

Maksimal Aerobik Hız: Genel Bakış ve Önemli Yöntemsel Noktalar

Maximal Aerobic Speed: an Overview and Methodological Considerations

 Abdulkerim DARENDELİ^{a,b}

^aAnadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

^bSivas Cumhuriyet Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Sivas, TÜRKİYE

ÖZET Maksimal oksijen tüketiminin ortaya çıktığı hız (vVO_{2max}) antrenman yükünün bireyselleştirilmesinde yaygın şekilde kullanılan bir parametredir ve dayanıklılık performansı ile yakından ilişkilidir. Referans vVO_{2max} değeri, koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen, şiddetli artan koşu sırasında solunan gazın sürekli olarak analiz edilmesiyle belirlenmektedir. vVO_{2max} belirlenirken genellikle maksimal efor testi, solunan gaz analizi verileri ve kontrollü şartlar altında kullanılması gereken özel ekipmanlar gerekmektedir. Fakat çeşitli alan testlerinin sonuçlarından da vVO_{2max} hesaplanabilmektedir. Bu anlamda, Université de Montréal track testi, vVO_{2max} ve VO_{2max} değerlerinin belirlenmesinde özellikle kullanılan bir yöntemdir ve vVO_{2max} bakımından laboratuvar koşu bandı testiyle güçlü bir ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca çeşitli zaman-mesafe testleri, 20 m mekik koşusu, maksimal-altı koşunun kalp atımı değerleri gibi yöntemlerin çıktılarının kullanıldığı çeşitli eşitlikler aracılığıyla da vVO_{2max} hesaplanabilmektedir. Fakat vVO_{2max} belirlenirken kullanılan alan testleri (Yo-Yo IR1 testi, 5 dk koşusu gibi) ya da çalışmaların önerdiği eşitlikler kullanılırken dikkatli olunması gerekmektedir. Verilen vVO_{2max} eşitliklerinin orijinal çalışmadakinden farklı özellikteki gruplar için kullanıldığında asıl vVO_{2max} değerlerinin saptanması olası değildir. Diğer bir sınırlılık da uygulanacak protokolün çalışma grubunun özelliğine uygun olarak seçilmesini zorlaştıran farklı referans vVO_{2max} protokollerin kullanımıdır (koşu bandı eğimi, testin başlangıç hızı, başlangıç hızının belirlenmesinde kullanılan ölçüt, hız artış miktarı, hız artışının hangi süre aralıklarında yapıldığı gibi). Dolayısıyla gelecek çalışmalarda bu protokoller standart hâle getirilmelidir.

ABSTRACT The velocity corresponding to maximal oxygen uptake (vVO_{2max}) is a widely used parameter individualizing training load and related to endurance performance. The reference vVO_{2max} value can be evaluated by constantly monitoring the expired gas data during incremental run on a treadmill. When assessing the vVO_{2max} , usually a maximal effort test, expired gas data and specific equipment which needs to be used under controlled conditions are required. However, vVO_{2max} may also be estimated using field tests. In that regard, the Université de Montréal track test is a method used to determine vVO_{2max} and VO_{2max} values specifically and there is an agreement between the vVO_{2max} values obtained from the UMTT and laboratory treadmill test. Furthermore, vVO_{2max} can also alternatively be calculated using equations where the output of some procedures (i.e. time-trials, 20 m shuttle run, heart rate cost of submaximal running) are utilized. However, caution must be taken when estimating vVO_{2max} by using field test (e.g. Yo-Yo IR1 test & 5 min time-trial) results or the equations suggested in former studies. When the existing vVO_{2max} equations are used in a population that does not match with the properties of the sample participated in the original study, it is not likely to reveal the actual vVO_{2max} values. Another limitation is the use of varying reference vVO_{2max} protocols that make it difficult to choose a testing protocol suitable for a given study population. Therefore, these protocols must be standardized in future studies.

Anahtar Kelimeler: Aerobik kapasite; antrenman yükü; performans tahmini; kritik hız; regresyon eşitliği

Keywords: Aerobic capacity; training load; performance prediction; critical velocity; regression equation

Tüm egzersiz bilimleri içerisinde sıklıkla kullanılan maksimal oksijen tüketimi (VO_{2max}), önemli solunum parametrelerinden biridir ve bununla birlikte gelen iyi seviyede aerobik dayanıklılık, birçok faktörün birleşimiyle ilişkili olabilir. VO_{2max} , performans bakımından kişinin toplam kapasitesini temsil etmese

de dayanıklılık sporlarında performansın belirlenmesinde en büyük özelliklerden biridir.¹ Bunun yanında egzersiz bilimlerinde, kalp-damar ve solunum sistemleri kapasitelerini tanımlayan önemli bir fizyolojik değişken olarak kullanılmaktadır. Fakat bu değer, koşu performansı ve aerobik taleplerin değerlendiril-

Correspondence: Abdulkerim DARENDELİ

Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: adarendeli@anadolu.edu.tr



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

Received: 21 Apr 2020

Received in revised form: 25 May 2020

Accepted: 18 Jun 2020

Available online: 25 Nov 2020

2146-8885 / Copyright © 2020 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/>).

mesinde etkili bir araç olarak kullanılamayabilir. VO_{2maks} 'ın ortaya çıktığı hız (maksimal aerobik hız, vVO_{2maks}) ise bu anlamda VO_{2maks} ya da koşu ekonomisinin tek başına açıklayamadığı performanstaki bireysel farklılıkları gösterebilmektedir.²

Hill ve Lupton, belirli bir hızın ötesinde maksimum hıza ulaşırken, egzersizde hız arttıkça alınan oksijen oranının artmakta olduğunu belirtmiştir.³ VO_2 de daha fazla artışın görülmediği bu hızda kalp, akciğerler ve aktif kas liflerine oksijen difüzyonu maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Daha yüksek hızlarda, vücudun oksijen ihtiyacı çok daha fazladır ve bu durumda oksijen borcu sürekli artmaktadır. Bunun yanında, koşu göz önünde bulundurulduğunda her bir birey için yıkımla onarımın dengelendiği (örneğin diğer bir deyişle ATP ve PC yıkımıyla fosfojen ve miyogloblin depolarının onarımının dinamik olarak dengelenmesi ya da laktik asidin tekrar sentezlenerek kullanıma hazır hâle getirilmesi gibi) bir kritik hızın olduğu belirtilmiştir. Hill ve Lupton, bu değişkeni VO_{2maks} ile ilişkili hız olarak tanımlamıştır.³ 1975 yılında Volkov ve ark. tarafından kullanılan "kritik hız" terimi, aynı şekilde maksimal aerobik kapasitenin belirlenmesinde VO_{2maks} 'ı ortaya çıkaran en düşük koşu hızı anlamına gelmektedir.⁴ " VO_{2maks} taki koşu hızı" terimi ise Daniels ve ark. tarafından ortaya çıkartılmış ve vVO_{2maks} kısaltmasıyla kullanılmıştır.² Bu gelişim sürecinin devamında, vVO_{2maks} 'ın VO_{2maks} ile ekonomiyi birleştiren çeşitli koşu ya da koşu kategorileri arasındaki aerobik farkları tanımlayabilen kullanışlı bir değişken olduğu bildirilmiştir.⁵

