



## Reliability of Performance Outputs and Formulas Related with Fatigue Index in 10 x 20 m Repeated Sprint Test

### 10 x 20 m Tekrarlı Sprint Performansının ve Yorgunlukla İlgili Formüllerin Güvenirliği

Tahir Hazır<sup>1</sup>, Ayşe Kin İşler<sup>1</sup>, Mehmet Kadioğlu<sup>2</sup>, Evrim Ünver<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Exercise and Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, Hacettepe University, Ankara, Turkey

<sup>2</sup>Çamlidere Multiprogram Anadolu High School, Şanlıurfa, Turkey

#### ABSTRACT

**Objective:** Repeated sprint test (RST) is commonly used in sports disciplines which include repeated sprints, such as team and racquet sports to evaluate the performance. The purpose of this study was to determine the test-retest reliability coefficients of performance outputs and fatigue index that was calculated from seven different equations in 10x20 m RST protocol with 30 s passive rest between sprints.

**Materials and Methods:** 15 male sport school students (Age:22.9±2.7 years; Height:178.0 ± 7.9 cm; Weight: 77.9 ± 11.5 kg) voluntarily participated in this study. 10x20 m RST protocol was applied twice with 48 hours intervals after a standard warm-up. Total sprint time (TST), fastest sprint time (FST), slowest sprint time (SST) and fatigue index that were calculated by seven different equations were determined after both RST. The dependent sample t-test was used to determine the differences between repeated measurements. Intraclass-correlation coefficient (ICC), typical error (TE) and typical error as a coefficient of variation (TE\_CV) were calculated for test-retest reliability.

**Results:** The mean scores of TST, FST, SST and fatigue index which were calculated by seven equations were not significantly different between repeated measurements (p>0.05). The test-retest ICC for TST, FST, and SST was moderate (0.763, 0.541 and 0.544 respectively). In addition, the test-retest ICC was moderate for fatigue index which were calculated from seven different equations during repeated measurements (0.429-0.767). The TE fatigue scores varied within a wide range of 0.97-3.98%. It was also observed that TE\_CV changed in a very wide range for all equations (43.5-214.6%).

**Conclusion:** The findings of this study showed that the test-retest reliability of performance variables obtained from 10x20 m RST was high except fatigue scores. This protocol can be used to monitor training and observation of trial effects during studies. The low reliability of fatigue scores requires careful evaluation of the results.

**Key Words:** Sprint Test, Fatigue, Recovery, Reliability

#### ÖZ

**Amaç:** Tekrarlı sprint testi (TST), takım ve raket sporları gibi tekrarlı sprint aktivitelerini içeren spor dallarında performansı değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı sprintler arası 30 saniye pasif toparlanmalı 10x20 m TST protokolünde performans çıktılarının ve yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan 7 ayrı formülün test-tekrar test güvenilirlik katsayılarını belirlemektir.

T. Hazır 0000-0002-0048-0281

A. Kin İşler 0000-0001-9651-2067

M. Kadioğlu 0000-0003-2106-3548

E. Ünver 0000-0002-2127-9640

**Geliş Tarihi/Date Received:**  
08.03.2019

**Kabul Tarihi/Date Accepted:**  
02.04.2019

**Yayın Tarihi/Published Online:**  
10.09.2019

**Yazışma Adresi /  
Corresponding Author:**  
Tahir Hazır

Hacettepe Üniversitesi,  
Egzersiz Ve Spor Bilimleri  
Bölümü, Ankara, Turkey

**E-mail:** thazir@hacettepe.edu.tr

©2019 Türkiye Spor Hekimleri  
Derneği. Tüm hakları saklıdır.

**Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmaya 15 erkek spor okulu öğrencisi (Yaş 22.9±2.7 yıl; Boy:178.0±7.9 cm; Vücut Ağırlığı 77.9±11.5 kg) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılara en az 48 saat ara ile öğleden sonra standart bir ısınmanın ardından 10x20 m TST protokolü uygulanmıştır. Her iki testte toplam sprint zamanı (TSZ), en hızlı sprint zamanı (EHSZ), en yavaş sprint zamanı (EYSZ) ve 7 ayrı formülle hesaplanan yorgunluk skorları değerlendirilmiştir. Tekrarlı ölçümler arasındaki farklar için Bağımlı Gruplarda t Testi kullanılmıştır. Test-Tekrar test güvenilirlik için sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK), tipik hata (TH) ve varyasyon katsayısı olarak tipik hata (VK\_TH) hesaplanmıştır.

**Bulgular:** Tekrarlı ölçümlerden elde edilen TZS, EHSZ, EYSZ ve 7 formülden hesaplanan yorgunluk skor ortalamaları arasında anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). TZS, EHSZ ve EYSZ için hesaplanan Test-Tekrar test SKK orta düzeydedir (Sırasıyla 0.763, 0.541 ve 0.544). Yedi ayrı formülle hesaplanan yorgunluk skorları için Test-Tekrar test SKK da orta düzeyde (0.429-0.767) bulunmuştur. Formüllerden elde edilen yorgunluk skorlarının TH'si %0.97 - %3.98 gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Tüm formüller için VK\_TH'nın çok büyük bir aralıkta (%43.5 - %214.6) değiştiği gözlenmiştir.

