontrol grubuna kıyasla sağ diz 30° ve sol diz 30°'de AEPD'de anlamlı iyileşme bulundu (sırasıyla p<0,001 ve p=0,004). Soğuk grubunda ise kontrol grubuna kıyasla sol diz

	30°			p değeri	60°			p değeri*	90°			p değeri*	120°			p değeri*
	ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	
Grup 1	2,4 (0,1-5,6)	0,50 (0,1-3,6)	0,60 (0,2-1,2)	0,001	2,4 (0,2-12)	0,60 (0,2-5)	0,60 (0,1-2,2)	0,078	1,4 (0,1-18)	0,60 (0,1-2,2)	0,60 (0,1-2,2)	0,035	1,5 (0,1-12,5)	0,5 (0,5-1)	0,124	
Grup 2	1,31±1,33	1,90 (0,7-6,6)	2,4 (0,4-8,9)	0,006	2,4 (0,4-8,9)	2,4 (0,4-8,9)	2,8 (1,8-3)	0,158	1,74±1,88	2,8 (0,4-8,9)	2,8 (1,8-3)	0,031	2±2,55	2,2 (0,3-8,4)	0,125	
Grup 3	2,8 (0,2-6,6)	0,5 (0,1-2,6)	2,7 (0-10)	0,027	2,7 (0-10)	1,2 (0,2-6,5)	0,80 (0,1-4,3)	0,103	4,6 (0,2-11)	0,80 (0,1-4,3)	0,80 (0,1-4,3)	0,008	3,1 (0,1-6,6)	1,4 (0,2-4,3)	0,096	
Grup 4	2,3 (0,1-7,5)	2,7 (0,8-6)	2,0 (0,3-5,9)	0,570	2,0 (0,3-5,9)	2,3 (0,5-4,9)	1,6 (0,4-6,3)	0,569	1,2 (0,2-7,5)	1,6 (0,4-6,3)	1,6 (0,4-6,3)	0,495	1,1 (0,2-4,9)	1,8 (0,5-4)	0,409	

*Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi; p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi (p<0,05); Grup 1: Sıcak grubu; Grup 2: Soğuk grubu; Grup 3: Germe grubu; Grup 4: Kontrol grubu; ÜÖ: Uygulama öncesi; US: Uygulama sonrası

	30°			p değeri*	60°			p değeri*	90°			p değeri*	120°			p değeri*
	ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)		ÜÖ median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	US median (minimum-maksimum)	
Grup 1	1,9 (0,5-6,6)	0,8 (0,1-3,8)	1,7 (0,4-10)	0,047	1,7 (0,4-10)	0,9 (0,1-6)	1,0 (0,1-7,5)	0,211	2,4 (0,2-10)	1,0 (0,1-7,5)	1,0 (0,1-7,5)	0,057	3,10 (0,5-5)	0,9 (0,3-3)	0,005	
Grup 2	0,7 (0,1-2,9)	2,6 (0,6-7)	2,0 (0,1-7,8)	0,008	2,0 (0,1-7,8)	3,3 (0,5-12,7)	5,3 (0,6-8)	0,005	2,2 (0,3-5,7)	5,3 (0,6-8)	5,3 (0,6-8)	0,007	1,1 (0,7-2)	2,9 (0,3-7,3)	0,088	
Grup 3	3,10 (0,1-5,6)	0,6 (0,1-3)	5,4 (0,4-7,6)	0,004	5,4 (0,4-7,6)	2,1 (0,2-6,4)	1,5 (0,5-8)	0,015	4,3 (0,4-8)	1,5 (0,5-8)	1,5 (0,5-8)	0,027	3,4 (0,5-10,2)	1,1 (0,1-9)	0,094	
Grup 4	1,9 (0,2-3,6)	1,8 (0,5-3,3)	1,5 (0,3-5)	0,608	1,5 (0,3-5)	1,7 (0,2-4,5)	1,9 (0,2-6,6)	0,306	1,8 (0,5-9,5)	1,9 (0,2-6,6)	1,9 (0,2-6,6)	0,393	2,8 (0,2-10)	2,5 (0,5-7,8)	0,776	

*Wilcoxon signed-rank test, p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi (p<0,05); Grup 1: Sıcak grubu; Grup 2: Soğuk grubu; Grup 3: Germe grubu; Grup 4: Kontrol grubu; ÜÖ: Uygulama öncesi; US: Uygulama sonrası; SS: Standart sapma;