Uygulanabilirlik yönüyle bakıldığında, çeşitli alan performans testleri ya da laboratuvar koşu bandı test protokolleri kullanılarak vVO_{2maks} değerleri saptanıp antrenman yükü belirlenebilmektedir.⁶ Araştırmacılar, bu değer belirlenirli yüzdelerinde uygulanan egzersizlerden elde edilen verim üzerinde çalışmalar yaparak en iyi sonuçların elde edildiği eşiği tespit etmeye çalışmaktadır. vVO_{2maks} değeri kullanılarak aerobik antrenman üzerine yapılan araştırmalar vVO_{2maks} 'ın %100'ü ve üzerinde yapılan antrenmanın aerobik gücü geliştirmede kritik bir faktör olduğunu belirtmektedir.⁷

Değişen gruplarda, vVO_{2maks} değeri farklı yöntem ve protokollerden yararlanılarak araştırılmıştır. Université de Montréal track test (UMTT) kullanılarak vVO_{2maks} değeri belirlendiğinde orta mesafe (1,5-3 km) koşucularında vVO_{2maks} değerinin 22,4 km/saat, uzun mesafe dayanıklılık (10 km) koşucularında 20,8 km/saat olduğu gösterilmiştir.⁸ Rampinini, testi kullanarak vVO_{2maks} değerini tespit ettiği çalışmada, A serisi elit futbolcularda vVO_{2maks} 'ın 17,7 km/saat olduğu bildirilmiştir.⁹ Pedro ve ark. yarı profesyonel futbol oyuncularının vVO_{2maks} seviyelerinin 15,2 km/saat olduğunu bildirmiştir.¹⁰ Dupont ve ark. ise profesyonel futbol takımı oyuncularının vVO_{2maks} değerlerinin yüksek şiddetli aralıklı antrenman öncesi ve sonrasında sırasıyla 16,1 km/saat ve 17,3 km/saat olduğunu göstermiştir.⁷ Cappa ve ark. maksimal koşu bandı protokolü kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada beden eğitimi ve spor bölümü öğrencilerinin vVO_{2maks} değerlerini 15,6 km/saat olarak bildirmiştir.¹¹ Çeşitli spor dalları için vVO_{2maks} değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

TABLO 1: Değişen grup ve spor dallarının bildirilen maksimal aerobik hız değerleri ve bu değer belirlendiği yöntemler.

Yazar-Yıl	Grup	Yöntem	Hız (km/saat)
Berthoin ve ark. (1994) ³⁵	Beden eğitimi öğrencisi	-Koşu bandı testi (%3 eğitim)	15,9
Baquet ve ark. (1999) ³⁶	11 yaş çocuklar	-UMTT	10,1
Renoux ve ark. (2000) ²⁴	Elit-altı koşucu	-Koşu bandı testi	21,5
Renoux (2001) ⁴⁵	Üst seviye yüzme	-Yüzmeye özel test	5,1
Dupont ve ark. (2004) ⁷	Profesyonel futbol	-UMTT	17,3
Heaney ve ark. (2009) ²³	Netbol	-Koşu bandı testi (%1 eğitim)	15,3
Boullosa ve ark. (2009) ⁸	Mesafe koşucular	-UMTT	20,8
Lorenzen ve ark. (2009) ¹⁵	Elit Avustralya futbolu	-Koşu bandı testi	16,7
Bellenger ve ark. (2015) ¹²	Avustralya futbolu	-UMTT	16,4
Swaby ve ark. (2016) ¹³	Profesyonel rugby	-1.200 m testi	15,1-17,6 [#]
Olher ve ark. (2019) ²¹	Rekreasyonel koşu	- Koşu bandı testi	13,8

UMTT: Université de Montréal track test, [#]Sırasıyla ön ve arka alan oyuncuların değerleri.

MAKSİMAL AEROBİK HIZ ÖLÇÜMÜ

vVO_{2maks} , koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen, şiddeti artan koşu sırasında solunan gazın sürekli olarak analiz edilmesiyle belirlenmektedir. Ayrıca vVO_{2maks} , hız artışı, aşamanın süresi ya da testin yapısı gibi yönleriyle farklılık gösteren protokollerin kullanıldığı alan performans testleri aracılığıyla indirekt olarak

hesaplanabilmektedir.^{12,13} Fakat öngörülemeyen bireyler arası farklılıklar nedeni ile alan performans testlerinden çıkartılan sonuçlar asıl değerden farklılık gösterebilir. Referans vVO_{2maks} değeri birçok araştırmacı tarafından, solunan gazın takip edilmesi yoluyla koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen maksimal VO_{2maks} testi sırasında tespit edilmiştir (Tablo 2). Buna rağmen vVO_{2maks} ölçümünde kullanılan prose-

TABLO 2: Maksimal aerobik hızın alan performans testleri ve referans yöntemle belirlendiği çalışmaların özeti.

Yazar-Yıl	n	Kullanılan ölçümler	Protokol	Hız (km/saat)
Berthoin ve ark. (1994) ³⁵	17	-Koşu bandı testi (%3 eğim)	BHa 10; 4 dk x 2 km/saat ^b	15,9±2,6
		-20 m mekik testi	BHa 10; 1 dk x 0,5 km/saat	13,1±1
		-UMTT	BHa 10; 2 dk x 1 km/saat	15,8±1,9
Berthoin ve ark. (1996) ²²	11	-Koşu bandı testi (%3 eğim)	BH 10; 4 dk x 2 km/saat ^b	17,1±2,1
		-UMTT	BH 10; 2 dk x 1 km/saat	16,7±1,3
		-Eşitlik	Eşitlik	17±1,7
Berthon ve ark. (1997) ²⁶	48	-Koşu bandı testi (%1 eğim)	3 dk x 1,5 km/saat	16,9±2,5
		-UMTT	BH 6,4; 30 sn x 0,3 km/saat	18,2±2,4
		-5 dk koşusu	Maksimal koşu	17,1±2,2
Baquet ve ark. (1999) ³⁶	19c	-UMTT	BH 8; 2 dk x 1 km/saat	10,1±0,9
		-20 m mekik testi	BH 8,5; 1 dk x 0,5 km/saat	10,4±0,8
Renoux ve ark. (2000) ²⁴	14	-Koşu bandı testi	BH 12; 3 dk x 2-1 km/saat	21,5±1
Renoux (2001) ⁴⁵	9	-Yüzme özel test	2 dk x 0,18 km/saat	5,1±0,4
Flouris (2004) ⁴⁶	10	-Koşu bandı testi	BH 9; 2 dk x 1 km/saat	15,4±1,2
		-Kare mekik testi	-	14,7±1,4
Heaney ve ark. (2009) ²³	10	-Koşu bandı testi (%1 eğim)	BH 10; 1 dk x 1-0,5 km/saat	15,3±0,9
		-Yo-Yo IR1	BH 10 ön-kayıtlı ses	15,8±0,7
Lorenzen ve ark. (2009) ¹⁵	23	-Koşu bandı testi (%1 eğim)	1 dk x 0,5 km/saat	16,7±0,6
		-1.500 m	Maksimal koşu	18±0,8
		-3.200 m	Maksimal koşu	16,1±0,8
Cappa ve ark. (2014) ¹¹	14	-Koşu bandı testi	BH 8 (3 dk sonra 10 km/saat);	15,6±1
		-UNCa testi	1 dk x 1 km/saat ^d	13,6±1,1
Sousa ve ark. (2014) ⁴⁷	12	-Yüzme özel test	Bireysel x 0,18 km/saate	
Bellenger ve ark. (2015) ¹²	28	-UMTT	BH 10; 2 dk x 1 km/saat	16,4±0,8
		-Çeşitli mesafe alan testleri		16-18
Swaby ve ark. (2016) ¹³	14	-1.200 m testi; ön oyuncular -	Maksimal koşu	17,6±0,5
		arka oyuncular		15,1±1,5
Damasceno ve ark. (2018) ⁵	9	-Koşu bandı testi	BH 8; 1 dk x 1 km/saat	17±1
Olher ve ark. (2019) ²¹	16	-Koşu bandı testi	3 dk x 0,5 km/saat	13,8±0,9
		-3.000 m	Maksimal koşu	13,6±0,9
Bekraoui ve ark. (2020) ³³	10	-UMTT	BH 10; 2 dk x 1 km/saat	15,3±1
Darendeli ve ark. (2020) ⁴⁸	18	-UMTT	BH 10; 2dk x 1km/sa	15,3±1
		-Yoyo IRT1	BH 10 ön-kayıtlı ses	16,9±1
		-20m mekik testi	BH 8,5; 1dk x 0,5km/sa	13,2±0,9
		-5 dakika koşusu	Maksimal koşu	15,8±1,2