**Sonuç:** Bu çalışmanın bulguları, yorgunluk hariç 10x20 m TST ile elde edilen performans değişkenlerinin test-tekrar test güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu protokol antrenman takibi ve araştırmalarda deneme etkisini gözlemlenmek için kullanılabilir. Yorgunluk skorlarının güvenilirliği, bulguların dikkatli değerlendirilmesini gerektirecek kadar düşüktür.

**Anahtar Sözcükler:** Sprint Testi, Yorgunluk, Toparlanma, Güvenirlik

**Available at:** <http://journalofsportsmedicine.org> and <http://dx.doi.org/10.5152/tjism.2019.141>

**Cite this article as:** Hazır T, İşler AK, Kadioğlu M et al.. Reliability of performance outputs and formulas related with fatigue index in 10X20 m repeated sprint test. *Turk J Sports Med.* 2019;54(4):267-75.

## GİRİŞ

Tekrarlı sprint, kısa dinlenme periyotları ile kesintiye uğrayan 3-7 saniye süreli tekrarlı maksimal koşular olarak tanımlanmaktadır (1). Tekrarlı sprint başta futbol (2) olmak üzere basketbol (3), hentbol (4), Amerikan futbolu (5) gibi takım ve tenis (6) gibi raket sporlarında önemli bir performans bileşeni olarak kabul edilmekte ve performansı değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Rampinini ve ark. üst düzey profesyonel futbol oyuncularında bir maçta kat edilen mesafe ve tekrarlı sprint testinde (TST) ölçülen ortalama sprint zamanı arasında anlamlı yüksek ilişkiler olduğunu göstermişlerdir (2). Bu nedenle tekrarlı sprint yeteneği, elit seviyede futbol performansının değerlendirilmesinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (2,7). Bunun yanında TST amatör ve profesyonel gibi farklı oyun seviyesindeki futbolcuları, (7) genç futbolcularda yaş gruplarını ayırt etmesi (8) nedeniyle yetenek belirleme, seçme ve değerlendirmede kullanılmaktadır (9). Tekrarlı sprint performansı sahada koşu, laboratuvar ortamında bisiklette veya motorize olmayan koşu bandında koşu şeklinde çok çeşitli protokoller kullanılarak değerlendirilmektedir (2-6). TST toplam veya ortalama sprint (koşu)

veya güç (bisiklet), en iyi sprint zamanı veya en yüksek güç, en uzun sprint zamanı veya en düşük güç ve sprintte veya güçte düşüş yüzdesi (yorgunluk) değerlendirilmektedir.

Birçok çalışmada hem bisiklet ergometresinde hem de sahada TST'de ölçülen performans bileşenlerinin test-tekrar test güvenilirliği, yorgunluk indeksi veya sprintte düşüş yüzdesi hariç yüksek bulunmuştur (10-12). Saha ya da laboratuvarda yapılan TST'lerde yorgunluğu değerlendirmek için maksimal veya ortalama sprint hızında düşme veya bisiklette maksimal güç veya toplam iş miktarında azalma dikkate alınmaktadır. Genel olarak yorgunluğun değerlendirilmesinde matematiksel olarak tanımlanan iki terim kullanılmaktadır (12): 1) Yorgunluk indeksi (YI), 2) Sprintte (performans) düşüş yüzdesi (SDY). YI, tekrarlı sprint esnasında sergilenen en iyi performans ve en düşük performans arasındaki düşüştan hesaplanan işlemi tanımlamaktadır (13). YI, matematiksel olarak en iyi sprint zamanı ya da güç çıktısının en uzun sprint zamanına ya da en düşük güç çıktısına yüzde oranı olarak hesaplanmaktadır. Buna karşılık SDY, sergilenen performans ile ideal performansı (her sprintte en iyi performansın tekrarlanması) karşılaştıran

yöntemi tanımlamak için kullanılmaktadır (13). SDY, tekrarlı sprint esnasında tekrarlar boyunca sergilenen tüm performansın ideal performansa yüzde oranı olarak hesaplanmaktadır. İdeal performans teorik olarak, TST'de sergilenen en iyi performansın bir değişime uğramadan tekrarlar boyunca sergilendiği varsayımına dayanmaktadır (bkz. formül 4). YI hesaplanırken TST'de en iyi ve en kötü performans dikkate alınırken, SDY hesaplanırken tekrarlar boyunca sergilenen tüm performans dikkate alınır. TST'lerde performansın değerlendirilmesinde önemli bir değişken olan yorgunluk, değişik formüller kullanılarak hesaplanmaktadır (13) ve bu formüllerin güvenilirliği ile ilgili çalışma çok azdır (10).

