

Çeşitli Dayanıklılık Protokollerine Verilen Metabolik Cevapların Karşılaştırılması

Comparison of Metabolic Responses to Various Endurance Protocols

Araştırma Makalesi

¹Alper ASLAN, ²Alpay GÜVENÇ, ³Tahir HAZIR, ³Alper AŞÇI, ³Caner AÇIKADA

¹Mustafa Kemal Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antakya

²Akdeniz Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antalya

³Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, Ankara

ÖZ

Çalışmanın amacı laboratuvar ve saha ortamında uygulanan çeşitli dayanıklılık protokollerine verilen metabolik cevapların karşılaştırılması ve testlerden elde edilen maksimum oksijen tüketimi (VO_{2max}) değerlerinin testlerde kat edilen toplam mesafe ile ilişkilerinin incelenmesidir. Çalışmaya genç takımlarda oynayan toplam 30 futbolcu katılmıştır. Araştırma grubundaki sporculara koşu bandı (KB), mekik (M), dairesel mekik (DM), modifiye mekik (MM) ve dairesel modifiye mekik (DMM) olmak üzere beş farklı dayanıklılık protokolü uygulanmıştır. Protokollere submaksimum ve maksimum koşu hızlarında verilen kan laktat (LA), oksijen tüketimi (VO_2), kalp atım hızı (KAH) ve algılanan zorluk düzeyi (AZD) değerleri belirlenmiştir. Protokollere verilen metabolik cevaplar tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. İkili grup karşılaştırmalarında ise LSD testi kullanılmıştır. Protokoller arasındaki ilişkiler ise Pearson korelasyon

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare metabolic responses to various endurance tests administered in laboratory and field conditions, and to consider relationship between maximal oxygen consumption (VO_{2max}) and distance covered during tests. Thirty-players playing at young-teams participated to study. The players were performed treadmill (T), shuttle-run (SR), circular shuttle-run (CSR), modified shuttle-run (MSR) and circular modified-shuttle-run (CMSR) tests. Blood lactate (LA), oxygen consumption (VO_2), heart rate (HR) and rate of perceived exertion (RPE) responses to protocols were determined. Comparison of metabolic response differences between protocols were made using repeated measures ANOVA. LSD test was applied to identify the point of differences. Relationships between protocols were considered using Pearson Correlation. LA, VO_2 , HR and RPE responses to SR and MSR at submaximal running speeds were higher than T,

katsayısıyla incelenmiştir. Submaksimum koşu hızlarında M ve MM testlerine verilen LA, VO₂, KAH ve AZD cevapları KB, DM ve DMM testlerinden yüksek bulunmuştur (p<0.05). Farklı LA'daki koşu hızı KB testinde DMM'den yüksektir (p<0.05). Karşıt olarak, farklı LA'daki KAH ise DMM testinde KB'den yüksek bulunmuştur (p<0.05). Protokoller arasında LAmaks, VO_{2maks}, KAHmaks, AZDmaks ve maksimum koşu hızı (Hızmaks) açısından orta ve/veya yüksek düzeyde korelasyon belirlenmiştir (p<0.01). M, DM, MM ve DMM testlerinde ölçülen VO_{2maks}, bu testlerde kat edilen mesafe ile orta düzeyde ilişkilidir (r = 0.61-r = 0.76; p<0.01). Sonuç olarak, laboratuvar ve saha ortamında uygulanan dayanıklılık protokollerinin submaksimum ve maksimum koşu hızlarında yarattığı fizyolojik zorlanma düzeyleri farklıdır. Dayanıklılık antrenmanlarında bireysel yüklenme şiddetinin belirlenmesinde DMM testinin uygulanması önerilebilir. Ayrıca, saha testlerinde kat edilen mesafenin futbolcuların VO_{2maks} değerlerinin kestiriminde hassas bir yaklaşım tarzı olmadığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Dayanıklılık testleri, Kan laktat konsantrasyonu, Oksijen tüketimi, Kalp atım hızı