BH: Testin başlangıç hızı (km/saat cinsinden), UMTT: Université de Montréal track test, UNCa: National University of Catamarca test.

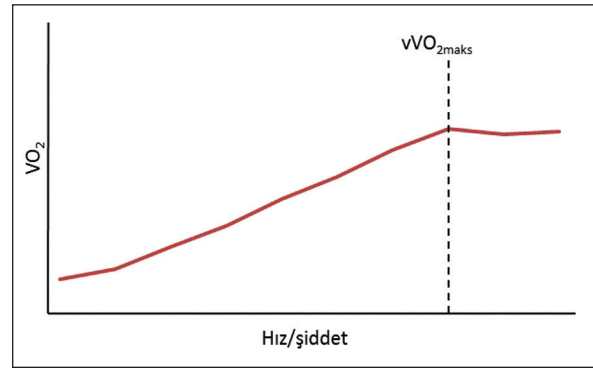
^aBu çalışmada başlangıç hızı kadınlar için 8 km/saat erkekler için 10 km/saat; ^bHer 4 dk'lık aşama sonrası 1 dk dinlenme; ^cÖrneklem grubu 11 yaş kız ve erkek çocuklar; ^diki test için de protokol aynı; ^eHer 200 m'de 30 sn dinlenme.

dürlerin, aşırı derecede zaman alması, pratik olmaması ve eğitilmiş personelle kontrollü şartlar altında kullanılması gereken özel ekipmanlar gerektirmesi, daha kolay uygulanabilen alan performans testlerinin alternatif olarak kullanımına yönelmektedir.^{14,15}

VO_{2maks} testinde; hızda meydana gelen 1 km/saat artışa rağmen VO_2 de (2,1 mL/kg/dk'dan az) oluşan plato, solunum değişim oranının 1,1'den büyük, laktat değerinin 8 mmol/L üzerinde ve kalp atım hızının öngörülen maksimal kalp atımının %90'ından büyük olması kriterleri takip edilmektedir.^{16,17} Billat ve ark., belirtilen VO_{2maks} testi kriterlerine göre gerçekleştirdikleri çalışmalarda VO_{2maks} 1 ortaya çıkaran en düşük koşu hızını belirlemeyi amaçlamıştır.^{18,19} Bu çalışmalarda uygulanan koşu bandı testinde 12 km/saat hızla başlanıp, her 3 dk'da sporcunun 3.000 m üzerindeki en iyi performansının %80'ine kadar 2 km/saat artırılarak ve sonrasında 1 km/saat artırılarak yorgunluğa ulaşıncaya kadar sürdürülen bir protokol uygulanmıştır. vVO_{2maks} , VO_{2maks} a eşit VO_2 değerini ya da plato oluşmadığında zirve VO_2 değerini ortaya çıkaran en düşük koşu hızı olarak kabul edilmiştir (Şekil 1). Billat ve ark. aynı tanımları kullanarak, farklı protokollerinin laboratuvar koşu bandı testinden elde edilmiş vVO_{2maks} değerlerini karşılaştırmıştır.⁵

FARKLI PROTOKOLLERİN vVO_{2maks} ÜZERİNE ETKİSİ

Laboratuvar koşu bandı testiyle vVO_{2maks} değerinin belirlendiği çalışmalara bakıldığında test protokollerinde gözlemlenen eğim, hız artışının büyüklüğü ve aşamaların süresi yönünden farklılıklar olduğu görülmektedir (Tablo 2). Bu durumda, solunan gaz analiz edilse bile bireylerin farklı protokollerde aynı vVO_{2maks} değerini alıp almayacağını test eden çalışmalar bulunmaktadır. Billat ve ark. aynı tanımları kullanarak farklı protokollerin, laboratuvar koşu bandı testinden elde edilmiş vVO_{2maks} değerlerini 15 iyi antrenmanlı uzun mesafe koşucusunun dâhil edildiği bir çalışmada karşılaştırmıştır.⁵ Uygulanan 2 dk x 1 km/saat ile 1 dk x 0,5 km/saat protokolleri arasında vVO_{2maks} yönünden fark bulunmazken, aynı çalışmada 7 kişilik bir alt gruba aynı protokol koşu pistinde uygulandığında anlamlı farklılık bulunduğu bildirilmiştir (sırasıyla koşu bandı ve koşu pisti; 21,1±0,7 km/saat, 20,1±0,7 km/saat, p=0,003). Diğer



ŞEKİL 1: Oksijen tüketiminin (VO_2) maksimale ulaştığı koşu hızı (vVO_{2maks}) ve hızdaki artışa rağmen VO_2 de (değişim 2,1 mL/kg/dk'dan az) oluşan plato gösterilmektedir. Y eksenine paralel olan tire doğru VO_{2maks} ın ortaya çıktığı ilk hızı işaret etmektedir. VO_{2maks} testin kriterleri yerine getirildiği durumda vVO_{2maks} belirlenebilir ve VO_{2maks} a denk gelen koşu hızı aşamasının tamamlanamaması durumunda bir önceki aşama vVO_{2maks} olarak alınır. vVO_{2maks} ın üzerinde ve altındaki hızlar sırasıyla anaerobik ve aerobik hız rezervlerini temsil eder.

yandan Hill ve Rowell, 5 farklı tanımın etkisini gözlemlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada 22 kadın koşucunun sonuçlarını karşılaştırmıştır ve nihai vVO_{2maks} değerlerinin birbirlerinden anlamlı farklılık gösterdiği görülmüştür.²⁰ Bu tanımlar, vVO_{2maks} ın belirlenmesindeki kriterler yönünden ayrışabilmektedir. Örneğin tanım 1'de ulaşılan son koşu hızının vVO_{2maks} kabul edilebileceği; tanım 2'de ise değer vVO_{2maks} olarak nitelendirilebilmesi için koşu hızının tamamlanmış olması gerektiği gibi farklılıklar görülebilir. Fakat bu çalışmada kullanılan protokoller, tanımlarla olan bağlantıları göz önünde bulundurulmadan değerlendirilmiştir. Yakın bir zamanda yapılan bir çalışmada ise Olher ve ark. daha öncekilerden farklı bir protokol uygulamıştır (3 dk x 0,5 km/saat).²¹ Kullanılan bu yöntemde hız artışının nispeten uzun sürelerde değişmesi, değerlerin sıklıkla kullanılan diğer yöntemden alınan nihai vVO_{2maks} bakımından farklılık göstermesine neden olması beklenebilir. Özetle, tanım yönünden çalışmalar arasında fazla farklılık görülmesi de VO_{2maks} belirlenirken kullanılan protokoller vVO_{2maks} değerini etkileyebilir (Tablo 2).