Takım ve raket sporlarında önemli bir performans bileşeni olan tekrarlı sprint testleri için altın standart bir protokol olmadığından (14-18) geçerliliği ve güvenilirliği yüksek test protokollerinin kullanılması önem taşımaktadır. Güvenirliği yüksek bir TST antrenörlerin antrenman etkisini (19) ve sporcuların tekrarlı sprint yeteneklerini doğru olarak değerlendirmelerini (20), spor bilimcilerin ise TST'leri kullanarak tasarladıkları deneme etkisi ile ilgili çalışmaların (21-23) başarısını arttıracaktır. TST'lerin geçerliliği ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmakla beraber (2,24,25) bu testlerde ölçülen güç çıktılarının ve özellikle yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan çok sayıda farklı formüllerin güvenilirliği ile ilgili çalışma çok azdır. Bu çalışmanın amacı 10x20 m TST'nin performans bileşenlerinin ve yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan 7 ayrı formülün test-tekrar test güvenilirliğini belirlemektir.

## YÖNTEM

### *Araştırma grubu*

Bu çalışmaya 15 erkek spor okulu öğrencisi (9 futbol, 3 basketbol, 2 hentbol, 1 tenis) gönüllü olarak katılmıştır (Yaş: 22.9±2.7 yıl; Boy: 178.0±7.9 cm; Vücut Ağırlığı 77.9±11.5 kg). Katılımcılara test ve ölçümler hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş, gönüllü katılım için onam formu kullanılmıştır. Katılımcılardan testlerden bir gün

önce yüksek şiddette egzersiz yapmamaları, test günü en az 4 saat öncesinden yeme-içmeyi kesmeleri, kafein ve kafein içeren besin tüketmemeleri istenmiştir. Testler esnasında isteğe bağlı su tüketimine izin verilmiştir. TST, 2-3 gün ara ile sirkadiyen ritmin etkisini sabitlemek için (26) günün aynı saatinde (öğleden sonra 14.00-16.00 arası) aynı yerde tekrarlanmıştır. Katılımcılar her iki testte de aynı ayakkabı ve spor kıyafetini giymişlerdir. Araştırma için Girişimsel Olmayan Klinik Etik Kurulu'ndan izin alınmıştır (Karar No:2019/04-42).

## Verilerin Toplanması

### *Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi*

Katılımcıların boy uzunlukları hassasiyeti ±0.1 cm olan duvara monte stadiyometre (Holtain Ltd, İngiltere), vücut ağırlıkları hassasiyeti ±100 gr olan elektronik baskül (Tanita TBF 401A, ABD) ile ölçülmüştür.

### *Tekrarlı Sprint Testi*

Katılımcıların tekrarlı sprint performansı sprintler arası 30 saniye pasif toparlanmalı 10x20 m TST ile belirlenmiştir. Test kapalı atletizm salonunda tartan pistte yapılmıştır. 20 metrelik parkurun başlangıcı ve bitişine ±0.001 saniye hata ile ölçüm yapan fotosel kronometre yerleştirilmiştir (Fusion Sport, Avustralya). Teste başlamadan önce katılımcılar 5 dakika kendi belirledikleri tempoda aerobik koşunun ardından 10-15 m mesafe içerisinde 5-7 hareketten oluşan dinamik germe egzersizleri yapmışlardır. Daha sonra submaksimal hızda 3-4 kez 20 m sprint egzersizleri ile ısınmayı tamamlamışlar ve test öncesinde 5 dakika pasif olarak dinlendirilmişlerdir. TST'ye başlamadan önce katılımcıların 20 m maksimal sprint zamanları belirlenmiştir (13). Maksimal sprint testi ilk test günü yapılmıştır. Bunun için 3 dakika ara ile iki deneme yaptırılmış ve en iyi sprint zamanı kayıt edilmiştir. Katılımcılar maksimal sprint zamanı belirlendikten 5-7 dakika sonra 10x20 m TST'ye girmişlerdir (14). TST'de ilk sprint zamanı maksimal sprint zamanının %5.0'inden daha uzun olduğunda test sonlandırılmış ve katılımcı en az 5 dakika

dinlendirilmiştir (1). Katılımcılara fotoselin 50 cm gerisindeki başlangıç çizgisinden çıkış yapıp sprinti tamamladıktan sonra bir sonraki sprinte başlamaları için 30 saniye pasif toparlanma süresi verilmiştir. Katılımcılar pasif toparlanma süresi içerisinde yürüyerek başlangıç çizgisine dönmüşlerdir (27). Katılımcılar her sprintte sözel olarak teşvik edilmiştir. Toplam sprint zamanı (TSZ), en hızlı sprint (EHSZ), en yavaş sprint (EYSZ) ve 7 ayrı formülle yorgunluk değerlendirilmiştir. Yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan formüller aşağıda verilmiştir (10):