GİRİŞ

Birçok spor dalında performans genetik yatkınlık, antrenman düzeyi ve sporcunun sağlık durumu gibi faktörlerden etkilenmektedir. Spor bilimciler sporculara uygulanan fizyolojik testler vasıtasıyla bu faktörleri analiz etmekte ve sporcuların kendi branşları ile ilgili zayıf ve kuvvetli yönlerini bireysel olarak ortaya koymaktadırlar. Bu bilgiler sporculara bireysel antrenman planlarının geliştirilmesi açısından temel oluşturmaktadır. Daha sonra testlerin tekrar uygulanması ile sporcuların fiziksel performans profillerindeki değişim ortaya konarak uygulanan programın etkisi değerlendirilmektedir (Svensson ve Drust, 2005).

Aerobik dayanıklılık, tüm spor dallarında performans açısından önemli bir biyomotor özellik olarak görülmektedir (Astrand ve Rodahl, 1988; Brooks ve diğ., 2000). Fizyolojik temelleri açısından ele alındığında aerobik dayanıklılık performansı VO_{2maks}, anaerobik eşik (AnE) ve koşu ekonomisi (KE) değişkenlerince belirlenmektedir (Pate ve Branch, 1992). Literatürde, VO_{2maks}'ın ge-

CSR and CMSR (p<0.05). Running speeds at fixed LA were higher in T than CMSR (p<0.05). In contrast, HR at fixed LA were higher in CMSR than T (p<0.05). Moderate and/or high relationships were observed between protocols in terms of LAmaks, VO_{2maks}, HRmax, RPEmax and maximal running speed (RS_{max}). VO_{2max} measured at SR, CSR, MSR and CMSR was moderately related to distance covered during test (r=0.61-0.76; p<0.01). The results demonstrated that endurance protocols administered in laboratory and field conditions caused different physiological strain at submaximal and maximal speeds. CMSR test can be suggested to determine individual training load in endurance training. Furthermore; distance covered at field tests was not a sensitive method in estimating VO_{2max} values of soccer players.

Key Words

Endurance tests, Oxygen consumption, Blood lactate concentration, Heart rate

nellikle kalp-damar sistemin aktif dokulara oksijen sağlama yeteneği ile sınırlandığı, AnE'in ise çevresel dokuların oksijeni kullanma yeteneği ile sınırlandığı konusunda genel bir fikir birliği vardır (Bassett ve Howley, 2000). Bundan dolayı, bu değişkenlerin uygun protokoller kullanılarak değerlendirilmesi antrenör ve spor bilimcilere aerobik antrenmanın merkezi ve çevresel faktörler üzerindeki etkileri konusunda faydalı bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca, VO_{2maks} ve AnE değerlerinin ölçülmesi ve bir ölçüt ile karşılaştırılması ile sporcuların mevcut dayanıklılık performansları hakkında karşılaştırmalı bilgi sahibi olunabilmektedir.

Aerobik dayanıklılık ile ilişkili değişkenlerin değerlendirilmesi amacıyla çeşitli laboratuvar ve saha testleri geliştirilmiştir (Cink ve Thomas, 1981; Danielle ve diğ., 2009; Impellizzeri ve diğ., 2005; Kemi ve diğ., 2003; Leger ve Lambert, 1982; Silva ve diğ., 2007). Ölçüm aracı ve yöntemine ilişkin güvenilirlik sağlandığında, laboratuvar testleri kontrollü bir ortamda uygulandığından dış faktörlerin etkilerini azaltarak gü-