Laboratuvar koşu bandı testlerinde, vVO_{2maks} belirlenirken standart olmayan diğer bir nokta da koşu bandının değişen derecelerde eğimli ya da eğimsiz şekilde ayarlanarak testin gerçekleştiriliyor olmasıdır.^{6,22-24} Heaney ve ark.nın uyguladığı laboratuvar koşu bandı protokolünde (başlangıç hızı 10 km/saat;

1 dk x 1-0,5 km/saat), koşu bandı testiyle karşılaştırılan alan performans testi (Yo-Yo IR1) dışarıda gerçekleştirildiğinden, Jones ve Doust tarafından önerildiği şekilde koşu ekonomisini eşitlemek amacıyla koşu bandı eğimi sabit %1'e ayarlanmıştır.^{23,25} Diğer yandan birçok çalışmada, %1-3 aralığında sabitlenmiş eğimin sebebi bildirilmemiştir.^{15,22,26}

ALAN PERFORMANS TESTLERİ VE EŞİTLİKLERDEN vVO_{2maks} HESAPLANMASI

UNİVERSİTE DE MONTREAL TRACK TEST

Laboratuvar testlerinin zorluk ve sınırlayıcılığı nedeni ile sporun doğasını gerçeğe daha yakın bir şekilde yansıtan alan temelli testler geliştirilmiştir. Léger ve Boucher tarafından ortaya çıkarılan UMTT'nin vVO_{2maks} ve VO_{2maks} ın belirlenmesinde özellikle kullanılan bir yöntem olduğu görülmektedir.²⁷ Bu testin, vVO_{2maks} bakımından laboratuvar koşu bandı testiyle güçlü bir ilişkisi olduğu gösterilmiştir.²⁶ Ayrıca birçok çalışma UMTT'nin vVO_{2maks} değerinin saptanmasında geçerli bir araç olduğunu göstermiştir.^{12,28,29} Fakat UMTT ve kolay uygulanabilir bir test olan 5 dk koşusunun ortalama hız değerlerinin referans vVO_{2maks} değerinden anlamlı farklı olduğunu bildiren raporlar da bulunmaktadır.²⁶ Bu durumda test edilen grubun cinsiyeti, spor dalı, antrenmanlı olma durumu, elitlik düzeyi, homojenliği, referans laboratuvar yöntemde kullanılan farklı protokoller ve testlerin tekrar edilebilirliği gibi değişkenler göz önüne alınmalıdır. Bu test, 25 m aralıklarla konilerin yerleştirildiği 400 m koşu pistinde uygulanmakta ve testte başlangıç hızı 10 km/saat olup hız her 2 dk'da 1 km/saat artırılmaktadır. Katılımcı, testi daha fazla sürdürmeyeceğini bildirdiği ya da art arda 3 koniyi kaçırdığında test sonlandırılmaktadır.¹² Testte tamamlanan son hız ve sonraki aşamada geçirilen süre değerleri kullanılarak vVO_{2maks} aşağıda verilen eşitliğe göre belirlenmektedir:

vVO_{2maks} : En son tamamlanan hız (km/saat)+ [t÷aşama süresi (sn)xhız artışı (km/saat)],

t: Tamamlanmamış hızda sürdürülen süre (sn),

Aşama süresi: Her hız için gerekli süre; bu durumda 120 sn.

UMTT'ye göre VO_{2maks} (mL/kg/dk) tahmini için ise Léger ve Boucher şu eşitliği önermiştir:²⁷

$$VO_{2maks}: 0,0324x^2+2,134x+14,49$$

x: UMTT'den çıkartılan vVO_{2maks} değeri (km/saat)

vVO_{2maks} değerinin, farklı yöntemler kullanılarak belirlenmesini araştıran diğer bir çalışmada Lacour ve ark. UMTT ve koşu bandı protokolü ölçümlerini karşılaştırmıştır.²⁸ Sporculardan (24'ü erkek, 8'i kadın) oluşan gruba uygulanan koşu bandı testi 4 dk koşu 1 dk dinlenme şeklinde aralıklı bir prosedürdür. Başlangıç hızı 10,3 km/saat, hız artışı ise her 4 dk periyodundan sonra 1,54 km/saat şeklindedir. Solunan gaz verileri ise her periyodun son 30 sn'lik bölümünden alınmıştır. Diğer yandan, UMTT (Brue, 1985 versiyonu)'de koşu pistinde hızı ayarlayan bisikletçiyi takip eden katılımcıların başlangıç hızı 6 km/saat, hız artışı her 30 sn'de 0,5 km/saat olup tamamlanan son hız vVO_{2maks} kabul edilmiştir.³⁰ Grubun UMTT vVO_{2maks} değerlerinin (6,08±0,41 m/sn) koşu bandı testi vVO_{2maks} sonuçlarından (6,01±0,44 m/sn) yüksek olduğu görülmüş (p<0,03) ve 2 yöntem arasında güçlü ilişki olduğu belirtilmiştir (r=0,92, p<0,001). Kullanılan koşu bandı test protokolünün aralıklı olması, solunan gaz verilerinin tüm testi temsil etmemesi gibi yönleri bu çalışmanın, benzer yapıdaki araştırmalarla karşılıklı incelenmesini zorlaştırmaktadır. Diğer yandan, referans kabul edilen yöntemde bakıldığında, Morgan ve ark. ile Lacour ve ark. aynı yöntemi kullanmışlardır fakat VO_{2maks} ölçümünde koşu bandında eğim kullanılarak nispeten kısa bir test uygulanmışlardır (7 dk).^{28,31} vVO_{2maks} ise maksimal-altı koşu hızıyla bu hızı denk gelen VO_2 ilişkisine göre hesaplanmıştır.

Diğer yandan, UMTT'nin vVO_{2maks} değerinin belirlenmesinde geçerli bir yöntem olduğunun gösterilmesi, UMTT'nin indirekt yöntemle vVO_{2maks} ve VO_{2maks} belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılmasını sağlamıştır.^{7,12,28,29,32,33} Bellenger ve ark. araştırmalarında, daha kısa ve kolay uygulanabilir olan zaman-mesafe testleri kullanılarak vVO_{2maks} (UMTT ile belirlenmiş) değerinin öngörülebilirliğini bulmayı amaçlamıştır.¹² Katılımcı sayısının 28 olduğu çalışmada 2 alt grup (her grup için n=14) oluşturulmuş ve ilk grup farklı günlerde randomize düzenle 1.200, 1.600 ve 2.000 m, diğer grup ise 1.400, 1.800 ve