**Formül 1 (F1):**  $Yorgunluk = \frac{\text{İlk ve son sprintler arasında zaman artış yüzdesi}}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = \frac{(\text{Sprint}10 - \text{Sprint}1)}{\text{Sprint}1} \times 100$

**Formül 2 (F2):**  $Yorgunluk = \frac{\text{En hızlı ve en yavaş sprintler arasındaki zaman artış yüzdesi}}{\text{Hesaplama: } Yorgunluk = \frac{(\text{en yavaş sprint} - \text{en hızlı sprint})}{\text{en hızlı sprint}} \times 100}$

**Formül 3 (F3):**  $Yorgunluk = \text{Log dönüşümlü tüm sprint zamanları için en uygun olan eğim çizgisinin hesaplanması.}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = (100 \times \text{EXP}(\frac{\text{eğim}}{100})) - 100$

$\text{Eğim} = (100 \times \text{sprint verisinin doğal logaritması}) \times (\text{Sprint sayısı} - 1)$

**Formül 4 (F4):**  $Yorgunluk = \frac{\text{Sprintte Düşüş Yüzdesi}}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = (100 \times (\frac{\text{toplam sprint zamanı}}{\text{ideal sprint zamanı}})) - 100$

$\text{Toplam sprint zamanı} = 1.\text{sprint} + 2.\text{sprint} + \dots + 10.\text{sprint}$

$\text{İdeal sprint zamanı} = \text{Sprint Sayısı} \times \text{En iyi sprint zamanı.}$

**Formül 5 (F5):**  $Yorgunluk = \frac{\text{En hızlı iki ve en yavaş iki sprint zamanı ortalaması arasındaki zaman yüzde artışı}}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = \frac{((\text{En yavaş iki sprint süresi} \div 2) - (\text{en hızlı iki sprint süresi} \div 2))}{(\text{en hızlı iki sprint süresi} \div 2)} \times 100$

**Formül 6 (F6):**  $Yorgunluk = \frac{\text{İlk iki sprintin ortalama zamanı ve son iki sprintin ortalama zamanı arasındaki farkın ilk iki sprint ortalama zamanına yüzde oranı.}}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = \frac{(((\text{Sprint}1 + \text{Sprint}2) \div 2) - (\text{Sprint}9 + \text{Sprint}10) \div 2)}{((\text{Sprint}1 + \text{Sprint}2) \div 2)} \times 100$

**Formül 7 (F7):**  $Yorgunluk = \frac{\text{İlk iki sprint zamanının ortalamasının ortalama sprint zamanına yüzde oranı}}$

Hesaplama:  $Yorgunluk = \frac{((\text{Toplam sprint zamanı} \div 10) \div (\text{Sprint}1 + \text{Sprint}2) \div 2)}{\times 100} - 100$

### İstatistiksel Analiz

Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldıktan sonra, tekrarlı ölçümler arasındaki farklar için bağımlı gruplarda t testi kullanılmıştır. Test- tekrar test güvenilirlik için Tek Yönlü Varyans Analizinden sınıf içi korelasyon katsayıları (SKK) hesaplanmıştır. Bunun yanında ölçümden ölçüme bireysel seviyede ortaya çıkan değişkenliğin mutlak ve oransal olarak değerlendirilmesi için tipik hata (TH) ve varyasyon katsayısı olarak tipik hata (VK\_TH) hesaplanmıştır (28). Hesaplanan VK\_TH değeri %5'den küçük olan değişken için mutlak güvenilirlik yüksek olarak değerlendirilmiştir (29). TH'nin hesaplanması için  $TH = SD / \sqrt{2}$  formülü kullanılmıştır. Formülde SD: Tekrarlı ölçümlerin farklarının standart sapmasıdır. VK\_TH'nin hesaplanması için önce tüm değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmış ve sonra  $VK\_TH = 100(e^{SD/100} - 1)$  formülünden hesaplanmıştır. Formülde e: Doğal logaritma, SD: Tekrarlı ölçümlerin farklarının standart sapmasıdır (28). Her hangi bir formülden YI veya SDY hesaplandığında iki ölçümden birinde negatif, diğerinde pozitif değerler elde edilen katılımcılar değerlendirmeden çıkarılmış, iki ölçümden de negatif YI veya SDY skoru veren katılımcıların değerleri pozitive çevrilerek işleme alınmıştır (10). Test-tekrar test ölçümlerinden elde edilen verilerden formüller yardımı ile hesaplanan YI değerleri testin birinde negatif diğerinde pozitif ya da ikisinde de negatif hesaplanan deneklerin

sayıları Tablo 1'de gösterilmiştir. Tüm istatistik analizler ve hesaplamalar Excel ve SPSS (Ver.

15) programlarında yapılmış ve tüm istatistik analizlerde 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Yorgunluk skoru iki testten birinde negatif değerinde pozitif ya da ikisinde de negatif değer olarak hesaplanan denek sayılarının formüllere dağılımı.