venirliği daha yüksek sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Saha testlerinin ise spor dalına özel bir değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlaması ve sporcular üzerindeki motive edici etkisinin daha fazla olmasından dolayı geçerliliği daha yüksektir (Svensson ve Drust, 2005). Ayrıca, araştırma veya performans analizi amacıyla laboratuvar testlerinin kullanımı uygulamadaki bazı problemler, ölçüm araçlarının yüksek fiyatı ve uzman personel gerektirmesi açısından dezavantaj getirmektedir. Ayrıca, birçok sporcu laboratuvar ortamında yapılan testlerden kaçınmaktadır. Bu nedenlerden dolayı aerobik dayanıklılığın değerlendirilmesinde laboratuvar testlerine alternatif olarak birçok saha testi geliştirilmiştir (Greg, 1987; Kemi ve diğ., 2003; Leger ve Lambert, 1982). Bu testlerden yaygın olarak kullanılan bir tanesi M testidir (Leger ve Lambert, 1982). M testi şiddeti yorgunluğa kadar aşamalı olarak artan sürekli bir testtir. Testte ulaşılan maksimum koşu hızı VO_{2maks} ile yüksek korelasyon ($r = 0.84$) göstermektedir. Bu nedenle, VO_{2maks} 'ın tahmini için çeşitli regresyon denklemleri önerilmiştir (Leger ve diğ., 1983; Leger ve Gadoury, 1989; Leger ve Lambert, 1982). Bu denklemlerin çoğu çocuk, yetişkin erkek ve bayan popülasyonlarından geliştirdiği için oldukça özgün denklemlerdir ve bu popülasyonlar değerlendirildiğinde sağlıklı sonuçlar vermektedirler. Aziz ve diğ. (2005) ise, futbolcularda M testinde ölçülen VO_{2maks} değeri ile testte kat edilen mesafe arasında $r = 0.80$ düzeyinde bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Hazır (2000) ise, M testinin orijinal protokolünü değiştirerek (şiddeti aşamalı olarak artan ve her hız artışından önce 1 dk dinlenme süresi verilerek) portatif bir gaz analiz sistemi yardımıyla indirek kalorimetrik yöntemle, saha şartlarında dayanıklılıkla ilgili değişkenlerin güvenilirliğini ve koşu bandı testi ile karşılaştırarak geçerliliğini değerlendirmiştir. Geliştirilen bu saha testinin sağladığı en büyük avantaj dinlenme periyotlarında çeşitli analizler için kan alımı ve sporcuların egzersiz şiddetini algılama düzeyleri gibi çeşitli değişkenlere ilişkin veri toplanabilmesine olanak sağlamasıdır. Şiddeti aşamalı olarak arttırılan ve dinlenme periyotlarını içeren test

protokolleri sırasında metabolik cevapların toplanması dayanıklılık antrenmanlarının yönlendirilmesinde yardımcı olmaktadır (Janssen, 1987). Örneğin, şiddeti aşamalı olarak artan bir test protokolünün dinleme aralıklarında alınan kan örnekleri farklı LA konsantrasyonlarına denk gelen koşu hızı veya KAH değerlerinin hesaplanmasında kullanılarak çeşitli dayanıklılık antrenmanlarında uygulanacak egzersiz şiddetinin bireysel olarak ortaya konmasını sağlar. Bu tip değerlendirmeler laboratuvar veya saha testleri kullanılarak yapılabilir. Ancak, sporcuların laboratuvar ve saha testlerine submaksimum ve maksimum şiddette verdikleri metabolik cevaplar arasında fark olup olmadığı net değildir. Bu nedenle sporculara uygulanabilecek test alternatiflerinin ortaya konması açısından laboratuvar ve saha testlerine verilen metabolik cevapların incelenmesi gerekmektedir.

Bu açıklamalara bağlı olarak, çalışmanın amacı laboratuvar ve saha ortamında uygulanan farklı dayanıklılık protokollerine submaksimum ve maksimum koşu hızlarında verilen metabolik cevapların incelenmesi, farklı dayanıklılık testlerinden elde edilen VO_{2maks} değerlerinin ve testlerde kat edilen toplam mesafe ile VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişkilerin incelenmesidir.