2.200 m koşularını gerçekleştirmiştir. Koşular, belirlenen mesafelerde 400 m koşu pistinde yapılırken katılımcıların ortalama hız verileri mesafenin zamana bölümüyle elde edilmiştir. İki grup vVO_{2maks} yönünden benzer değerler (ilk grup $16,35 \pm 0,75$ km/saat; diğer grup $16,25 \pm 0,86$ km/saat) alırken, 1.200 ve 1.400 m için ortalama hız değerleri vVO_{2maks} ile karşılaştırıldığında daha büyüktür (sırasıyla $17,90 \pm 0,74$ km/saat; $17,45 \pm 0,82$ km/saat; $p < 0,05$). Bin altı yüz, 1.800, 2.000 ve 2.200 m ortalama hızlarıyla vVO_{2maks} arasında anlamlı fark bildirilmemiştir. Bunun yanında, tüm mesafeler için ortalama hız, vVO_{2maks} değeriyle anlamlı ilişki göstermiştir ($r=0,69-0,85$). Bellenger ve ark. aşağıdaki eşitlik kullanılarak 1.200-2.200 m arasındaki zaman-mesafe test sonuçlarından vVO_{2maks} değerinin belirlenebileceğini belirtmiştir.¹²

vVO_{2maks} : $ZM_h (0,766 + 0,117 [ZM_m])$,

ZM_h : Zaman-mesafe testinde ortalama hızı (km/saat),

ZM_m : Zaman-mesafe testinde alınan mesafe (km).

YİRMİ METRE MEKİK KOŞUSU TESTİ

On yedi beden eğitimi öğrencisi üzerinde yapılan bir çalışmada, 20 m mekik koşusu testi (20MKT), laboratuvar koşu bandı protokolü ve UMTT, VO_{2maks} ve vVO_{2maks} değerleri yönünden karşılaştırılmıştır.^{34,35} VO_{2maks} değerleri bakımından, 20MKT'nin ($51,1 \pm 5,9$ mL/kg/dk) laboratuvar koşu bandı testi ($56,8 \pm 7,1$ mL/kg/dk) ve UMTT ($56,8 \pm 5,8$ mL/kg/dk) sonuçlarından istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, vVO_{2maks} yönünden de 20MKT'nin ($13,1 \pm 1,0$ km/saat) UMTT ($15,8 \pm 1,9$ km/saat) ve koşu bandı testinden ($15,9 \pm 2,6$ km/saat) anlamlı şekilde düşük olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan UMTT ve laboratuvar koşu bandı testi benzer vVO_{2maks} ve VO_{2maks} çıktıları vermiştir ($p > 0,05$). Fakat hız artışının 4 dk'da 2 km/saat şeklinde ilerlemesinin laboratuvar koşu bandı test sonuçlarının hassasiyetini düşürmesi kaçınılmazdır. Koşu bandı testinde, son aşamada alınan hız değerinin vVO_{2maks} kabul edildiğinin belirtildiği bu çalışmada, aşamanın tamamlanmış olup olmama kriteri belirtilmemiştir.

vVO_{2maks} ile UMTT arasında anlamlı fark görülmediği, 20MKT'de ise nihai hızın asıl değerden farklı olduğu yönündeki sonuçların 6-11 yaş arası çocuklarda da geçerli olup olmadığı Baquet ve ark. tarafından, 294 erkek ve kız çocuk üzerinde test

edilmiştir.³⁶ Grup, UMTT ve 20MKT testlerine katılmış ve çıktılar yaş ve cinsiyete göre ayrılmadığı durumda ($n=294$) UMTT vVO_{2maks} değerinin 20MKT nihai hızıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı düşük değerler verdiği belirtilmiştir (%2-5,5). Bunun yanında, tüm yaş grupları için kız ve erkeklerde UMTT vVO_{2maks} ve 20MKT nihai hız değerleri arasında ilişki görülmüştür ($0,51 < r < 0,85$). Baquet ve ark. bu sonuçlara göre 20MKT, UMTT'ye göre hafif daha yüksek değerler verse de bu farkın doğruluk sınırlarını aşmadığını (her aşamada hız artışı 20MKT için 0,5 km/saat; UMTT için 1 km/saat), dolayısıyla da genç ve erişkinlerin aksine 20MKT'nin 6-11 yaş arası çocuklarda vVO_{2maks} değerinin belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir.³⁶

UMTT ve 20MKT testlerinden çıkarılan VO_{2maks} değerleri birbirine yakın ve iyi ilişkili olsa da 20MKT vVO_{2maks} değerinin UMTT daha düşük olduğu bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise Berthoin ve ark., bu 2 testi ortaokul ($n=266$, 13,5 yaş) ve üniversite ($n=17$ beden eğitimi öğrencisi, 22,6 yaş; bu grup ayrıca koşu bandında direkt yöntemle VO_{2maks} testine de dâhil olmuştur) öğrencilerinde daha detaylı incelemişlerdir.³⁸ Tüm testlerde başlangıç hızı 8 km/saat olarak ayarlanmıştır fakat test protokolleri birbirinden oldukça farklıdır (UMTT, her 2 dk'da 1 km/saat artış; 20MKT, her dk 0,5 km/saat artış; koşu bandı (%3 eğim) testi, her 4 dk'da 2 km/saat artış). Ulaşılan maksimal hızların ortalamasına bakıldığında 20MKT'nin (ortaokul öğrencilerinde $11,2 \pm 1,01$ km/saat; üniversite öğrencilerinde $13,1 \pm 1$ km/saat) UMTT'den (ortaokul öğrencilerinde $12,4 \pm 1,82$ km/saat; üniversite öğrencilerinde $15,8 \pm 1,91$ km/saat) düşük olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Testler arasındaki regresyona bakıldığında ise şu eşitlikler verilmiştir:

vVO_{2maks} : (20MKT tamamlanan son hız [km/saat])
 $\times 1,34 - 2,86$

(ortaokul öğrencilerinde, $r=0,75$),

vVO_{2maks} : (20MKT tamamlanan son hız [km/saat])
 $\times 1,81 - 7,86$

(üniversite öğrencilerinde, $r=0,93$).

YO-YO ARALIKLI KOŞU TESTİ

Yo-Yo IR1 uygulanarak, vVO_{2maks} öngörülmek istenildiğinde ulaşılan son hızın vVO_{2maks} kabul edilmesi hız verisinin hassasiyetini etkilemektedir. Test pro-

tokolüne bakıldığında, hız artışının 0,5 km/saat olmasına rağmen 14,5 km/saat aşaması ve sonrasında mekik sayısının 8'e çıkması ve sonuç olarak, aşamanın yaklaşık olarak 2 dk 40 sn (bu süre, 14,5 km/saat aşaması için geçerlidir, hız arttıkça aşamanın süresi de azalmaktadır. Örneğin 16,5 km/saat hız aşamasında bu süre yaklaşık 2 dk 29 sn'dir) sürdürülmesi anlamına gelmektedir ki mekik yapılı bir test için bu süre oldukça uzundur. Dolayısıyla Kuipers ve ark. tarafından yapılan çalışmada, daha hassas hız aralıkları elde etmek için bir eşitlik uygulanmış ve bazı çalışmalarda bu eşitliğe göre belirlenen hız vVO_{2maks} kabul edilmiş ve direkt yöntemle karşılaştırılmıştır.^{23,26,39}

Yo-Yo_v: $V+0,5x(n=8)$,

Yo-Yo_v: Yo-Yo testi nihai hız değeri,

V: Tamamlanan son aşama hızı (km/saat),

n: Tamamlanamayan aşamada koşulan mekik sayısı.