Formüller	YI	YI	n
	Negatif/Pozitif	Negatif/Negatif	
F1	2	1	13
F2	0	0	15
F3	3	1	12
F4	0	0	15
F5	0	0	15
F6	2	2	13
F7	3	1	12
<b>Toplam</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	

YI: Yorgunluk indeksi

## BULGULAR

TST'de ölçülen performans bileşenlerinin test-tekrar test ortalamaları değerleri, t testi sonuçları, TH, VK\_TH, SKK ve SKK için %95 güven aralıkları Tablo 2'de verilmiştir. Tekrarlı ölçümlerde TSZ, EHSZ ve EYSZ ortalamaları arasında anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). TSZ, EHSZ ve EYSZ için tekrarlı ölçümlerde

ortalamalarda değişim sırasıyla 0.011, 0.008 ve 0.001 saniyedir. TSZ için tipik hata  $\pm 0.58$  saniye, EHSZ için tipik hata  $\pm 0.05$  saniye ve EYSZ için tipik hata  $\pm 0.14$  saniye olarak hesaplanmıştır. Aynı performans bileşenleri için VK\_TH %5'den düşüktür (TSZ için %1.78, EHSZ için %1.70 ve EYSZ için %4.09). Tüm performans bileşenlerinin SKK orta düzeydedir.

**Tablo 2.** Tekrarlı sprint testinde ölçülen performans bileşenlerinin test-tekrar test ortalamaları TH, VK\_TH ve SKK ve SKK % 95 güven aralıkları.

	1.Test	2.Test	TH (sn)	VK_TH (%)	SKK	SKK % 95 Güven Aralığı
<b>TSZ (sn)</b>	32.13 $\pm$ 1.12*	32.12 $\pm$ 1.25	0.58	1.8	0.789	0.548-0.909
<b>EHSZ (sn)</b>	3.11 $\pm$ 0.08*	3.14 $\pm$ 0.07	0.05	1.6	0.601	0.236-0.818
<b>EYSZ (sn)</b>	3.35 $\pm$ 0.24*	3.35 $\pm$ 0.19	0.14	4.1	0.576	0.199-0.804

\* $p>0.05$ ; 2. testten. TSZ: Toplam sprint zamanı, EHSZ: En hızlı sprint zamanı, EYSZ: En yavaş sprint zamanı, TH: Tipik hata, VK\_TH: Varyasyon katsayısı olarak tipik hata, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı.

Yedi formülden hesaplanan yorgunluk skorlarının tekrarlı ölçümlerdeki ortalamaları, t testi sonuçları, TH, VK\_TH, SKK ve SKK için %95 güven aralıkları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tüm formüllerde hesaplanan test-tekrar test yorgunluk skorları arasında anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Her bir formülden elde edilen yorgunluk skorlarının TH ve VK\_TH

değerleri çok yüksektir. En düşük VK\_TH Formül 4 (Sprintte Düşüş Yüzdesi) için %43.5 bulunmuştur. Benzer şekilde tüm formüllerin

SKK'ları da düşük düzeydedir. En yüksek SKK F7'de, en düşük SKK F2'de saptanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Yorgunluk skorlarının test-tekrar test ortalamaları ve TH, VK\_TH, SKK değerleri.

Formüller	1.Test	2.Test	p	TH (sn)	VK_TH (%)	SKK	SKK % 95 Güven Aralığı
F1	4.64 ± 3.51*	4.65 ± 4.08	0.996	2.28	62.6	0.664	0.221-0.882
F2	7.52 ± 5.96*	7.87 ± 4.47	0.813	3.98	63.5	0.456	-0.039-0.775
F3	4.90 ± 4.30*	5.66 ± 4.13	0.522	2.83	214.6	0.566	0.041-0.850
F4	3.17 ± 1.97*	3.41 ± 2.15	0.599	1.19	43.5	0.683	0.295-0.880
F5	5.89 ± 4.11*	6.39 ± 3.23	0.590	2.52	54.5	0.555	0.094- 0.823
F6	4.01 ± 2.62*	4.56 ± 3.94	0.522	2.12	105.1	0.611	0.136-0.861
F7	2.15 ± 1.86*	2.71 ± 1.83	0.174	0.96	63.2	0.711	0.280-0.906

\* $p > 0.05$ ; 2. testten. TH: Tipik hata, VK\_TH: Varyasyon katsayısı olarak tipik hata, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada 10x20 m TST'nin TSZ, EHSZ ve EYSZ'sini içeren performans çıktılarının güvenilirlik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada ayrıca TST'nin bir diğer performans çıktısı olan ve tekrarlanan sprintlerin kalitesindeki değişimi yansıtan yorgunluğun hesaplanmasında kullanılan 7 farklı formülden hangisinin güvenilirliğinin daha yüksek olduğu da araştırılmıştır. Bu çalışmanın ana bulguları, TST'de ölçülen performans bileşenlerinden TSZ, EHSZ ve EYSZ değerlerinin güvenilirliğinin yüksek, buna karşılık 7 ayrı formülle hesaplanan yorgunluk skorlarının tümünün güvenilirliğinin düşük olduğunu göstermiştir.