YÖNTEM

Araştırma Grubu: Çalışmaya amatör ve A genç liginde oynayan toplam 30 futbolcu gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya katılan tüm sporcular takımlarını lig maçlarında düzenli olarak temsil etmektedirler. Araştırma grubunun yaş, boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ortalamaları sırasıyla 18.47 ± 1.76 yıl, 177.1 ± 5.81 cm ve 67.9 ± 6.93 kg'dır. Araştırmada veri toplama işlemine geçilmeden önce Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi, Cerrahi ve İlaç Araştırmaları Etik Kurulundan çalışmanın tıbbi etik açıdan uygun bulunduğu dair belge alınmıştır. Çalışmaya katılan futbolculara ve antrenörlere çalışmanın amaçları, yöntemi, sağlayacağı katkılar ve çalışma sırasında oluşabilecek olası riskler konusunda ayrıntılı bilgi verilerek çalışmaya gönüllü olarak katılan futbolculara "Bilgilendirilmiş Olur Alma Formu" okutularak imzalatılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Stadiometre ve Baskül: Araştırma grubundaki futbolcuların boy ölçümleri ± 1 mm hassasiyette Holtain marka (England) stadiometre, vücut ağırlığı ölçümleri ise ± 100 gr hassasiyetli Segal marka baskül ile ölçülmüştür.

Tempo Düzenleyici: Saha koşullarında uygulanan tüm dayanıklılık protokollerinde koşu hızının ve süresinin ayarlanmasında sinyal üreten elektronik bir cihaz (Prospert, Tümer Elektronik, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır.

Koşu Bandı: Koşu bandı testi Woodway marka (Ergo ELG2, German) ergometrede uygulanmıştır.

Termometre ve Nem Ölçer: Dayanıklılık testleri sırasında ortam sıcaklığının ve nem oranının belirlenmesi için % 0.1 hassasiyette ölçüm yapabilen elektronik bir higrometre (Hanna Instruments, HI 8564, Italy) kullanılmıştır.

Telemetrik Kalp Atım Hızı Monitörü (Polar S610i): Dayanıklılık testleri süresince araştırma grubundaki sporcuların KAH değerleri 5 sn aralıklarla telemetrik olarak ölçülmüştür (Polar S610i Heart Rate Monitor, Finland). Sistem, elastik bir band ile deneğin üzerine sabitlenen verici ünite ve deneğin koluna takılan telemetrik monitörden oluşmaktadır.

Borg Ölçeği: Testler sırasında araştırma grubundaki sporcuların AZD değerlerinin tespit edilmesinde 15 parçalı Borg ölçeği kullanılmıştır (Borg, 1982).

Kan Laktat Analizörü (YSI 1500): Dayanıklılık testlerinde alınan kanlardan LA analizleri YSI 1500 laktik asit analizöründe (USA) yapılmıştır.

Gaz Analizörü (K4b²): Testler esnasında gaz analizleri K4b² ölçüm sistemi (Cosmed, İtalya) ile yapılmıştır. Sistem portatif ünite, test sırasında güç kaynağı olarak kullanılan bataryalar ve şarj ünitesi, yüz maskesine bağlanan ve hava akımını ölçen tribün (akımmetre), veri transfer modülü, ekspirasyon havasının toplanmasını sağlayan değişik ebatlardaki elastik yüz maskeleri ve maskelerin yüze sabitlenmesinde kullanılan ayarlanabilir özellikteki filelerden oluşmaktadır.

İşlem Yolu: Araştırma grubundaki sporculara KB, M, DM, MM ve DMM testleri olmak üzere beş farklı dayanıklılık protokolü uygulanmıştır. Araştırma grubundaki sporcular rastgele 6'şar kişilik 5

gruba ayrılmıştır. Testlerin uygulanma sıralamasının sonuçlar üzerindeki olası etkisini ortadan kaldırmak amacıyla beş grup için beş farklı test sıralaması düzenlenmiştir. Her bir sporcuya uygulanan 5 farklı dayanıklılık protokolü yaklaşık olarak günün aynı saatlerine gelecek şekilde ve testler arasında en az 72 saat olacak şekilde uygulanmıştır. Her bir test protokolü öncesinde sporcular son 48 saat içerisinde yüksek şiddette yüklenme yapmamışlardır.

