



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Genç futbolcularda eksantrik hamstring kırılma açısını değerlendirmek için kinovea'nın güvenilirliği üzerine metodolojik bir çalışma

¹Murat Koç , ²Barışcan Öztürk 

¹Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kayseri, Türkiye.

²Çukurova Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Adana, Türkiye.

Geliş Tarihi:

Mayıs 14, 2025

Kabul Tarihi:

Haziran 08, 2025

Yayınlanma Tarihi:

Haziran 11, 2025

Anahtar**Kelimeler:**

Kineova, Hareket Analizi, Nordic Hamstring Kırılma Açısı, Nordic Hamstring Egzersizi.

Keywords:

Kineova, Movement Analysis, Nordic Hamstring Breakpoint Angle, Nordic Hamstring Exercise.

Özet. Bu çalışma, Kinovea hareket analiz yazılımının saha tabanlı futbol ortamlarında Nordic Hamstring Egzersizi (NHE) sırasında Nordic Hamstring Kırılma Açısını (NHC°) ölçmedeki güvenilirliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmaya yaş ortalaması 16,91±0,64 yıl olan 72 lisanslı amatör futbolcu katılmıştır. NHC° ölçümleri, JASP (Sürüm 0.19.3) ile analiz edilmiş, tekrarlanan ölçümler ANOVA, korelasyonlar için Pearson r ve güvenilirlik analizleri için sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) kullanılmıştır. Bulgular, NHC° ölçümlerinin tüm deneme ve seanslarda yüksek iç tutarlılık (ICC = 0,898–0,983) ve güçlü korelasyonlar ($r = 0,846–0,974$; $p < ,001$) gösterdiğini ortaya koymuştur. ANOVA sonuçlarına göre ölçümler arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Sonuç olarak, Kinovea'nın NHC° ölçümünde yüksek güvenilirlik sunması, antrenör ve spor bilimcilerin sporcu performansını izlemesi ve hamstring sakatlıklarını önlemeye yönelik stratejiler geliştirmesi açısından pratik ve etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

A methodological study on the reliability of kinovea for assessing eccentric hamstring breaking angle in youth football players

Abstract. This study aimed to evaluate the reliability of the Kinovea motion analysis software in measuring the Nordic Hamstring Break Angle (NHC°) during the Nordic Hamstring Exercise (NHE) in field-based football environments. A total of 72 licensed amateur football players with a mean age of 16.91±0.64 years participated in the study. NHC° measurements were analyzed using JASP (Version 0.19.3). Repeated measures ANOVA was employed to assess differences across measurements, while Pearson correlation coefficients (r) were used to examine the strength of relationships between repeated trials. Intraclass correlation coefficients (ICC) were calculated to assess reliability. The findings revealed high internal consistency (ICC = 0.898–0.983) and strong correlations ($r = 0.846–0.974$; $p < .001$) across all trials and sessions. According to the ANOVA results, no significant differences were observed between measurements ($p > .05$), supporting the stability and reliability of the data. In conclusion, Kinovea demonstrated high reliability in measuring NHC° and appears to be a practical and effective tool for coaches and sports scientists to monitor athlete performance and develop strategies aimed at preventing hamstring injuries.

Giriş

Hamstring gerilme yaralanmaları, futbolcuları etkileyen en yaygın ve önemli kas-iskelet sistemi sorunları arasındadır ve genellikle antrenman ve müsabakadan önemli miktarda zaman kaybına yol açar (Street ve Kaminski, 2020). Futbolun, hızlı koşma, ani hızlanma ve hızlı yön değiştirme içeren dinamik yapısı göz önüne alındığında, hamstring kasları sıklıkla yüksek mekanik yüklenmelere maruz kalmaktadır (Ekstrand ve ark., 2023; Gronwald ve ark., 2022; Koç ve ark., 2024). Bu nedenle, eksantrik

hamstring gücünü hedefleyen etkili önleme stratejileri geliştirmek spor biliminde kritik bir odak noktası haline gelmiştir. Hamstring kaslarının güç ve kuvvetini artırmaya yönelik en önemli egzersizlerden biri Nordic Hamstring egzersizleridir (NHE). NHE eksantrik hamstring gücünü artırmak ve yaralanma riskini azaltmak için en etkili egzersizlerden biri olarak ortaya çıkmıştır. NHE'nin iniş fazında hamstring kaslarının yavaş ve kontrollü uzamasını sağlayarak hem kas gücünü hem de dayanıklılığı artıran nöromusküler adaptasyonları destekler (Medeiros ve ark., 2020; Vaczi ve ark., 2022). Sistematik incelemeler, NHE'nin düzenli antrenman

✉ M. Koç, e-mail: muratkoc@erciyes.edu.tr

Atıf: Koç, M., Öztürk, B. 2025. Genç futbolcularda eksantrik hamstring kırılma açısını değerlendirmek için kinovea'nın güvenilirliği üzerine metodolojik bir çalışma, Ulusal Kinesyoloji Dergisi. 6(1), 19-27.