Tekrarlı sprint yeteneği özellikle takım sporlarında maç performansı ile ilişkilendirilmekle beraber, bu yeteneğin değerlendirildiği çok sayıdaki TST protokollerinin çok az bir kısmının kısa veya uzun süreli güvenilirliği araştırılmıştır (7, 14, 30). Bu çalışmada 10x20 m TST protokolü uygulanan aktif spor okulu öğrencilerinde tekrarlı ölçümlerde TSZ, EHSZ ve EYSZ skorları arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Benzer şekilde bu değişkenler için güvenilirliğin bir göstergesi olan SKK'nın orta düzeyde ancak VK\_TH'nin %5'in altında olması, grup (denekler arası) ve bireysel (denek içi) seviyede tekrarla-

yan sprintlerde değişkenliğin düşük olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular literatürde benzer çalışmaların bulgularıyla uyumludur. Spencer ve ark. (30) çim hokeycilerde 7 gün ara ile yaptıkları 25 saniye aktif toparlanmalı 6x30 m tekrarlı sprint testinde bu çalışmada olduğu gibi TSZ'de VK\_TH'yi %0.7 olarak hesaplamışlardır. Daha yakın zamanda Castagna ve ark. (14) 30 saniye aktif toparlanmalı 5x30 m tekrarlı sprint protokolü uyguladıkları genç erkek futbol oyuncularında kısa süreli (48 saat aralıklı) tekrarlı ölçümlerde VK\_TH değerlerini TSZ ve EHSZ performans çıktıları için %1.2 olarak hesaplamışlardır. Buna karşılık aynı çalışmada TSZ ve EHSZ için hesaplanan SKK (sırasıyla TSZ-SKK=0.98 ve EHSZ-SKK=0.97) bu çalışmada elde edilen SKK değerlerinden yüksektir. Bu çalışmanın tekrarlı ölçümleri kapalı salonda aynı pistte, aynı malzeme (ayakkabı, şort) ve sirkadiyen ritmin (günün aynı saati) ve yorgunluğun (en az 48 saat ara ile) etkisinden uzak standart şartlarda yapıldığı için bu bulgular, 10x20 m gibi tekrarlı maksimal eforların kısa süreli aralıklarla ölçülmesi esnasında öğrenme etkisi gözlenmediğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. TST'de ölçülen özellikle TSZ ve EHSZ performans çıktıları antrenman veya deneme etkisini yansıtacak düzeyde güvenilirliğe sahip olduğu için bu değişkenler

üzerinden antrenman takibi ve araştırmalar için deneme etkisi değerlendirilebilir.

Yüksek şiddette tekrarlı sprint takım sporlarında maç esnasında sık sergilenen lokomotor aktivitedir ve oyuncunun kalitesine ve mevkiye bağlı olarak sayı ve sıklığı değişkenlik gösterir (31-35). Tekrarlı sprint 30 saniye ve daha kısa süreli aktif veya pasif durumda tam toparlanma gerçekleşmeksizin sergilenen bir aktivitedir (36). Eksik toparlanma tekrarlayan sprintlerde kasın kontraktıl yapısında, metabolik ve nöromusküler profilinde değişimle sonuçlanır (37-40). Bu durum yorgunluğun ortaya çıkmasına neden olur ve sprintlerin kalitesi olumsuz etkilenir. Kesintili tekrarlı sprintte nöral ve kassal olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak ortaya çıkan yorgunluk egzersizin tipine göre değişken olup, genel olarak bisiklet ergometresi protokollerinde (%10-25) koşu protokollerinden (%5-15) daha yüksektir (1). TST protokollerinde genel olarak uygulanan protokolden ve kısmen de teste katılan bireyin özelliklerinden bağımsız olarak güvenilirlik özellikleri en düşük performans çıktısı yorgunlukla ilgili parametrelerdir (Yorgunluk indeksi veya sprintte düşüş yüzdesi). Bu çalışmada 10x20 m test protokolünde elde edilen sprint skorları için 7 ayrı formülle hesaplanan yorgunluk skorlarına ait güvenilirlik özellikleri kabul edilemez düzeyde düşüktür (Tablo 3). Tekrarlı ölçümlerde bireysel seviyede değişkenliğin bir göstergesi olan VK\_TH değerlerinin %43.5'den %214.6'ya kadar geniş bir aralıkta değiştiği saptanmıştır. Benzer şekilde 12x30 m TST protokolünde özgün olarak sadece yorgunluk skorlarının hesaplandığı formüllerin güvenilirliğinin incelendiği bir çalışmada da bu çalışmanın bulgularına paralel olarak formüllerden elde edilen yorgunluk skorlarının tekrarlı ölçümlerde varyasyon katsayılarının %0.9-107.2 gibi geniş bir aralıkta, SKK'larının 0.17-0.65 gibi düşük ve geniş bir aralıkta değiştiği gözlenmiştir (10). Futbol oyuncularında (6x30 m aktif toparlanmalı) (14), buz hokeycilerde (6x20 m aktif toparlanmalı) (31) yapılan güvenilirlik çalışmalarında TST protokollerinde hesaplanan yorgunluk skorlarının test-tekrar test güvenilirliği kabul edilemez düzeydedir. Yakın zamanda Castagna ve ark. (14) genç futbolcu-