Heaney ve ark. kadın netbolcularda solunan gazın kaydedildiği koşu bandı VO_{2maks} testiyle Yo-Yo IRI'yi vVO_{2maks} bakımından karşılaştırmıştır.²³ Koşu bandı testinde başlangıç hızı 10 km/sa olup koşu hızı testin ilk 5 dk'sında her 1 dk'da 1 km/saat ve sonrasında her 1 dk'da 0,5 km/saat artırılmıştır. Yo-Yo IRI dışarıda uygulandığından koşu ekonomisini eşitlemek üzere koşu bandı %1 eğime sabitlenmiştir.²⁵ Yo-Yo IRI'nin son tamamlanan hızının (15,8±0,7 km/saat) ya da Kuipers eşitliğine göre elde edilen hızın (16±0,6 km/saat) vVO_{2maks} kabul edildiği durumda koşu bandı testi vVO_{2maks} sonuçlarından (15,3±0,9 km/saat) büyük olduğu görülmüştür. Fakat Yo-Yo IRI'de katedilen mesafe ve katılımcıların boy uzunlukları kullanılarak oluşturulan regresyon eşitliği kullanılarak vVO_{2maks} 'ın öngörülebileceği belirtilmiştir ($R^2=0,918$).³⁹

vVO_{2maks} : 0,701 (mesafe)+0,030 (boy uzunluğu)-2,201±0,08 m/sn,

vVO_{2maks} (m/sn); mesafe (km); boy uzunluğu (cm),

Yalnızca mesafenin kullanıldığı regresyon modeli ise vVO_{2maks} değerini daha düşük bir yüzdede açıklamaktadır ($R^2=0,665$).

ZAMAN-MESAFE TESTLERİ

Laboratuvar testlerine diğer bir alternatif de çeşitli zaman-mesafe testleridir ve kolay uygulanabilir olan

bu testlerin vVO_{2maks} 'ın belirlenmesinde kullanılabilirliği, koşucuların yanında takım sporlarında da araştırılmıştır.^{12,15,29} Lorenzen ve ark. Avustralya futbolu oyuncularında (n=23) laboratuvar VO_{2maks} testi vVO_{2maks} sonuçlarıyla 1.500 m ve 3.200 m testlerinin ortalama hızlarının uyumunu incelemiştir.¹⁵ Laboratuvar VO_{2maks} testi koşu bandı üzerinde 2 dk ısınmadan sonra gerçekleştirilmiş ve solunan gaz kaydedilmiştir. Bin beş yüz m ortalama hızı (18±0,8 km/saat), vVO_{2maks} sonuçlarından (16,7±0,6) yüksek ($p<0,001$), 3.200 m ortalama hızı (16,1±0,8) ise düşük ($p<0,001$) çıkmıştır. Regresyon eşitliği çıktıların rapor edildiği çalışmada değişkenler, varyansın %63'ünü açıklamaktadır. Araştırmacılar sağlanan bu eşitliklerin asıl değerini yerini tutmamakla birlikte tutarsızlığı azalttığını bildirmiştir.¹⁵

vVO_{2maks} : -0,010 (1.500 m performansı)+7,795±0,12 m·s⁻¹,

vVO_{2maks} : -0,004 (3.200 m performansı)+7,286±0,12 m·s⁻¹,

1.500 m ve 3.200 m performansı: Süre (sn); vVO_{2maks} : m/sn.

Bin beş yüz, 5.000 ve 10.000 m zaman-mesafe testlerinin orta düzeyde-antrenmanlı dayanıklılık koşucularında VO_{2maks} ve vVO_{2maks} değerlerini öngörebilme kapasitesi Souza ve ark. tarafından araştırılmıştır.²⁹ Çalışmada, VO_{2maks} ve vVO_{2maks} değerleri laboratuvar testi ve UMTT ile saptanırken 1.500, 5.000 ve 10.000 m zaman-mesafe testleri 400 m koşu pistinde gerçekleşmiş, ortalama hız değerleri alınmıştır. Laboratuvar koşu bandı testinde eğim %1, başlangıç hızı 12 km/saat, hız artışı ise her 3 dk'da 1 km/saat şeklindedir. UMTT ise Léger ve Boucher'e göre uygulanmış ve UMTT ile laboratuvar test protokolleri arasında VO_{2maks} (UMTT: 65,5±2,3; laboratuvar testi: 64,2±5,7 mL/kg/dk) ve vVO_{2maks} (UMTT: 18,6±0,7; laboratuvar testi: 18,4±0,7 km/saat) değerleri bakımından fark olmadığı gösterilmiştir.²⁷ Bin beş yüz m testi ortalama hızı 2 protokolün de vVO_{2maks} değerlerinden anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Fakat 5.000 ve 10.000 m testlerinin ortalama hızlarının vVO_{2maks} değerinden farkı istatistiksel olarak anlamlıdır. Bunun yanında, araştırmacılar UMTT sonuçlarının dayanıklılık koşucularında performansın öngörülmesinde daha sağlam tahmin gücü gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu

durum, iç ve dış alan testleri için koşu ekonomisi (koşu bandı eğimi %1 artırılarak) benzer seviyeye getirilse de UMTT ve zaman-mesafe testlerinin benzer yapıda olması ve koşu pistinde gerçekleşmesiyle açıklanabilir.²⁵

MAKSİMAL-ALTI KOŞU KALP ATIMINDAN vVO_{2maks} TAHMİNİ

Olher ve ark. hem koşu bandında hem de 400 m koşu pistinde gerçekleştirilen 6 dk maksimal-altı koşuda kalp atımından vVO_{2maks} değerinin tahmin edilebilirliğini araştırmıştır.²¹ Rekreatyonel koşucularda (n=16) gerçekleştirilen çalışmada, 6 dk maksimal-altı koşunun şiddetini katılımcı, algılanan zorluk derecesine göre belirlemiş (Borg skalasında 12-13'e denk gelecek şekilde) ve testin sonunda kalp atımı kaydedilmiştir.⁴⁰ Maksimal-altı test tamamlandığında 10 dk'lık toparlanma arası takiben katılımcılar, kalp atım ve solunan gazın takip edildiği maksimal koşu bandı testine dâhil olmuştur. Testin başlangıç hızı, 6 dk testindeki koşu hızının 1 km/saat eksik hâlidir ve hız artışı her 3 dk'da 0,5 km/saat şeklindedir. Kalp atım ekonomisi belirlenirken maksimal-altı kalp atım hızı (1 dk'da atım sayısı) maksimal-altı koşu hızına (m/dk) bölünmüştür. Bu değerlere göre, vVO_{2maks} değerinin belirlenmesi için de maksimal kalp atım hızı, kalp atım ekonomisine bölünmüştür. Burada "kalp atım ekonomisi" ifadesiyle belirtilmek istenilen, maksimal-altı belirli bir koşu hızında bireyin kalp atım hızıdır. Maksimal-altı koşuya denk gelen kalp atımı bu sabit hıza çarpılarak ya da bu hıza bölünerek normalize edilebilmektedir (örneğin koşu hızı algılanan zorluk derecesine göre belirleniyorsa bireyler arası eşit karşılaştırma yapılabilmesi için kalp atım hızı değerleri maksimal-altı koşu hızıyla çarpılabilir ya da bu hıza bölünebilir).⁴⁰ Böylelikle, kalp atım ekonomisi standart koşullar altında bireyler arasında görece karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamaktadır. Koşu bandında ve 400 m koşu pistinde gerçekleştirilen maksimal ve maksimal-altı testlere göre elde edilen vVO_{2maks} değerleri arasında fark olmadığı, yöntemler arasında güçlü ilişki olduğu bildirilmiştir. Fakat maksimal laboratuvar koşu bandı testine bakıldığında literatürden tamamen farklı bir yöntem kullanıldığından, antrenman şiddeti belirlenirken önerilen vVO_{2maks} yüzdelerinin bu protokol sonuçla-