programlarına entegre edilmesinin hamstring yaralanması azaltabileceğini ve özellikle futbol oyuncularını için kritik olan sprint hızı, yön değiştirme yeteneği ve genel atletik performansta iyileştirmelerle ilişkilendirilmiştir (Adıgüzel ve ark., 2024; Koç ve ark., 2025; van Dyk ve ark., 2019). NHE'nin önemli bir yönü ise, bir sporcunun artık inişi eksantrik olarak kontrol edemediği egzersiz sırasındaki belirli an olan kırılma noktası açısının (NHC°) değerlendirilmesidir. NHC°, hamstring kaslarının eksantrik güç kapasitesi ve sporcunun nöromusküler kontrolü hakkında önemli bilgiler sağlar (Soga ve ark., 2023). Bu nedenle, NHC°'nin doğru bir şekilde ölçülmesi hem yaralanma riskini hem de antrenman ilerlemesini değerlendirmek için önemlidir. Bununla birlikte, 3B hareket yakalama sistemleri gibi biyomekanik değerlendirme için geleneksel yöntemler genellikle pahalıdır, zaman alıcıdır ve yaygın kullanım için pratik değildir. Daha erişilebilir bir alternatif olarak, ücretsiz, açık kaynaklı 2D hareket analiz aracı olan Kinovea gibi programlar spor bilimi ve klinik ortamlarda popülerlik kazanmıştır (Kar ve ark., 2022; Moreno-Perez ve ark., 2022). Ayrıca yapılan çalışmalar, Kinovea'nın farklı vücut segmentleri

arasında eklem hareket açıklığı (ROM) ve hareket parametrelerini ölçmek için güvenilirliğini doğrulamıştır (Ali ve ark., 2015; Mohamed N. Khater ve Nabil, 2024).

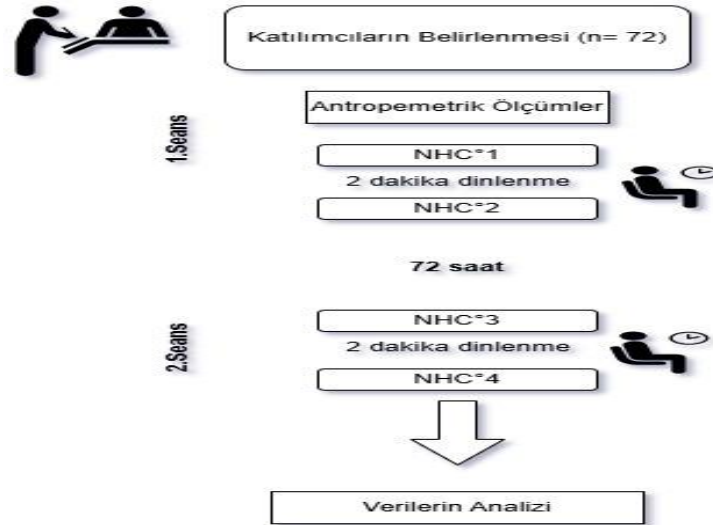
Bu bağlamda çalışmanın amacı, Kinovea yazılımının genç futbolcularda Nordic Hamstring Egzersizi sırasında ölçülen kırılma açısı (NHC°) açısından test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmektir.

Kinovea yazılımı ile ölçülen NHC° değerlerinin yüksek düzeyde güvenilirlik (ICC > 0.75) göstereceği öngörülmektedir (Koo ve Li, 2016).

Gereç ve Yöntem

Araştırma Dizaynı

Bu araştırma 2 seanstan oluşmaktadır. İlk seansa katılımcıların demografik ve antropometrik bilgileri ile 2 kez NHC° (NHC°1 ve NHC°2) testi uygulanmıştır. İlk seanstan 72 saat sonra aynı saatte NHC° (NHC°3 ve NHC°4) testi tekrar uygulanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma Dizaynı

Çalışma Grubu ve Katılımcı Sayısını Belirlenmesi

Katılımcı sayısı belirlenmesi G*Power 3.1 yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Beklenen ICC'nin 0,85, alfa düzeyinin 0,05 ve gücün 0,80 olduğu varsayılarak gerekli örneklem büyüklüğünün 21 katılımcı olduğu belirlendi (Bujang ve Baharum, 2017). Ek olarak Walter, Eliasziw ve Donner (1998) tarafından önerilen örneklem büyüklüğü hesaplama yöntemi temel alınarak (Walter et al., 1998); kabul edilebilir en düşük ICC değerinin 0.70, beklenen ICC değerinin 0.90, alfa düzeyinin 0.05 ve istatistiksel gücün %90 olduğu varsayıldığında, güvenilirlik analizinde en az 24 katılımcıya ihtiyaç duyulduğu

belirlenmiştir (Vancampfort et al., 2015). Ancak çalışmanın güvenilirliğini artırmak için bu çalışmaya 72 futbolcu dahil edilmiştir. Katılımcılardan ve yasal varislerinden gönüllü onam formu alınmıştır.

Tablo 1 incelendiğinde katılımcıların demografik ve antropometrik bilgileri görülmektedir. Katılımcıların yaş $16,91 \pm 0,64$ (yıl), boy uzunluğu $1,75 \pm 0,13$ (metre), vücut ağırlığı $67,51 \pm 8,77$ (kg), vücut kitle indeksi (VKİ) $22,53 \pm 9,23$ (kg/m²) ve spor yaşı $5,66 \pm 1,65$ (yıl) olmak üzere çalışmaya toplam 72 katılımcı dahil edilmiştir.