larda bu çalışmadaki Formül 4'ü (Sprintte düşüş yüzdesi) kullanarak hesapladıkları yorgunluk skoru için SKK'yi 0.34, VK\_TH'yi %94 olarak rapor etmişlerdir. Benzer şekilde ilk ve son sprint skorlarından hesapladıkları yorgunluk indeksi (bu çalışmadaki Formül 1) için SKK'yi 0.24, VK\_TH'yi %43.1 bulmuşlardır. 10x30 m TST protokolünün uygulandığı söz konusu çalışmada Formül 4 için SKK 0.683 ve VK\_TH %43.5, Formül 1 için SKK 0.664 ve VK\_TH %62.6'dır. Bu bulgular yorgunlukla ilgili güvenilirlik katsayılarının test protokolüne, popülasyona ve kullanılan formüle göre değiştiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın örneklem boyutunun düşük (n=15) ve katılımcıların spor okulunda okuyan ve amatör seviyede spor yapan bireyler olması özellikle yorgunluk skorlarının elde edildiği formüllerin güvenilirliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir sınırlılık olarak düşünülebilir. Bununla beraber iyi antrenmanlı spor okulu öğrencilerinde (n=10) (10), genç futbolcularda (n=28) (14) ve üst düzey antrenmanlı hokeycilerde (n=10) (31) yorgunluğu değerlendirmek için kullanılan formüllerin test-tekrar test bulgularının bu çalışmada olduğu gibi çok yüksek düzeyde değişkenlik göstermesi, bu parametrenin TST'de bir sınırlayıcı olduğunu ve dikkatli yorumlanması gerektiğini gösterir.

## SONUÇ

Bu çalışma sahada uygulanan 10x20 m TST'de elde edilen performans çıktılarının güvenilirliğinin yorgunluk skorları hariç yüksek olduğunu göstermiştir. TSZ, EHSZ ve EYSZ gibi performans bileşenlerinin test-tekrar test ortalama değerlerinin sabit ve varyasyon katsayılarının çok düşük olması yüksek eforlu aktivitelerde kısa sürede öğrenmenin gerçekleşmediğini ya da performansa yansıtacak düzeyde olmadığını göstermektedir. Bu bulgu bir antrenman periyodu içerisinde antrenman etkisini gözlemek veya deneme etkisini incelemek için yapılacak TST'den önce alışma/öğrenme için bir ön test yapılmasına gerek olmadığını, antrenman veya deneme etkisini gözlemek için performans bileşenlerinin uygun ve güvenilir parametreler olduğunu gösterir. Buna karşılık bu çalışmadan

elde edilen bulgular, TST'de yorgunluk skorlarının dikkatli değerlendirilmesinin zorunlu olduğunu göstermiştir. Yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan 7 ayrı formülden hesaplanan yorgunluk skorları için VK\_TH %43.5 (Formül 4) ve %214.6 (Formül 3) gibi çok geniş bir aralıkta değiştiği saptanmıştır. Bu parametre için tekrarlı ölçümlerden elde edilen skorların varyasyon katsayısı bir yorum yapmayı olanaksız kılacak kadar yüksektir. Bununla beraber sprintte düşüş yüzdesi olarak tanımlanan ve tekrarlı sprintlerin kalite göstergesi için kullanılan Formül 4, tekrarlı ölçümlerde en düşük varyasyon katsayısına sahip formüldür. Birçok çalışmada da kullanılmış olan bu formül, tekrarlı ölçümlerde yorgunluğu değerlendirmek için en uygun seçenektir.