ıyla uyum sağlanması beklenmemelidir. Dolayısıyla bu yöntemle belirlenen vVO_{2maks} 'ın hangi yüzdelik dilimlerinde antrenman yapılmasının maksimal kazanç sağlayacağı bilgisi için gelecek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ELEKTROMİYOGRAFI, KOŞU EKONOMİSİ, NÖROMÜSKÜLER EKONOMİ VE vVO_{2maks} İLİŞKİSİ

Belirli bir hızdaki oksijen tüketimi olarak tanımlanan koşu ekonomisi, koşu performansının öngörülmesinde oldukça değerli bir değişkendir.⁴¹ Nöromusküler ekonomi de belirli mutlak bir yükün hareket ettirilmesi için gerekli olan elektromiyografi (EMG) genliğiyle temsil edilen, düşük kas aktivasyonudur.⁴² Bu değişkenlerin yanında diğer önemli bir performans parametresi olan vVO_{2maks} 'de koşu performansını öngörebilmektedir. McCormack ve ark. dayanıklılık koşucularında, sabit hızdaki koşu bandı testi sırasında VO_{2maks} ve vVO_{2maks} ile temsil edilen aerobik kapasiteyle koşu ekonomisi ve nöromusküler ekonominin ilişkisini incelemiştir.⁴³ Bireylerin, bir test gününde tüm ölçümlerinin tamamlandığı çalışmada katılımcıların (n=27) üzerine öncelikle EMG elektrot ve aktarıcılar yerleştirilmiştir (diz ekstansör aktiviteleri için sağ vastus lateralis ve kalça fleksör aktiviteleri için sağ rectus femoris kasları değerlendirilmiştir). Sonrasında ise sırasıyla maksimal izometrik diz ekstansiyon testi, koşu ekonomisi testi (3 farklı koşu hızında) ve VO_{2maks} testi uygulanmıştır (test protokollerine ait detaylar için McCormack ve ark. incelenebilir).⁴³ Çalışma sonuçları vastus lateralis ve rectus femoris kasları için nöromusküler ekonominin her 3 koşu hızında da VO_{2maks} ($r=-0,465 - -0,610$) ve vVO_{2maks} ($r=-0,530-0,695$) ile negatif anlamlı ilişkisi olduğunu göstermiştir. VO_{2maks} yüzdesi olarak koşu ekonomisi (normalize edilmiş) her 3 koşu hızında da VO_{2maks} ile anlamlı negatif ilişki göstermiş ($r=-0,768-0,787$) ve benzer şekilde 2 koşu hızında tüm koşu ekonomisi ölçümleri vVO_{2maks} değeriyle anlamlı negatif ilişkiye işaret etmiştir ($r=-0,536-0,894$).

Görülmektedir ki dayanıklılık koşucularından oluşan heterojen (cinsiyet ve seviye yönünden) bir grupta aerobik seviyesi nispeten daha iyi olanların nöromusküler ekonomisi daha iyidir. Gözlemlenen

bu ilişkinin kısmen daha iyi motor programlama ve kas güç üretim faktörleriyle açıklanabileceğini belirtmektedir.⁴³

UYGULAMA ÖRNEKLERİ, SONUÇ VE ÖNERİLER

vVO_{2maks} seviyesinde (%100 vVO_{2maks}) yapılan koşunun ağırlıklı olarak aerobik sistemleri kullandığı (~%80 aerobik) bildirilmektedir.⁴⁴ Bu yükte uygulanan koşullarda, aerobik sistemin baskın olmasının yanında ciddi oranda katkısı olan anaerobik sistemlerin (~%20 anaerobik) ATP ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayabileceği unutulmamalıdır.⁶ Rutin dayanıklılık antrenmanlarına kombine edilen 8 haftalık kuvvet antrenmanının 1 maksimal tekrar sonuçlarında çalışma grubuna göre artış sağladığı (%27±18, $p=0,008$) fakat %100 vVO_{2maks} düzeyinde ölçülen biyoenerjetik parametreler (toplam kullanılan enerji, aerobik sistemin katkısı, anaerobik sistemin katkısı gibi) üzerinde anlamlı değişime neden olmadığını bildirmiştir.⁶ Dupont ve ark. %120 vVO_{2maks} ile yapılan 10 haftalık yüksek şiddetli aralıklı antrenmanlarının (Bu periyodun öncesinde kontrol amacıyla 10 haftalık da rutin antrenman uygulanmıştır.) (bireysel vVO_{2maks} değerlerinin %120'sine göre belirlenmiş mesafenin, 15 sn'de katedilmesi şeklinde 12-15 tekrarlar uygulanan ve tekrarlar arasında 15 sn dinlenme verilen koşular) yalnızca rutin antrenman uygulanan kontrol periyoduyla karşılaştırıldığında vVO_{2maks} seviyesini (%18,1±3,1 artış; $p=0,001$) ve sprint sürelerini (%23,5±1,5 düşüş; $p=0,001$) geliştirdiği bildirmiştir.⁷ Berthoin ve ark. tarafından yapılan çalışmada, %100 vVO_{2maks} seviyesinde yapılan şiddetli antrenmanların 14-18 yaş arası antrenmansız öğrencilerde vVO_{2maks} geliştirdiği (erkeklerde %5,7; kızlarda %5,4; $p<0,001$) ve %100 vVO_{2maks} seviyesindeki yorgunluğa ulaşma sürelerinde değişiklik olmadığını gösterilmiştir.³²

vVO_{2maks} 'ın VO_{2maks} ve koşu ekonomisini birlikte açıklayabiliyor olması, sporcunun antrenmanlarının

izlenilmesinde bu değer kullanımının gerekliliğini göstermektedir. vVO_{2maks} belirlenirken kullanılan alan testleri (Yo-Yo IR1 gibi) ya da çalışmaların önerdiği eşitlikler kullanılırken dikkatli olunması gerekmektedir. Bu aşamada, verilen vVO_{2maks} eşitlikleri orijinal çalışmadakinden farklı özellikteki gruplar için kullanıldığında asıl vVO_{2maks} değerlerinin saptanması olası değildir. Bu değer belirlenmesinde kullanılan protokollerin farklılaşması (testin başlangıç hızı, başlangıç hızının belirlenmesinde kullanılan yöntem, hız artış miktarı, hız artışının hangi aralıklarla yapıldığı, koşu bandı eğimi gibi) uygulanacak protokolün grubun özelliğine uygun olarak seçilmesini zorlaştırmakta dolayısıyla gelecek çalışmalarda bu protokoller standart hâle getirilmelidir. Ayrıca alan testlerinin spora özgü olma yönü de nihai sonuçları etkileyebilir; 1) 5 dk testi ya da mesafe testlerinde (3.000 m gibi) optimal koşu hızının sürdürülmesi, hızlanma bilgisi, motivasyon ve deneyim gerektirir ve 2) genel olarak alan performans testlerinin mekik ya da devamlı koşular, sabit ya da artan hız, dinlenme aralığı olan ya da olmayan yapıda olmaları nedeni ile bu testlerin yapıca benzer olan spor dallarında kullanımı önerilebilir.