Tablo 1 Katılımcıların Demografik Bilgileri

Değişken	Yaş (yıl)	Boy uzunluğu (m)	Vücut ağırlığı (kg)	VKi (kg/m ²)	Spor yaşı (yıl)
n	72	72	72	72	72
$\bar{x} \pm Ss$	16.91±0.64	1.75±0.13	67.51±8.77	22.53±9.23	5.66±1.65
%95CI	[16.76-17.06]	[1.72-1.78]	[65.45-69.57]	[20.36-27.70]	[5.27-6.05]
95% CI: %95 Güven Aralığı					

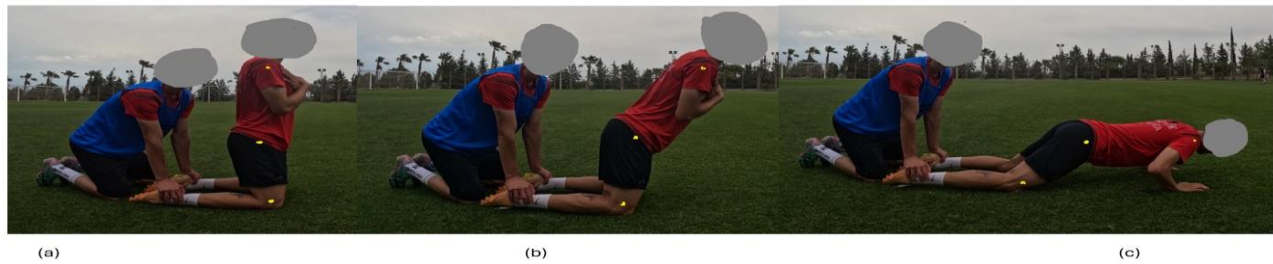
Isınma Protokolü

İlk olarak alt ekstremite germe egzersizleri ve üç dakika yürüme içeren ısınma yapılmıştır. Daha sonra Nordic hamstring testleri uygulanmıştır.

Nordic Hamstring Kırılma Açısı Testi (NHC°)

Katılımcılar mat üzerinde Nordic hamstring testinin iki tekrarını gerçekleştirdi. Diz çökmüş bir pozisyonda, uzman bir araştırmacı tarafından kalça, omuz, diz eklemlerinin lateraline ve lateral malleolusa dört LED işaretleyici takıldı. Katılımcılara omuz, kalça ve diz eklemlerini düz bir çizgide tutmaları talimatı verildi ve hareket boyunca bu pozisyonu sabit tutmaya çalışmaları istendi. Araştırmacı tarafından ayak bilekleri sabitlendi. Daha sonra, katılımcı yer çekimi kuvvetine artık dayanamayana ve düşmeye başlayana kadar öne doğru düşmeleri talimatı verildi (Şekil 2) (Sadri-Aghdam ve ark., 2020). Bu prosedür (denemeler

arasında iki dakikalık dinlenmeyle iki denemede) horizontal düzlemde katılımcıda iki metre uzaklıkta, 90 cm yükseklikte sabit tripoda konumlandırılmış olan Apple iPhone 15+ kamerasıyla [720p çözünürlükte ve saniyede 240 kare hızında (fps)] kaydedilmiştir. Videolar kaydedildikten sonra, veriler açıları ve mesafeleri elde etmedeki geçerliliği ve güvenilirliği bulunan (Puig-Divi ve ark., 2019) Kinovea [sürüm 2023.1] yazılımına aktarıldı. Bu program video dosyasındaki LED işaretleyicileri algılayarak ve eklem koordinatlarını çıkarmıştır. Tüm analizler bu programı daha önce kullanmış olan alan deneyimli bir araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Analizde koordinatlara göre eklem açısı ve hız diyagramları çizilerek hızın 10°/saniyeden büyük olduğu nokta NHC° olarak kabul edilmiştir (Lee ve ark., 2017; Sadri-Aghdam ve ark., 2020). Ayrıca körleme süreci için videolar rastgele kodlanarak analiz edilmiştir.



Şekil 2. Nordic Hamstring Kırılma Açısı Testi

a başlangıç pozisyonunu, b orta nokta pozisyonunu ve c bitiş pozisyonunu gösterir ve kırılma noktası açısını belirtir.

Verilerin Analizi

Tüm istatistiksel analizler JASP (Sürüm 0.19.3) kullanılarak yapılmıştır (Team, 2025). Verilerin dağılımı için basıklık çarpıklık katsayıları incelenmiş ve verilerin normal dağılım göstermiştir (Uysal ve Kılıç, 2022). Elde edilen veriler ortalama (\bar{x}) ve

standart sapma ($\pm Ss$) olarak gösterilmiştir. Tekrarlanan denemeler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü belirlemek için Pearson r değerleri kullanılırken, denemeler ve seanslar arasında güvenilirlik derecesini ölçmek için sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) kullanılmıştır (çift yönlü karışık etki modeli, mutlak uyum). Denemeler ve

seanslar arasında elde edilen NHC° ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığını incelemek için tekrarlanan ölçümler ANOVA ile gerçekleştirilmiştir. Korelasyon katsayılarının gücü ise geleneksel eşik değerlere göre yorumlanmıştır. Sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC)

değerleri; < 0.50 ‘zayıf’, 0.50–0.75 ‘orta’, 0.75–0.90 ‘iyi’ ve > 0.90 ‘mükemmel’ güvenilirlik düzeyi olarak sınıflandırılmıştır (Koo ve Li, 2016). Tüm testler için anlamlılık düzeyi $p < ,05$ olarak alınmıştır.