KB Testi: KB protokolü % 0 eğimde 7.2 km/s başlangıç hızı olmak üzere her 3 dk'da bir 1.2 km/s hız artışları yapılarak sporcu bant hızını koruyamaya kadar sürdürülmüştür (Tanaka ve diğ., 1984). Test başlamadan önce KB'nın hızı yavaş yavaş artırılmış ve denek adapte olduktan sonra teste başlanmıştır. Test süresince her hız artışından önce kan alımı için test durdurulmuş, bu süre zarfında denekten KB'nın ön paneline yapıştırılan Borg ölçeğini değerlendirmesi istenmiş ve teste tekrar başlanıncaya kadar geçen süreler kaydedilmiştir. Literatürde, sürekli ve 30 saniyenin altında verilen testlerden elde edilen VO_{2maks} değerleri arasında fark olmadığı bildirilmiştir (Maud ve Foster, 1995). Bu çalışmada kan almak için teste verilen araların ortalaması 26:83 sn olarak hesaplanmıştır.

M Testi: 20m uzunluğundaki parkurda giderek artan hızda, gidiş gelişli olarak uygulanan sürekli koşu protokolüdür. Test 8 km/s koşu hızında başlamış ve aşamalı olarak her 1 dakikada 0.5 km/s arttırılarak denek istemli olarak testi bırakana kadar veya 20m çizgilerine 3 kez ard arda zamanında yetişemediğinde sonlandırılmıştır. Test sonunda deneklerin kulak memesinden kan alınmış ve Borg skalası ile AZD değerleri tespit edilmiştir.

DM Testi: 20 m'lik bölümlere ayrılmış 100m'lik dairesel bir parkurda giderek artan hızda sürekli protokol olarak uygulanmıştır. Koşu protokolü M testinde olduğu gibi 8 km/s hızla başlamış ve koşu hızı her 1 dakikada 0.5 km/s arttırılarak denek istemli olarak testi bırakana kadar veya 20m çizgilerine 3 kez ard arda zamanında yetişemediğinde sonlandırılmıştır. Test sonunda deneklerin kulak memesinden kan alınmış ve Borg skalası ile AZD değerleri tespit edilmiştir.

MM Testi: M testinin uygulandığı parkurda giderek artan hızda, gidiş dönüşlü ve kesintili olarak

uygulanmıştır. Koşu protokolü M testinde olduğu gibi 8 km/s hızda başlamış ve üç dakika sonra hız 10 km/s'e çıkarılmıştır. Bundan sonra hız her üç dakikada bir 1 km/h artırılarak denekte istemli yorgunluk oluşuncaya kadar veya denek sinyal sesine 3 kez arda arda ayak uyduramayana kadar sürdürülmüştür. Her hız artımından önce bir dakika ara verilerek kulak memesinden kan alınmış ve Borg skalası ile AZD değerleri tespit edilmiştir.

DMM Testi: Dairesel mekik testinin uygulandığı parkurda giderek artan hızda kesintili olarak uygulanmıştır. Koşu protokolü modifiye mekik testinde olduğu gibi 8 km/s hızda başlamış ve üç dakika sonra hız 10 km/s'e çıkarılmıştır. Bundan sonra hız her üç dakikada bir 1 km/s artırılarak denekte istemli yorgunluk oluşuncaya kadar veya denek sinyal sesine 3 kez arda arda ayak uyduramayana kadar sürdürülmüştür. Her hız artımından önce bir dakika ara verilerek kulak memesinden kan alınmış ve Borg skalası ile AZD değerleri tespit edilmiştir.