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

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Péronnet F, Thibault G, Cousineau DL. A theoretical analysis of the effect of altitude on running performance. *J Appl Physiol* (1985). 1991;70(1):399-404. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Daniels J, Scardina N, Hayes J. et al. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: Landers DM, editör. *Sport and Elite Performers*. 3th ed. Proceedings of the 1984 Olympic Scientific Congress. Champ-paign (IL): Human Kinetics; 1984. p.57-72.
- Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q J Med*. 1923;16(62):135-71. [[Crossref](#)]
- Volkov NI, Shirkovets EA, Borilkevich VE. Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1975;4;34(2):121-30. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO₂ max and on its time to exhaustion. *Arch Int Physiol Biochem*. 1996;104(3):313-21. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Damasceno M, Pasqua L, Gáspari A, Araújo G, de-Oliveira F, Lima-Silva A, et al. Effects of strength training on bioenergetics parameters determined at velocity corresponding to maximal oxygen uptake in endurance runners. *Science & Sports*. 2018;33(6):263-70. [[Crossref](#)]
- Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of inseason, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2004;18(3):584-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Boulossa DA, Tuimil JL, Leicht AS, Crespo-Salgado JJ. Parasympathetic modulation and running performance in distance runners. *J Strength Cond Res*. 2009;23(2):626-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Ferrari Bravo D, Sassi R, Impellizzeri FM, 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Pedro RE, Milanez VF, Boulossa DA, Nakamura FY. Running speeds at ventilatory threshold and maximal oxygen consumption discriminate futsal competitive level. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):514-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Cappa DF, García GC, Secchi JD, Maddigan, ME. The relationship between an athlete's maximal aerobic speed determined in a laboratory and their final speed reached during a field test (UNCa Test). *J Sports Med Phys Fitness*. 2014;54;(4):424-31. [[PubMed](#)]
- Bellenger CR, Fuller JT, Nelson MJ, Hartland M, Buckley JD, DeBenedictis TA, et al. Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2593-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Swaby R, Jones PA, Comfort P. Relationship between maximum aerobic speed performance and distance covered in rugby union games. *J Strength Cond Res*. 2016;30(10):2788-93. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Safrit MJ, Glauca Costa M, Hooper LM, Patterson P, Ehler SA. The validity generalization of distance run tests. *Can J Sport Sci*. 1988;13(4):188-96. [[PubMed](#)]
- Lorenzen C, Williams MD, Turk PS, Meehan DL, Kolsky DJC. Relationship between velocity reached at VO₂(max) and time-trial performances in elite Australian rules footballers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2009;4(3):408-11. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*. 1955;8(1):73-80. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. 4th ed. Champaign, IL, USA: Human Kinetics; 2003.
- Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(2):254-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO₂max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*. 1994;102(3):215-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Hill DW, Rowell AL. Running velocity at VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(1):114-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Olher RR, Sales MM, Sousa CV, Sotero RC, Madrid B, Cunha RR, et al. Heart rate cost of running in track estimates velocity associated with maximal oxygen uptake. *Physiol Behav*. 2019;1;205:33-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Berthoin S, Pelayo P, Linsel-Corbeil G, Robin H, Gerbeaux M. Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*. 1996;17(7):525-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Heaney N, Williams M, Lorenzen C, Kemp J. Comparison of a YOYO IR1 test and a VO₂max test as a determination of training speeds and evaluation of aerobic power. Australian Strength and Conditioning Association International Conference on Applied Strength and Conditioning, Australia. Poster Presentation 7. 2009;18:S1.
- Renoux JC, Petit B, Billat V, Koralsztein JP. Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. *Ergonomics*. 2000;43(2):160-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci*. 1996;14(4):321-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabonneville M, Coudert J, et al. A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75(3):233-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal Track test. *Can J Appl Sport Sci*. 1980;5(2):77-84. [[PubMed](#)]
- Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Chatard JC, Arsac L, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62(2):77-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- de Souza KM, de Lucas RD, Grossl T, Costa VP, Guglielmo LGA, Denadai BS, et al. [Performance prediction of endurance runners through laboratory and track tests]. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2014;16(4):466-74. [[Crossref](#)]
- Brue F. Une variante du test progressif et maximal de Lrger et Boucher: le test vitesse maximale arrobie derriere cycliste (test VMA). *Bull Med Fed Fr Athlet*. 1985;7:1-18
- Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;21(1):78-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Berthoin S, Mantéca F, Gerbeaux M, Linsel-Corbeil G. Effect of a 12-week training program on maximal aerobic speed (MAS) and running time to exhaustion at 100% of MAS for students aged 14 to 17 years. *J Sports Med Phys Fitness*. 1995;35(4):251-6. [[PubMed](#)]
- Bekraoui N, Boussaidi L, Cazorla G, Léger L. Oxygen uptake, heart rate, and lactate responses for continuous forward running and stop-and-go running with and without directional changes. *J Strength Cond Res*. 2020;34(3):699-707. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93-101. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E, Guerrin F, Linsel-Corbeil G, Vandendorpe F, et al. (1994). Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci*. 1994;12(4):355-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

36. Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Praagh EV. Assessment of maximal aerobic speed with the incremental running field test in children. *Biology of Sport*. 1999;16(1):23-30. [\[Link\]](#)
37. Léger L, Mercier D. Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Med*. 1984;1(4):270-7. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Berthoin S, Gerbeaux M, Geurruin F, Lensele-Corbeil G, Vandendorpe F. Estimation of maximal aerobic speed. *Science & Sport*. 1992;7(2):85-91. [\[Crossref\]](#)
39. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Guerten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in laboratory and its physiologic correlates. In *J Sports Med*. 1985;6(4):197-201. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
40. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-81. [\[Crossref\]](#)
41. Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17;(3):332-8. [\[Crossref\]](#)
42. Cadore EL, Pinto RS, Pinto SS, Alberton CL, Correa CS, Tartaruga MP, et al. Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J Strength Cond Res*. 2011;25(3):758-66. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
43. McCormack WP, Yoo CJ, Harpstrite KM, Shoepe TC, Jennings CA, Capel LM, et al. Submaximal neuromuscular economy is related to cardiorespiratory fitness in endurance-trained runners. *J Electromyogr Kinesiol*. 2019;48:69-75. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Sousa A, Figueiredo P, Zamparo P, Pyne DB, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ, et al. Exercise modality effect on bioenergetical performance at V. O₂max intensity. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(8):1705-13. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
45. Renoux JC. Evaluating the time limit at maximum aerobic speed in elite swimmers. Training Implications. *Arch Physiol Biochem*. 2001;109(5):424-9. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
46. Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, Parasiris Y, et al. Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*. 2004;7(2):197-204. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
47. Sousa AC, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. VO₂ kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100, and 105% of the velocity at VO₂max. *Biomed Res Int*. 2014;2014:675363. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
48. Darendeli A, Vitiello D, Billat V, Diker G, Cuğ M. Comparison of different exercise testing modalities to determine maximal aerobic speed in amateur soccer players. *Science & Sports*. 2020. (in press) [\[Crossref\]](#)