Bulgular

Tablo 2. NHC° Ölçümlerine İlişkin Güvenilirlik Göstergeleri: ICC ve Tekrarlı ANOVA Sonuçları

Değişken	$\bar{x} \pm Ss$	%95 CI	ICC [95% CI]	Anova		
				F	p	η_p^2
NHC°1	50.22±9.92	47.88- 52.55	0.929 [0.888-0.956]	2.406	0.125	0.033
NHC°2	51.14±9.86	48.82- 53.45				
NHC°3	50.94±8.67	48.90- 52.98	0.983 [0.972-0.989]	0.127	0.723	0.002
NHC°4	51.04±8.99	48.93- 53.15				
Birinci seans ortalama NHC°	50.68±9.56	48.46- 52.92	0.965 [0.944-0.978]	0.636	0.428	0.009
İkinci seans ortalama NHC°	50.99±8.75	48.94- 53.05				
NHC° (1-2-3-4)	51.01±8.64	48.98- 53.04	0.898 [0.858-0.930]	1.417	0.239	0.020

NHC°: Nordic Hamstring Kırılma Açısı, **ICC:** İç Tutarlılık Katsayısı, **95%CI:** %95 Güven Aralığı, **η_p^2 :**Etki Büyüklüğü

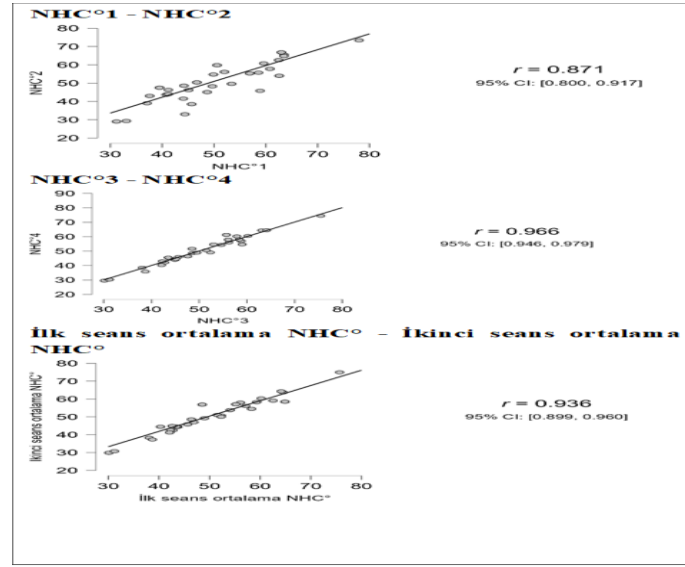
Tablo 3. NHC° Ölçümlerine İlişkin Korelasyon Katsayıları

Değişken	NHC°1	NHC°2	NHC°3	NHC°4	Birinci seans ortalama NHC°	İkinci seans ortalama NHC°
NHC°1	-					
NHC°2	$r = 0.871^*$	-				
NHC°3	$r = 0.846^*$	$r = 0.882^*$	-			
NHC°4	$r = 0.886^*$	$r = 0.974^*$	$r = 0.966^*$	-		
Birinci seans ortalama NHC°	$r = 0.967^*$	$r = 0.965^*$	$r = 0.893^*$	$r = 0.961^*$	-	
İkinci seans ortalama NHC°	$r = 0.874^*$	$r = 0.936^*$	$r = 0.991^*$	$r = 0.992^*$	$r = 0.936^*$	-

* $p < ,001$ **NHC°:** Nordic Hamstring Kırılma Açısı

Tablo 2 incelendiğinde seanslar ve denemelerde NHC° güvenilirlik analizi güçlü bir tutarlılık göstermiştir. Sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) tüm karşılaştırmalar için mükemmeldi. NHC°1 ve NHC°2 için ICC = 0,929 (95% CI [0,888–0,956]) mükemmel düzeyde, NHC°3 ve NHC°4 için ICC = 0,983 (95% CI [0,972–0,989]) mükemmel düzeyde ve seans ortalamaları için ICC = 0,965 (95% CI [0,944–0,978]) mükemmel düzeyde güvenilir olarak bulunmuştur (ICC > 0,90). NHC° (1-2-3-4) ise iç tutarlılık korelasyon katsayısı iyi düzeyde güvenilir olarak bulunmuştur ($0,75 \leq ICC \leq 0,90$). Ayrıca, tekrarlanan ölçümler ANOVA'a sonuçlarına göre tüm NHC°'ler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Bu sonuçlar, Nordic Hamstring Egzersizi sırasında Kinovea ile ölçülen kırılma noktası açısının, futbolcularda denemeler ve seanslar arasında mükemmel test-tekrar test güvenilirliği ve yüksek iç tutarlılık gösterdiğini göstermektedir. Etki büyüklükleri ise NHC° (1-2-3-4) ve NHC°1- NHC°2 arasında küçük, seans ortalamaları ve NHC°3-NHC°4 arasında çok küçük olarak bulunmuştur.