Tüm testlerden önce deneğin vücut ağırlığı aç karnına ve şortlu olarak, boy ölçümleri baş frankfort düzleminde inspire konumda ölçüldükten sonra telemetrik kalp atım monitörü ve K4b² portatif oksijen analizörü sporcunun üzerine sabitlenmiştir. Sporcuya ilişkin yaş, cinsiyet, boy uzunluğu ve vücut ağırlığı değerlerinin yanısıra çevresel nem oranı bilgileri K4b² gaz analizörünün menüsüne girildikten sonra atmosferik oksijen ile cihazın kalibrasyonu yapılmış ve 3 dakika boyunca dinlenik veriler toplanmıştır. Ayrıca, telemetrik KAH cihazı sporcu üzerine sabitlenerek KAH kaydedilmeye başlanmıştır. Saha testleri sırasında tempo düzenleyici cihazın (Pro Sport Timer, Tümer Elektronik) ürettiği sinyaller kullanılarak deneklerin koşu tempolarını ayarlamaları sağlanmıştır. Gaz analizörünün her testten önce referans gaz kalibrasyonu [konsantrasyonu bilinen gaz karışımı kullanılarak (O₂= % 15.6, CO₂= % 4.1, N= Balans)], türbin kalibrasyonu [standart 3L şırınga kullanılarak] üretici firmanın önerdiği şekilde yapılmıştır. Testler esnasında alınan tüm kan örneklerinde laktik asit bekletilmeden hemolize tam kan olarak ölçülmüştür. Laktik asit analizörünün kalibrasyonu üretici firmanın yönergesi doğrultusunda testlere başlamadan önce her bir denek için ve membran ve solüs-

yon değişimlerinden sonra yapılmıştır (YSI, 2003).

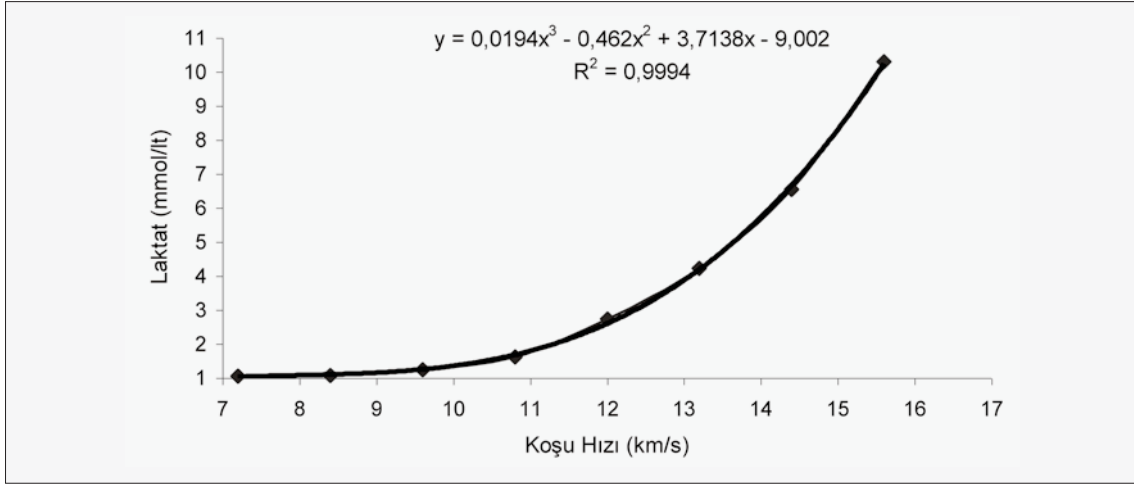
KB, M, DM, MM ve DMM Testlerinin Değerlendirilmesi: Tüm dayanıklılık testlerinde K4b² gaz analizörü ile toplanan veriler RS 232 paralel bağlantı ve K4b² yazılımı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Daha sonra ham verilerin 5 sn'lik ortalamaları alınarak Microsoft Excel'e aktarılmıştır. KB, MM ve DMM kesintili protokol testlerinde her hızın (3 dakika) son 1 dakikasının, M ve DM sürekli protokol testlerinde ise her 1 dk'nın (her hızın) ortalaması alınarak farklı koşu hızlarına verilen O₂ tüketimi ve KAH cevapları tespit edilmiştir. Bundan sonra koşu hızı - LA, koşu hızı - VO₂, koşu hızı - KAH ve koşu hızı - RPE grafikleri çizilmiş ve eğrileri en iyi temsil eden denklemlerden (R² değerleri en yüksek) belirli koşu hızlarına denk gelen LA, VO₂, KAH ve RPE değerleri saptanmıştır. İlgilenilen koşu hızına denk gelen metabolik cevaplar koşu hızının denklemden yerine konmasıyla hesaplanmıştır. Koşu bandı testi için koşu hızı-LA grafiği Şekil 1'de örnek olarak gösterilmiştir.