TABLO 4: Uygulama sonrası sağ ve sol diz AEPD sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması

Sağ diz 30° p değeri*	Sağ diz 60° p değeri*	Sağ diz 90° p değeri*	Sağ diz 120° p değeri*	Sol diz 30° p değeri*	Sol diz 60° p değeri*	Sol diz 90° p değeri*	Sol diz 120° p değeri*
<0,001	0,14	<0,001	0,069	0,001	0,14	0,002	0,074

*Kruskal-Wallis testi; p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi (p<0,05)

TABLO 5: Uygulama sonrası sağ ve sol diz AEPD sonuçlarının ikili grup karşılaştırmaları

	Sağ diz 30° p değeri*	Sağ diz 60° p değeri*	Sağ diz 90° p değeri*	Sağ diz 120° p değeri*	Sol diz 30° p değeri*	Sol diz 60° p değeri*	Sol diz 90° p değeri*	Sol diz 120° p değeri*
Grup 1-4	<0,001	0,005	0,005	0,145	0,059	0,533	0,097	0,019
Grup 2-4	0,771	0,836	0,062	0,319	0,130	0,011	0,005	0,852
Grup 3-4	<0,001	0,044	0,130	0,771	0,004	0,468	0,575	0,340
Grup 1-3	0,587	0,197	0,546	0,119	0,835	0,261	0,493	0,236
Grup 2-3	<0,001	0,184	0,014	0,135	<0,001	0,068	0,005	0,493
Grup 1-2	<0,001	0,021	<0,001	0,011	0,011	0,007	0,002	0,015

*Mann Whitney-U testi; p: istatistiksel anlamlılık düzeyi (p<0,008). Grup 1: Sıcak grubu; Grup 2: Soğuk grubu; Grup 3: Germe grubu; Grup 4: Kontrol grubu; Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

için 90°'de AEPD'de anlamlı azalma bulundu (p=0,05). AEPD'de sıcak grubunda görülen iyileşme ile soğuk grubunda görülen azalma arasında sağ diz için 30° ve 90° (p<0,001), sol diz için 60° ve 90°'de (sırasıyla p=0,007 ve p=0,002) anlamlı fark vardı. AEPD'de GG'de iyileşme ile soğuk grubunda görülen azalma arasında sağ diz için 30°'de (p<0,001), sol diz için ise 30° ve 90°'de (sırasıyla p<0,001 ve p=0,005) anlamlı fark vardı. GG ile HG arasında ise AEPD'deki iyileşme açısından anlamlı fark yoktu (p>0,008) (Tablo 5).

TARTIŞMA

Çalışma sonunda sağlıklı bireylerde sıcak uygulama ve statik germenin akut olarak dizdeki propriosepsiyon duyusunda iyileşme sağladığı, soğuk uygulamanın ise akut olarak propriosepsiyon duyusunda azalma sağladığı bulundu.

Propriosepsiyon duyusu, mekanoreseptörler aracılığı ile algılanarak merkezi sinir sistemine taşınan uyarıların tümünü oluşturur ve değerlendirilmesi özellikle sporcu popülasyonda yaralanmaların önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Sporcularda propriosepsiyon duyusunda sağlanacak iyileşme, dengenin gelişmesine katkıda bulunarak atletik per-

formansı artırdığı gibi tekrar yaralanma riskini azaltır.^{1,2}

Literatürde ısınma egzersizlerinin propriosepsiyon üzerine etkilerini araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak doğrudan sıcak modalitelerin etkilerini araştıran çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.^{4,5,12,21} Özer ve ark. elit olmayan sporcularda diz eklemine 15 dk sıcak uygulaması sonunda dijital gonyometre ile değerlendirilen diz propriosepsiyonunun 45° ve 60°'de anlamlı olarak arttığını bildirmişlerdir.⁴ Akkaya, patellofemoral ağrısı olan kişilerde 20 dk sıcak uygulaması bitiminde diz propriosepsiyonunda 15°, 30°, 45° ve 60°'de anlamlı düzeyde iyileşme bildirmiştir.²¹ Lokal uygulamaların aksine sıcak ortam koşullarında yapılan 2 çalışmada ise ayak bileği propriosepsiyonunda azalma meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmalarda, vücut genelinde etkiler oluşturan hipertermi nedeniyle kastan gelen H refleksi amplitüdünün düşmesine bağlı olarak propriosepsiyonun kötüleştiği düşünülmüştür.^{22,23} Mevcut çalışmada, lokal sıcak uygulamasını içeren diğer çalışmalara paralel olarak uygulama sonunda diz eklemine özellikle diz fleksiyonunun ilk 90°'sinde propriosepsiyonda iyileşme olduğu belirlendi.