Şekil 3. NHC°lerin Korelasyonları gösteren Q-Q plot eğrisi

Tablo 3 incelendiğinde NHC°1 ile NHC°2 ($r = 0,871$, $p <,001$), NHC°1 ile NHC°3 ($r = 0,846$, $p <,001$) ve NHC°1 ile NHC°4 ($r = 0,886$, $p <,001$) yüksek oranda ilişkilidir. Benzer şekilde, NHC°2 ile NHC°3 ($r = 0,882$, $p <,001$) güçlü korelasyonlar bulunurken en yüksek ilişki NHC°2 ile NHC°4 ($r = 0,974$, $p <,001$) arasında bulundu. NHC°3 ile NHC°4 de çok yüksek bir korelasyon gösterdi ($r = 0,966$, $p <,001$). Seans ortalamaları arasındaki korelasyon da mükemmeldi ($r = 0,936$, $p <,001$), bu da NHC° ölçümlerinin yüksek iç tutarlılığını ve zamansal kararlılığını göstermektedir ($ICC > 0,9$) (Şekil 3).

Tartışma ve Sonuç

Futbol, oyuncuların rakiplerine karşı avantaj elde etmek için kullandıkları sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi kısa, yüksek yoğunluklu eylemlerle karakterize edilen bir takım sporudur (Barnes ve ark., 2014). Böylesi yüksek yoğunluklu aktivitelerin gerçekleştirilmesinde alt ekstremitte kas aktivasyonları önem arz etmektedir. Özellikle hızlanma, yavaşlama ve yön değiştirme gibi aksiyonlarda hamstring kaslarının aktivasyonu artmaktadır (Bishop ve Spencer, 2004). Maç performansına doğrudan etki edebilen hamstring kasları futboldaki tüm yaralanmaların %50'sini oluşturabilmektedir (Aguilera-Castells ve ark., 2021; Pedersen ve ark., 2020). Bu kaslarda meydana gelebilecek yaralanma riskinin azaltılıp, kassal performansının artırılması için birçok egzersiz modifikasyonları kullanılmaktadır (Hasebe ve ark., 2020; Petersen ve ark., 2011). Bunlardan biri de Nordic Hamstring egzersizleridir. Yapılan araştırmalarda NHE egzersizlerinin yaralanma

oranlarında önemli düzeyde düşüş ile ilişkilendirilmiştir (Bourne ve ark., 2018; Cadu ve ark., 2022; van der Horst ve ark., 2015; Van Dyk ve ark., 2017). Hem yaralanma düzeyini azaltıp hem de fiziksel performansı artırma hususundaki etkisi göz önüne alındığında NHE egzersizleri sporcuların ekzantrik kuvvet düzeylerini geliştirme de yaygın olarak kullanılabilen bir egzersiz modülasyonu olmaktadır (Cadu ve ark., 2022; Chebbi ve ark., 2022; Khan ve ark., 2023). Pratik bir şekilde uygulanan egzersizdeki önemli nokta, sporcunun uygulama sırasında ekzantrik olarak hareketi sürdürmediği andır (Krommes ve ark., 2021; Monajati ve ark., 2017). Sporcunun erişebildiği kadar hareketi sürdürme açısı ekzantrik kuvvetinin arttığını ifade etmektedir. Bu açı, hamstring kaslarının ekzantrik güç kapasitesi ve sporcunun nöromusküler kontrolü hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Soga ve ark., 2023). Bu nedenle, NHC°'nin doğru bir şekilde ölçülmesi hem yaralanma riskini hem de atletik performansın geliştirilmesini değerlendirmek için önemlidir. Bu bağlamda bu araştırma video analiz yöntemiyle değerlendirilen NHC°'nin güvenilirliğini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Sporcuların optimal performans gelişimi için ilgili performans parametrelerinin doğru değerlendirilmesinde önemli bir parametre ölçüm güvenilirliğidir. Tekrarlı bir şekilde yapıldığında benzer ölçümlere sahip olmak sporcuların performansını doğru değerlendirilip, buna göre antrenman programlarının oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır (Lv ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2022). Araştırmalar, ölçümler arası güvenilirlikte birçok faktörün (değerlendirici, ölçüm aracı, ölçüm