Bu çalışmada VO₂'de plato oluşması VO_{2maks}'a ulaşmada birincil kriter olarak kabul edilmiştir. Diğer taraftan, LA konsantrasyonunun 8 mmol/L ve üzerine çıkması, yaşa göre hesaplanmış KAH_{maks}'ın %90'ına ulaşılması ve AZD değerinin 18 ve üzerinde bulunması parametreleri ikincil kriterler olarak kabul edilmiştir. İkincil kriterlerden herhangi iki tanesinin aynı anda gerçekleştiği andaki en yüksek oksijen tüketimi VO_{2maks} olarak kabul edilmiştir. (Howley ve diğ, 1995). Testler sırasında ulaşılan en yüksek LA konsantrasyonu La_{maks}, en yüksek AZD değeri AZD_{maks} ve testlerin son bir dakikasında elde edilen en yüksek ortalama KAH ise KAH_{maks} olarak kabul edilmiştir. Yüklenme protokollerinde kaydedilen maksimum koşu hızı ise Hız_{maks} olarak tanımlanmış ve testin son basamağında koşulan süreye bağlı olarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Koşu Hızı}_{\text{maks}} (\text{km.s}^{-1}) = v + A \times (n/t)$$

Formülde; v= testin sonlandırıldığı basamak hızından önceki hız, A= basamaklar arasında artırılan hız miktarı, n = son basamakta koşulan süre (saniye), t = bir basamaktaki toplam koşu süresi (saniye) olarak kullanılmıştır (Kuipers, 1985).

Verilerin Analizi: Tüm parametrelere ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.



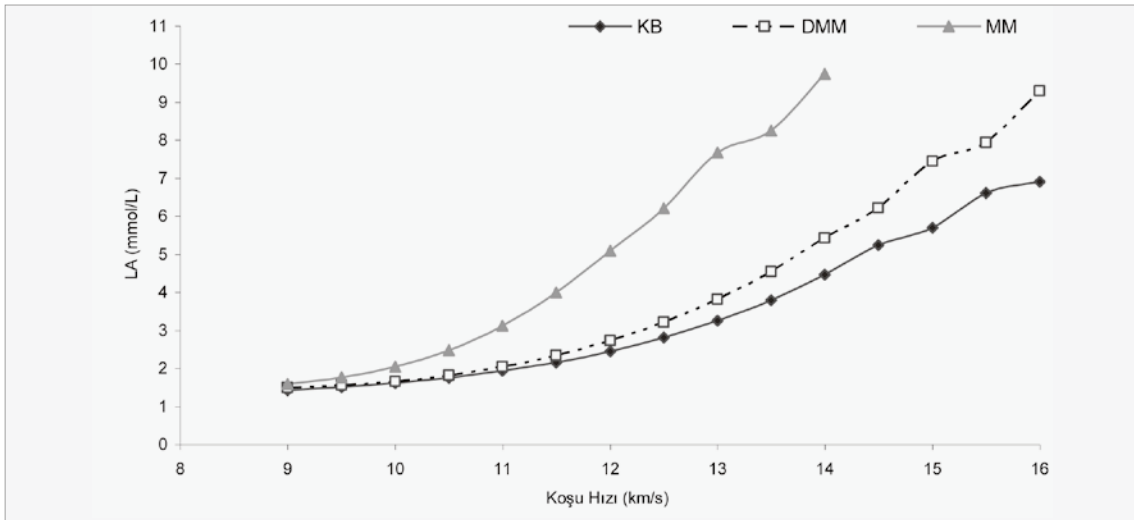
Şekil 1. Bir sporcunun KB testi değerlerinden elde edilmiş LA-koşu hızı grafiği