Literatürde soğuk uygulamaların proprioepsiyon üzerine etkileri ayak bileği, omuz ve diz gibi farklı eklemlerde incelenmiştir.^{6,7,11,24-26} Bununla birlikte soğuk uygulamanın dizde proprioepsiyon üzerine etkilerini araştıran az sayıda çalışmaya bulunmaktadır. Uchio ve ark. 15 dk soğuk uygulama sonunda diz eklemindeki sertliğin arttığını ve eklem pozisyon duyusunun azaldığını bildirmiştir.⁶ Benzer olarak Özer ve ark. sağlıklı bireylerde 15 dk soğuk uygulamanın diz eklemine 15°, 30°, 45° ve 60° da proprioepsiyonu anlamlı düzeyde azalttığını bildirmiştir.⁴ Alexander ve ark. diz eklemine 20 dk kırılmış buz uygulanmasının diz proprioepsiyonu ve dinamik stabilite üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.²⁷ Bununla birlikte Costello ve ark. sağlıklı bireylerde 30 dk soğuk suya daldırma sonucunda diz eklemi pozisyon hissinde değişim olmadığını öne sürmüşlerdir. Aynı çalışmada uygulama bitimi ile ölçüm arasında 5 dk'lık zaman farkı olduğu belirtilmiştir.²⁸ Literatüre göre diz eklemine soğuk uygulama yapıldıktan sonra proprioepsiyon duyusunun normale dönme süresinin yaklaşık 15 dk olduğu düşünüldüğünde bahsedilen çalışmada soğuk uygulamanın etkisi zamana bağlı olarak azalmış olabilir.²⁹ Bu çalışmadan farklı olarak proprioepsiyon duyusunda elde ettiğimiz değişim, değerlendirmelerin soğuk uygulamanın hemen bitiminde uygulanmasından kaynaklanmış olabilir. Ozmun ve ark. ise 20 dk'lık soğuk uygulaması sonunda 30°, 60° ve 90° de eklem pozisyon hissinde herhangi bir değişim olmadığını bildirmiştir.²⁶ Bahsedilen çalışmada proprioepsiyon duyusu oturur pozisyonda izokinetik cihaz ile belirli eklem hareket aralıklarının (90°-60°, 60°-30° ve 30°-0°) tekrarlanması yoluyla değerlendirilmiştir. Özellikle dizin ekstansiyona geldiği açılarda (60°-30° ve 30°-0°) hareket hızının yer çekiminden etkilenmiş olabileceği, bu nedenle yer çekiminin elimine edildiği bir pozisyonda yapılacak değerlendirmenin daha güvenilir olabileceği önerisinde bulunulmuştur.²⁶ Çalışmamızda, proprioepsiyon değerlendirmesi en sık kullanılan değerlendirme yöntemlerinden birisi olan belirli hedef açıların tekrarlanmasını ve hedef açıdan sapma miktarının dijital gonyometre ile ölçülmesini içeriyordu. Bu değerlendirmede sırtüstü pozisyonun tercih edilmesi olası yerçekimi etkisini ihmal ederek proprioepsiyonda meydana gelen değişimleri daha net olarak tespit etme imkânı sağlamış olabilir.