karmaşıklığı) yer aldığını, video analizleri ile yapılan ölçümlerin daha objektif sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (Aparicio-Sarmiento ve ark., 2022; Gong ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2022). Araştırma kapsamında ele alınan NHE egzersizi sırasında meydana gelen kırılma açısının doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi, sporcuların kas fonksiyonlarını optimize etme ve rehabilitasyon süreçlerini yönlendirme açısından kritik rol oynamaktadır. Video tabanlı değerlendirme tekniklerinin, erişilebilirlikleri, güvenilir veri toplama potansiyelleri ve yüksek güvenilirliği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Lee ve ark., (2017) yaptıkları araştırmada video tabanlı yaklaşımların güvenilirliğinin altını çizerek, NHC° ile eksenrik hamstring kuvveti arasında güçlü korelasyonlar olduğunu göstermektedir (ICC = 0,97; $r^2 = 0,65$) (Lee ve ark., 2017). Soga ve ark., (2023) NHE egzersizleri sırasında kırılma açısını otomatik olarak hesaplayan, mobil uygulamasının tekrarlı ölçümlerde yüksek oranda güvenilir (ICC = 0,97, $p < 0,001$) sonuçlar verdiğini saptamıştır (Soga ve ark., 2023). Vercelli ve ark., (2020) yaptıkları araştırmada ise video tabanlı mobil uygulama programının değerlendirmelerin gelişmiş sistemlerle benzer (ICC= 0,89, 95% CI, 0,84–0,92) sonuçlar verdiğini saptamıştır (Vercelli ve ark., 2020). Miralles-Iborra ve ark., (2022) NHC° ile diğer güç ölçümleri arasında bir korelasyon kurarak, video analizinin (Blender 2.89) güvenilirliği artırdığını ve hem antrenörler hem de klinik uzmanları için kritik olan biyomekanik anlayışı zenginleştirdiğini öne sürmüştür (Miralles-Iborra ve ark., 2023). Kinovea yazılımıyla açısal ölçümlerin üzerine yapılan çalışmalarda yüksek geçerlilik ve güvenilirlik sağladığını bildirmiştir (Mohomed et al., 2024; Puig-Divi ve ark., 2019). NHE egzersizi sırasında değerlendirilecek olan kırılma açısı doğrudan değerlendirme yöntemlerine de (EMG, İzokinetik dinamometre, morfolojik değerlendirmeler vb.) ek olarak uygulandığı takdirde hamstring performansını değerlendirme de daha efektif sonuçlara zemin hazırlayabileceği ön görülmektedir. Gürühan ve ark., (2020) yaptıkları araştırmada eksenrik kasılmalar sırasında kas aktivasyonunun kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için yapılan değerlendirmelerin video analizleri ile desteklenmesinin ölçümlerin daha doğru değerlendirmesine zemin hazırlayacağını ifade etmiştir (Guruhan ve ark., 2021). Benzer şekilde Ditroilo ve ark., (2013) yaptıkları araştırmada kas aktivasyonunda EMG datalarının değerlendirilmesinde alternatif olarak NHE egzersizindeki kırılma açısının da kas aktivasyon modellerini oluşturmada etkili olduğunu saptamıştır (Ditroilo ve ark., 2013).

Video tabanlı analizdeki bu metodolojik gelişmeler çeşitli atletik bağlamlarda performans

değerlendirmesine yönelik yaklaşımımızın uygulanabilirliğini desteklemektedir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre ücretsiz yazılım programı olan Kinovea video analizi ile değerlendirilen genç futbolcularda NHC°'nin yüksek düzeyde güvenilir olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda sporcuların hamstring ekzantrik kas kuvvetinin doğru bir şekilde sahada değerlendirilip atletik performans unsurlarını geliştirecek antrenmanların dizaynı da kullanılabilirliği, ayrıca tutarlı bir şekilde sakatlanma yatınlıklarının da değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Kinovea ile gerçekleştirdiğimiz NHC° ölçümlerimizde ulaşılan iç tutarlılık katsayılarında mükemmel uyum aralığında olması, Kinovea ile NHC° ölçümünün yalnızca bilimsel değil, aynı zamanda antrenman planlamasında ve saha içi uygulamalarda güvenilir bir parametre olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Ölçümlerin daha objektif ve tutarlı olması için analizler farklı değerlendiriciler tarafından yapılabilir.

Sınırlıklar;

NHE egzersizindeki kırılma açısının video analizi ile değerlendirilmesi umut verici olsa da bu süreçte dikkatli olunmalıdır. Video çekimi sırasında denekle olan mesafe, aydınlatma koşulları, kamera açıları ve video yakalama ekipmanının çözünürlüğü gibi faktörler, toplanan ölçümlerin güvenilirliğini etkileyebilir (Fang, 2021; Hoenig ve ark., 2024). Ayrıca analizlerin tek bir değerlendirici tarafından yapılmıştır.

Finansal Kaynak

Bu araştırma herhangi bir finansal destek almamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Etik Kurul Raporu

Araştırma Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Etik Kurulu tarafından 18.04.2025 tarihinde onaylanmıştır (Toplantı Sayısı:154; Karar No:86). Çalışma Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

Yazarların Katkısı

Çalışma Tasarımı: MK, BÖ
Veri Toplama: MK, BÖ
İstatistiksel Analiz: MK, BÖ
Makale Hazırlama: MK, BÖ
Finansman Edinimi: MK, BÖ