## KAYNAKLAR

- Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability—part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Med* 2011;41:673-94.
- Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, et al. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*. 2007;28(3):228-35
- Padulo J, Bragazzi NL, Nikolaidis PT, et al. Repeated Sprint Ability in Young Basketball Players: Multi-direction vs. One-Change of Direction (Part 1). *Front Physiol*. 2016;22:7:133.
- Hermassi S, Schwesig R, Wollny R, et al. Shuttle versus straight repeated-sprint ability tests and their relationship to anthropometrics and explosive muscular performance in elite handball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(11):1625-34.
- Kin-İşler A, Ariburun B, Ozkan A, et al. The relationship between anaerobic performance, muscle strength and sprint ability in American football players. *Isokinetics and Exercise Science*. 2008;16(2):87-92.
- Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Kovacs MS, et al. In-season effect of a combined repeated sprint and explosive strength training program on elite junior tennis players. *J Strength Cond Res*. 2015;29(2):351-7.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, et al. Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*. 2008;29:899-05.
- Mujika I, Spencer M, Santisteban J, et al. Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*. 2009;27:1581-90.
- Bidaurrezaga-Letona I, Carvalho HM, Lekue JA, et al. Longitudinal field test assessment in a Basque soccer youth academy: A multilevel modeling framework to partition effects of maturation. *Int J Sports Med*. 2015;36:234-40.
- Glaister M, Howatson G, Pattison JR, et al. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *J Strength Cond Res*. 2008;22(5):1597-601.
- McGawley K, Bishop D. Reliability of a 5x6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98(4):383-93.
- Glaister M, Stone MH, Stewart AM, et al. The reliability and validity of fatigue measures during short-duration maximal-intensity intermittent cycling. *J Strength Cond Res*. 2004;18: 459-62.
- Oliver JL. Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *J Sci Med Sport*. 2009;12(1):20-3.
- Castagna C, Lorenzo F, Krustup P, et al. Reliability characteristics and applicability of a repeated sprint ability test in young male soccer players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(6):1538-44.
- Lockie RG, Liu TM, Stage AA, et al. Assessing Repeated-Sprint Ability in Division I Collegiate Women Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2018;26. doi: 10.1519/JSC.0000000000002527.
- Hermassi S, Schwesig R, Wollny R, et al. Shuttle versus straight repeated-sprint ability tests and their relationship to anthropometrics and explosive muscular performance in elite handball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(11):1625-34.
- Baldi M, DA Silva JF, Buzzachera CF, et al. Repeated sprint ability in soccer players: associations with physiological and neuromuscular factors. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;57(1-2):26-32.
- Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, et al. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biol Sport*. 2015;32(3):207-12.
- Haugen T, Tonnessen E, Leirstein S, et al. Not quite so fast: effect of training at 90% sprint speed on maximal and repeated-sprint ability in soccer players. *J Sports Sci*. 2014;32(20):1979-86.
- Deprez D, Franssen J, Lenoir M, et al. A retrospective study on anthropometrical, physical fitness and motor coordination characteristics that influence drop out, contract status and first-team playing time in high-level soccer players, aged 8 to 18 years. *J Strength Cond Res*. 2015;29: 1692-704.
- Ermolao A, Zanotto T, Carraro N et al. Repeated sprint ability is not enhanced by caffeine, arginine, and branched-chain amino acids in moderately trained soccer players. *J Exerc Rehabil*. 2017;13(1):55-61.
- Kopec BJ, Dawson BT, Buck C, et al. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprint ability in male athletes. *J Sci Med Sport*. 2016;19(3):272-6.
- Buck C, Guelfi K, Dawson B, et al. Effects of sodium phosphate and caffeine loading on repeated-sprint ability. *J Sports Sci*. 2015;33(19):1971-9.
- Barbero-Álvarez JC, Pedro RE, Nakamura FY. Validity of a repeated-sprint ability test in young soccer players. *Sci sports*. 2013;28(5): 127-31.



25. Bishop D, Spencer M, Duffield R, et al. The validity of a repeated sprint ability test. *J Sci Med Sport*. 2001;4(1):19-29. .
26. Racinais S, Connes P, Bishop D, et al. Morning versus evening power output and repeated-sprint ability. *Chronobiol Int*. 2005;22(6):1029-39.
27. Castagna C, Abt G, Manzi V, et al. Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *J Strength Cond Res*. 2008;22(3):923-9.
28. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30(1):1-15.
29. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41: 3-13. .
30. Spencer M, Fitzsimons M, Dawson B, et al. Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*. 2006;9(1-2):181-4.
31. Ferioli D, Schelling X, Bosio A, et al. Match activities in basketball games: comparison between different competitive levels. *J Strength Cond Res*. 2019; 6. doi: 10.1519/JSC.0000000000003039.
32. Póvoas SC, Ascensão AA, Magalhães J, et al. Analysis of fatigue development during elite male handball matches. *J Strength Cond Res*. 2014;28(9):2640-8.
33. Caprino D, Clarke ND, Delextrat A. The effect of an official match on repeated sprint ability in junior basketball players. *J Sports Sci*. 2012;30(11):1165-73.
34. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, et al. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*. 2007;28(3):222-7.
35. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, et al. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(7):1242-8.
36. Spencer M, Bishop D, Dawson B, et al. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities specific to field-based team sports. *Sports Med*. 2005;35: 1025-44.
37. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*. 2003;21(7):519-28.
38. Sánchez-Sánchez J, Bishop D, García-Unanue J, et al. Effect of a repeated sprint ability test on the muscle contractile properties in elite futsal players. *Sci Rep*. 2018; 23;8(1):17284.
39. Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103(4):411-9.
40. Spencer M, Bishop D, Dawson B, et al. Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(8):1492-9.