Germe egzersizleri ile eklem hareket açıklığında artma, kas esnekliğinde ve sportif performansta iyileşme, kas boyunca oluşan gerim ile kasta bulunan mekanoreseptörlerin uyarılabilirliklerinde artış ve buna bağlı olarak proprioepsiyonda iyileşme sağlanacağı öngörülmektedir.¹² Daha önce yapılan çalışmalarda genel olarak germe egzersizlerinin proprioepsiyon üzerinde olumlu etkiler sağladığını bildirmektedir.^{12,13,30} Ghaffarinejad ve ark. sağlıklı bireylerde hamstring (sırtüstü pozisyonda), quadriceps (yüzüstü pozisyonda) ve adduktor kas gruplarına 3 tekrarlı 30 sn. süreyle pasif olarak uyguladıkları statik germe ile elektrogonyometre ile değerlendirdikleri 45 derece diz fleksiyonu için proprioepsiyonda iyileşme olduğunu bildirmişlerdir.³⁰ Bununla birlikte Larsen ve ark. sağlıklı bireylerde quadriceps ve hamstring kaslarına 3 set halinde 30 sn boyunca sandalyeden destek alarak uyguladıkları statik germe sonunda, dijital gonyometre ile otururken 50° fleksiyonda ve yüzüstü pozisyonda 70° fleksiyonda değerlendirdikleri eklem pozisyon hissinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.³¹ Torres ve ark. ise quadriceps kasına 10 tekrarlı olarak 30 sn boyunca sandalye desteği ve pasif olarak gözlemci tarafından uygulanan statik germe sonunda izokinetik dinamometre ile 30° veya 70° de değerlendirdikleri eklem pozisyon hissinde herhangi bir değişim olmadığını bildirmişlerdir.³² Mevcut çalışmada elde edilen sonuç bu 2 çalışmadan farklı olmakla birlikte hem yöntem olarak hem de elde edilen sonuç açısından Ghaffarinejad ve ark.'nın çalışması ile benzerlik göstermektedir. Sandalye desteği yerine hamstring germesinin sırtüstü pozisyonda yapılması pelvis stabilitesini, quadriceps germesi yapılırken dik pozisyonda duvar gibi daha stabil bir düzlemden destek alınması katılımcılara daha stabil bir destek sağlayarak aktif germenin etkisini artırmış olabilir. Ayrıca benzer şekilde ölçümün elektronik gonyometre ile yapılması ve 45° yakın bir açı olarak 30° de proprioepsiyon artışı görülmesi uygulanan germe yönteminin ve ölçüm yöntemlerinin sonuçlar üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Literatürde sıcak ajanlar ile germenin proprioepsiyon üzerindeki etkilerini karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Daha çok ısınma egzersizleri ile germenin EHA ve esneklik üzerindeki etkilerinin

araştırıldığı görülmektedir.^{33,34} Bu nedenle çalışmamız diz AEPD üzerinde lokal sıcak uygulama ile statik germenin etkilerini karşılaştıran ilk randomize kontrollü klinik çalışma olma özelliğine sahiptir. Sonuçlarımız sıcak uygulama ile statik germenin diz proprioepsiyonunu iyileştirdiğini ve bu uygulamaların birbirine üstünlüğü olmadığını göstermiştir. Bu paralel etkinin görülmesinde, kasta elde edilen gerilimin kas içciklerinin tiksotropik özelliği nedeniyle kas reseptörlerinin proprioseptif girdisini iyileştirmesinin, sıcak uygulamanın ise sinir ileti hızlarını artırmasının rol oynadığını düşünüyoruz.^{4,35}

Çalışmamızda bazı limitasyonlar mevcuttu. İlk olarak çalışmamız sağlıklı ve sporcu olmayan bir örneklem ile gerçekleştirildiğinden sıcak, soğuk ve germe uygulamalarının sporculardaki proprioseptif mekanizma üzerindeki etkisi araştırılmadı. İkinci olarak AEPD müdahalelerin hemen ardından değerlendirildi, ancak AEPD üzerindeki etkilerin zamana göre değişimleri incelenmedi. Bir diğer limitasyon ise proprioepsiyon duyusu ile yakından ilişkili olan sportif performans içeren bir değerlendirmenin olmamasıydı. Bu nedenle gelecek çalışmalarda farklı spor branşları için sıcak, soğuk ve germe uygulamalarının proprioepsiyonun yanı sıra sportif performans üzerindeki kısa ve uzun vadedeki etkilerinin araştırılmasının literatüre katkı sağlayacağını düşünüyoruz.

SONUÇ

Çalışmanın sonuçları, sıcak uygulama ve statik germenin akut olarak diz eklemünde proprioepsiyon duyusunu iyileştirdiğini, soğuk uygulamanın ise