Kaynaklar

- Adıgüzel, N. S., Koç, M., Öztürk, B., Engin, H., Karaçam, A., Canlı, U., Orhan, B. E., ve Aldhahi, M. I. (2024). The Effect of the Nordic Hamstring Curl Training Program on Athletic Performance in Young Football Players. *Applied Sciences*, 14(22), 10249. <https://doi.org/10.3390/app142210249>
- Aguilera-Castells, J., Busca, B., Arboix-Alio, J., Miro, A., Fort-Vanmeerhaeghe, A., ve Pena, J. (2021). sEMG Activity in Superimposed Vibration on Suspended Supine Bridge and Hamstring Curl. *Frontiers in Physiology*, 12, 712471. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712471>
- Ali, M. F., El-Raheem, R. M. A., ve Kamel, R. M. (2015). Reliability of Using Kinovea Program in Measuring Dominant Wrist Joint Range of Motion. *Trends in Applied Sciences Research*, 10(4), 224-230. <https://doi.org/10.3923/tasr.2015.224.230>
- Aparicio-Sarmiento, A., Hernandez-Garcia, R., Cejudo, A., Palao, J. M., ve Sainz de Baranda, P. (2022). Reliability of a Qualitative Instrument to Assess High-Risk Mechanisms during a 90 degrees Change of Direction in Female Football Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4143. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074143>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., ve Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095-1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Bishop, D., ve Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 44(1), 1-7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15181383>
- Bourne, M. N., Timmins, R. G., Opar, D. A., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C., Williams, M. D., ve Shield, A. J. (2018). An Evidence-Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Sports Medicine*, 48(2), 251-267. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0796-x>
- Bujang, M. A., ve Baharum, N. (2017). Guidelines of the minimum sample size requirements for Kappa agreement test. *Epidemiology, biostatistics, and public health*, 14(2). <https://doi.org/10.2427/12267>
- Cadu, J. P., Goreau, V., ve Lacourpaille, L. (2022). A Very Low Volume of Nordic Hamstring Exercise Increases Maximal Eccentric Strength and Reduces Hamstring Injury Rate in Professional Soccer Players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(8), 1061-1066. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0445>
- Chebbi, S., Chamari, K., Van Dyk, N., Gabbett, T., ve Tabben, M. (2022). Hamstring Injury Prevention for Elite Soccer Players: A Real-World Prevention Program Showing the Effect of Players' Compliance on the Outcome. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(5), 1383-1388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003505>
- Ditroilo, M., De Vito, G., ve Delahunt, E. (2013). Kinematic and electromyographic analysis of the Nordic Hamstring Exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(5), 1111-1118. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.05.008>
- Ekstrand, J., Hallen, A., Marin, V., ve Gauffin, H. (2023). Most modifiable risk factors for hamstring muscle injury in women's elite football are extrinsic and associated with the club, the team, and the coaching staff and not the players themselves: the UEFA Women's Elite Club Injury Study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 31(7), 2550-2555. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07429-5>
- Fang, W. (2021). Research on detection and tracking technology of moving objects in sports video based on data mining. *Journal of Physics: Conference Series*, 1982(1), 012124. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1982/1/012124>
- Gong, B., Cui, Y., Gai, Y., Yi, Q., ve Gomez, M. A. (2019). The Validity and Reliability of Live Football Match Statistics From Champdas Master Match Analysis System. *Frontiers in Physiology*, 10, 1339. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01339>
- Gronwald, T., Klein, C., Hoenig, T., Pietzonka, M., Bloch, H., Edouard, P., ve Hollander, K. (2022). Hamstring injury patterns in professional male football (soccer): a systematic video analysis of 52 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 56(3), 165-171. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104769>
- Guruhan, S., Kafa, N., Ecemis, Z. B., ve Guzel, N. A. (2021). Muscle Activation Differences During Eccentric Hamstring Exercises. *Sports Health*, 13(2), 181-186. <https://doi.org/10.1177/1941738120938649>
- Hasebe, Y., Akasaka, K., Otsudo, T., Tachibana, Y., Hall, T., ve Yamamoto, M. (2020). Effects of Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in High School Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Medicine*, 41(3), 154-160. <https://doi.org/10.1055/a-1034-7854>
- Hoenig, T., Rahlf, L., Wilke, J., Krauss, I., Dalos, D., Willwacher, S., Mai, P., Hollander, K., Fohrmann, D., Krosshaug, T., ve Gronwald, T. (2024). Appraising the Methodological Quality of Sports Injury Video Analysis Studies: The QA-SIVAS Scale. *Sports Med*, 54(1), 203-211. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01907-z>
- Kar, B. C., Kumar, A., ve Kar, B. R. (2022). Cognitive Mechanisms Underlying Sports Performance of Athletes Engaged in Strategic Team Sports. <https://doi.org/10.31234/osf.io/rh8z5>

- Khan, M. A., Suhaimi, S. A., ve Ahmadi, F. A. (2023). Determining the role of Nordic hamstring exercises in preventing hamstring injuries in soccer players: A narrative review. <https://doi.org/10.22271/kheljournal.2023.v10.i3c.2945>
- Koç, M., Adıgüzel, N. S., Öztürk, B., Engin, H., Karaçam, A., Canli, U., Orhan, B. E., Prieto-González, P., Sagat, P., ve Perez, J. (2025). Impact of Nordic hamstring breaking point angle on football player performance. *PeerJ*, 13, e19275. <https://doi.org/10.7717/peerj.19275>
- Koç, M., Öztürk, B., Dişçeken, O., Engin, H., ve Uzunca, C. (2024). A comparison of performance parameters varying by playing positions of U-18 football players. *Spormetre The Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 22(4), 27-37. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1436446>
- Koo, T. K., ve Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of chiropractic medicine*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Krommes, K., Jakobsen, M. D., Bandholm, T., Andersen, L. L., Zebis, M., Shield, A., Holmich, P., ve Thorborg, K. (2021). Cross-sectional Study of EMG and EMG Rise During Fast and Slow Hamstring Exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy* 16(4), 1033-1042. <https://doi.org/10.26603/001c.25364>
- Lee, J. W. Y., Li, C., Yung, P. S. H., ve Chan, K. M. (2017). The reliability and validity of a video-based method for assessing hamstring strength in football players. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 15(1), 18-21. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.04.001>
- Lv, C. H., Li, J. F., ve Tian, J. (2021). Key Frame Extraction for Sports Training Based on Improved Deep Learning. *Scientific Programming*, 2021(1), 1016574. <https://doi.org/10.1155/2021/1016574>
- Medeiros, D. M., Marchiori, C., ve Baroni, B. M. (2020). Effect of Nordic Hamstring Exercise Training on Knee Flexors Eccentric Strength and Fascicle Length: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 482-491. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0388>
- Miralles-Iborra, A., Elvira, J., Urban, T., Calado, A., Del Coso, J., ve Moreno-Pérez, V. (2023). Agreement between isokinetic eccentric hamstring strength, Nordic hamstring strength and Nordic break-point angle in a sample of trained and healthy individuals. *European Journal of Sport Science*, 23(2), 155-164. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2014984>
- Mohamed N. Khater, M. S., ve Nabil. (2024). Reliability of Kinovea Program in Measuring Knee Joint Range of Motion. *The Medical Journal of Cairo University*, 92(03), 215-221. <https://doi.org/10.21608/mjcu.2024.353109>
- Mohomed, N. K., Nabil, M. A.-A., ve Ibrahim, P. D. A. H. (2024). Reliability of Kinovea Program in Measuring Knee Joint Range of Motion. *The Medical Journal of Cairo University*, 92(03), 215-221. <https://doi.org/10.21608/mjcu.2024.353109>
- Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Goss-Sampson, M., ve Naclerio, F. (2017). Analysis of the Hamstring Muscle Activation During two Injury Prevention Exercises. *Journal Human Kinetic*, 60, 29-37. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0105>
- Moreno-Perez, V., Campos-Vazquez, M. A., Toscano, J., Sotos-Martinez, V. J., Lopez-Del Campo, R., Resta, R., ve Del Coso, J. (2022). Influence of the Weekly and Match-play Load on Muscle Injury in Professional Football Players. *International Journal of Sports Medicine*, 43(9), 783-790. <https://doi.org/10.1055/a-1533-2110>
- Pedersen, H., Saeterbakken, A. H., Vagle, M., Fimland, M. S., ve Andersen, V. (2020). Electromyographic comparison of flywheel inertial leg curl and nordic hamstring exercise among soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(1), 97-102. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0921>
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jorgensen, E., ve Holmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 39(11), 2296-2303. <https://doi.org/10.1177/0363546511419277>
- Puig-Divi, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., ve Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PloS one*, 14(6), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Sadri-Aghdam, N., Rezaei, M., Azghani, M. R., Ghaderi, F., ve Adigozali, H. (2020). The Relationship between Nordic Hamstring Test and Isokinetic Dynamometry in Football and Track and Field Student Athletes: a Cross-Sectional Study. *Mltj-Muscles Ligaments and Tendons Journal*, 10(4), 759-767. <https://doi.org/10.32098/mltj.04.2020.24>
- Soga, T., Yamaguchi, S., Inami, T., Saito, H., Hakariya, N., Nakaichi, N., Shinohara, S., Sasabe, K., Nakamura, H., Laddawong, T., Akiyama, K., ve Hirose, N. (2023). Hamstring Activity Before and After Break-Point Angle Calculated By Smartphone Application During the Nordic Hamstring Exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(6), 1290-1298. <https://doi.org/10.26603/001c.89271>
- Street, S. B., ve Kaminski, T. (2020). Does the FIFA 11+ program prevent hamstring injuries in college-aged male soccer players? A critically appraised topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(1), 158-160. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0390>
- Team, J. (2025). *JASP (Version 0.19.3) [Computer software]*. In JASP Team. <https://jasp-stats.org/>

- Uysal, İ., ve Kılıç, A. (2022). Normal Dağılım İkilemi [Normal Distribution Dilemma]. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 12(1), 220-248. <https://doi.org/10.18039/ajesi.962653>
- Vaczi, M., Fazekas, G., Pilissy, T., Cselko, A., Trzaskoma, L., Sebesi, B., ve Tihanyi, J. (2022). The effects of eccentric hamstring exercise training in young female handball players. *European journal of applied physiology*, 122(4), 955-964. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04888-5>
- Van der Horst, N., Smits, D. W., Petersen, J., Goedhart, E. A., ve Backx, F. J. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 43(6), 1316-1323. <https://doi.org/10.1177/0363546515574057>
- Van Dyk, N., Bahr, R., Burnett, A. F., Whiteley, R., Bakken, A., Mosler, A., Farooq, A., ve Witvrouw, E. (2017). A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1695-1702. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097754>
- Van Dyk, N., Behan, F. P., ve Whiteley, R. (2019). Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 53(21), 1362-1370. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100045>
- Vancampfort, D., Sienaert, P., Wyckaert, S., De Hert, M., Stubbs, B., Rosenbaum, S., Buys, R., ve Probst, M. (2015). Test-retest reliability, feasibility and clinical correlates of the Eurofit test battery in people with bipolar disorder. *Psychiatry Research*, 228(3), 620-625. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.05.042>
- Vercelli, S., Baldaccini, A., Sartorio, F., Bravini, E., Corna, S., ve Ferriero, G. (2020). Reproducibility of the DrGoniometer app for field-based assessment of the break-point angle in Nordic Hamstring exercise. *International Journal of Rehabilitation Research*, 43(3), 272-275. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000415>
- Walter, S. D., Eliasziw, M., ve Donner, A. (1998). Sample size and optimal designs for reliability studies. *Sports Medicine*, 17(1), 101-110. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0258\(19980115\)17:1<101::AID-SIM727>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19980115)17:1<101::AID-SIM727>3.0.CO;2-E)
- Zhao, J., Gu, Q., Zhao, S., ve Mao, J. (2022). Effects of video-based training on anticipation and decision-making in football players: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 945067. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.945067>