kötüleştirdiğini göstermiştir. Bu veriler sporcu popülasyona genellenirse de, lokal sıcak uygulama ve statik germenin diz proprioepsiyonunun iyileştirilmesinde uygulanabilecek yöntemler olduğunu ön görmektedir. Bu nedenle spor yaralanmalarının önlenmesinde sıcak ve germe uygulamalarının etkinliği artırılabilir. Özellikle proprioepsiyon ve dengeye yönelik egzersizleri içeren antrenmanlar/müsabakalarda olası yaralanmalar açısından soğuk uygulamanın proprioepsiyon üzerindeki negatif etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Umut Paksoy; **Tasarım:** Umut Paksoy, Mustafa Şahin; **Denetleme/Danışmanlık:** Mustafa Şahin, Ömer Can Göksu; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Umut Paksoy; **Analiz ve/veya Yorum:** Mustafa Şahin, Ömer Can Göksu, Tuğba Akgüller Eker; **Kaynak Taraması:** Tuğba Akgüller Eker, Umut Paksoy; **Makalenin Yazımı:** Umut Paksoy, Tuğba Akgüller Eker; **Eleştirel İnceleme:** Ömer Can Göksu, Mustafa Şahin, Tuğba Akgüller Eker; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Umut Paksoy; **Malzemeler:** Umut Paksoy.

KAYNAKLAR

1. Gidu DV, Badau D, Stoica M, Aron A, Focan G, Monea D, et al. The effects of proprioceptive training on balance, strength, agility and dribbling in adolescent male soccer players. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(4):2028. PMID: 35206215; PMCID: PMC8871985.
2. Yılmaz O, Soylu Y, Erkmen N, Kaplan T, Batalik L. Effects of proprioceptive training on sports performance: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024;16(1):149. PMID: 38965588; PMCID: PMC11225257.
3. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: a critical review of methods. *J Sport Health Sci*. 2016;5(1):80-90. PMID: 30356896; PMCID: PMC6191985.
4. Özer K, Altun M, Kaynak H, Karabulut N, Akseki D. The effects of local hot and cold applications on knee joint position sense in non-elite athletes: Experimental study. *Türkiye Klinikleri J Sports Sci*. 2022;14(2):135-41. doi:10.5336/sportsci.2021-86526
5. Kaynak H, Altun M, Özer M, Akseki D. Sporda propriozeption ve sıcak-soğuk uygulamalarla ilişkisi [Proprioception in sport and its relations with hot and cold applications]. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2015;10(1):10-35. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/370613>
6. Uchio Y, Ochi M, Fujihara A, Adachi N, Iwasa J, Sakai Y. Cryotherapy influences joint laxity and position sense of the healthy knee joint. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(1):131-5. PMID: 12589634.
7. Yıldız Z, Işıntaş M. Genç bireylerde soğuk uygulamanın eklem pozisyon hissi, deri sıcaklığı ve kas kuvveti üzerine etkisi [The effect of cold application on joint position sense, skin temperature, and muscle strength in young individuals]. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*. 2024;9(3):371-7. doi:10.61399/ikcusbfd.1432146
8. Furmanek MP, Slomka K, Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system. *Biomed Res Int*. 2014;2014:696397. PMID: 25478573; PMCID: PMC4244933.
9. Safavi-Farokhi Z, Bagheri R, Ziari A, Mohammadi R. The effect of cryotherapy on proprioception and knee extensor torque in healthy volunteers. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies*. 2021;8(2):e109475. doi:10.5812/MEJRH.109475
10. Marouvo J, Tavares N, Dias G, Castro MA. The effect of ice on shoulder proprioception in badminton athletes. *Eur J Investig Health Psychol Educ*. 2023;13(3):671-83. PMID: 36975403; PMCID: PMC10047308.
11. Wassinger CA, Myers JB, Gatti JM, Conley KM, Lephart SM. Proprioception and throwing accuracy in the dominant shoulder after cryotherapy. *J Athl Train*. 2007;42(1):84-9. PMID: 17597948.
12. Çelebi MM, Zergeroğlu AM. Isınma ve germe egzersizlerinin propriozeption ve denge üzerine etkisi [The effects of warm ups and stretching exercises on balance and proprioception]. *J Ankara Univ Fac Med*. 2017;70(2):83. doi:10.1501/Tip-fak_0000000969
13. Afonso J, Andrade R, Rocha-Rodrigues S, Nakamura FY, Sarmento H, Freitas SR, et al. What we do not know about stretching in healthy athletes: a scoping review with evidence gap map from 300 trials. *Sports Med*. 2024;54(6):1517-51. PMID: 38457105; PMCID: PMC11239752.
14. Mani E, Kirmizigil B, Tüzün EH. Effects of two different stretching techniques on proprioception and hamstring flexibility: a pilot study. *J Comp Eff Res*. 2021;10(13):987-99. PMID: 34231374.
15. Pradeep T, Solomon S, Aaron P. The influence of dynamic stretch of quadriceps, hamstrings and its combined stretch effect on knee joint position sense (JPS) in healthy adults. *Int J Multidiscip. Res. Dev*. 2016;3:50-4. https://www.researchgate.net/publication/309463457_The_influence_of_dynamic_stretch_of_quadriceps_hamstrings_and_its_combined_stretch_effect_on_knee_joint_position_sense_JPS_in_healthy_adults
16. Walsh GS. Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength. *Hum Mov Sci*. 2017;55:189-95. PMID: 28841537.
17. Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med*. 2009;37(5):898-901. PMID: 19307332.
18. Akseki D, Akkaya G, Erduran M, Pinar H. Patellofemoral ağrı sendromunda diz eklemine propriyosepsiyonu [Proprioception of the knee joint in patellofemoral pain syndrome]. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2008;42(5):316-21. Turkish. PMID: 19158451.
19. Priyaprasarth P, Morris ME, Winter A, Bialocerowski AE. The reliability of knee joint position testing using electrogoniometry. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9:6. PMID: 18211714; PMCID: PMC2263037.
20. Pallant J. *SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis Using IBM SPSS*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education (UK); 2013.
21. Akkaya MG. Patellofemoral ağrı sendromunda ısı uygulamasının dizin propriyoseptif düzeyine etkisi [Tiya uzmanlık tezi]. Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2009. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVlqqBuz1VkysVpueogAWu7NjHY6msZ45dq7-lc0gZlhlwAUEN9XYEzGSE_7ITH
22. Mtbaa K, Zarrouk N, Girard O, Ryu JH, Hautier C, Racinais S. Heat stress impairs proprioception but not running mechanics. *J Sci Med Sport*. 2019;22(12):1361-6. PMID: 31444035.
23. Mtbaa K, Thomson A, Nichols D, Hautier C, Racinais S. Hyperthermia-induced neural alterations impair proprioception and balance. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(1):46-53. PMID: 28863075.
24. Dover G, Powers ME. Cryotherapy does not impair shoulder joint position sense. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(8):1241-6. PMID: 15295747.
25. Hopper D, Whittington D, Davies J. Does ice immersion influence ankle joint position sense? *Physiother Res Int*. 1997;2(4):223-36. Erratum in: *Physiother Res Int* 1998;3(1):iii. Charter JD [corrected to Davies J]. PMID: 9408933.
26. Ozmun JC, Thieme HA, Ingersoll CD, Knight KL. Cooling does not affect knee proprioception. *J Athl Train*. 1996;31(1):8-11. PMID: 16558379; PMCID: PMC1318348.
27. Alexander J, Richards J, Attah O, Cheema S, Snook J, Wisdell C, et al. Delayed effects of a 20-min crushed ice application on knee joint position sense assessed by a functional task during a re-warming period. *Gait Posture*. 2018;62:173-8. PMID: 29554515.
28. Costello JT, Donnelly AE. Effects of cold water immersion on knee joint position sense in healthy volunteers. *J Sports Sci*. 2011;29(5):449-56. doi:10.1080/02640414.2010.544047
29. Ribeiro F, Moreira S, Neto J, Oliveira J. Is the deleterious effect of cryotherapy on proprioception mitigated by exercise? *Int J Sports Med*. 2013;34(5):444-8. PMID: 23041968.
30. Ghaffarinejad F, Taghizadeh S, Mohammadi F. Effect of static stretching of muscles surrounding the knee on knee joint position sense. *Br J Sports Med*. 2007;41(10):684-7. PMID: 17510229; PMCID: PMC2465159.
31. Larsen R, Lund H, Christensen R, Røgind H, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H. Effect of static stretching of quadriceps and hamstring muscles on knee joint position sense. *Br J Sports Med*. 2005;39(1):43-6. PMID: 15618341; PMCID: PMC1725022.
32. Torres R, Duarte JA, Cabri JM. An acute bout of quadriceps muscle stretching has no influence on knee joint proprioception. *J Hum Kinet*. 2012;34:33-9. PMID: 23486744; PMCID: PMC3590824.
33. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009;10:37. PMID: 19371432; PMCID: PMC2679703.
34. Henricson AS, Fredriksson K, Persson I, Pereira R, Rostedt Y, Westlin NE. The effect of heat and stretching on the range of hip motion*. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1984;6(2):110-5. PMID: 18806371.
35. Proske U, Morgan DL, Gregory JE. Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: a review. *Prog Neurobiol*. 1993;41(6):705-21. PMID: 8140258.