Beş farklı dayanıklılık protokolüne submaksimum ve maksimum şiddetlerde verilen LA, VO_2 , KAH, AZD ve $Hız_{maks}$ cevapları arasında fark olup olmadığı tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi testi ile değerlendirilmiştir. Testler arasındaki fark anlamlı bulunduğunda ikişerli grup karşılaştırmaları LSD testi ile yapılmıştır. Dayanıklılık test protokollerinin ilerleyen aşamalarında bazı testlerdeki denek sayısı azaldığından karşılaştırılacak test sayısı 2'ye düştüğünde testler arasındaki fark bağımlı gruplarda t testi ile değerlendirilmiştir. KB ve DMM testlerinde farklı LA konsantrasyonlarına karşılık gelen koşu hızı ve KAH cevaplarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplarda t testi kullanılmış ve deneme etkisinin kuvveti

Cohen's d testi ile değerlendirilmiştir. Cohen (1988), etki genişliği oranlarını 0.2, 0.5 ve 0.8 için sırasıyla küçük, orta ve geniş olarak tanımlamıştır. Dayanıklılık protokollerinde elde edilen maksimum değerler arasındaki korelasyon, ve testlerde kat edilen toplam mesafe ile VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Katsayısı (r) kullanılarak test edilmiştir. Uygulanan tüm istatistiksel işlemlerde $\alpha = 0.01$ ve $\alpha = 0.05$ yanılma düzeyleri kullanılmıştır.

BULGULAR

KB, MM ve DMM testlerinde farklı hızlarda elde edilen LA konsantrasyonları Şekil 2'de gösterilmiştir. Tüm testlerde 10 km/s hıza kadar olan



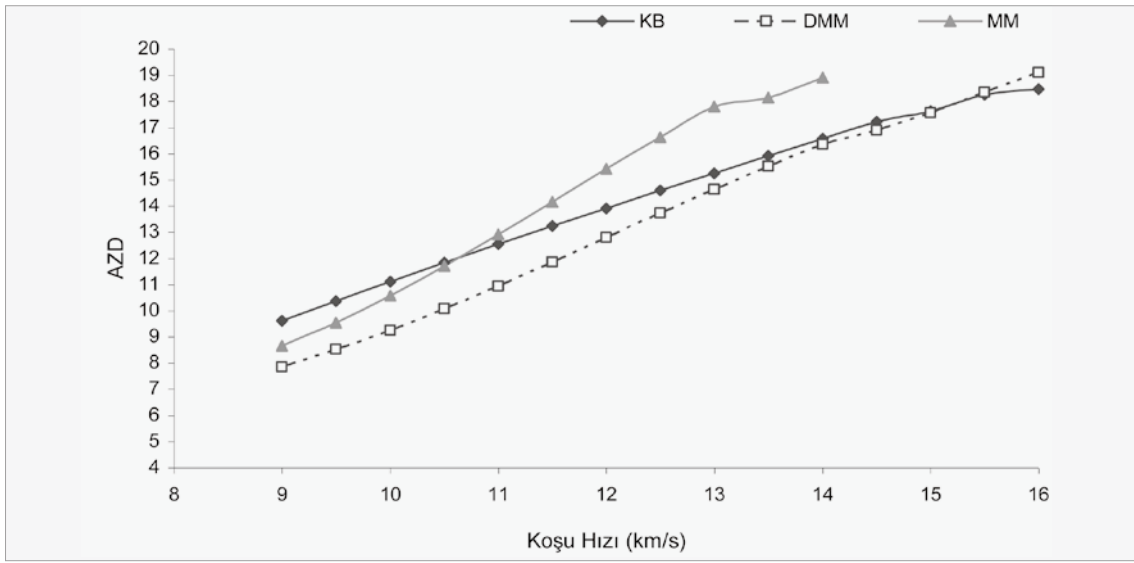
Şekil 2. KB, DMM ve MM testlerine submaksimum koşu hızlarında verilen LA cevapları.

submaksimal tempolarda LA cevapları benzerdir ($p>0.05$). MM'de 10 km/s ve daha yüksek, DMM'de 12 km/s ve daha yüksek hızlardaki LA konsantrasyonları, KB'den önemli derecede yüksek ölçülmüştür ($p<0.05$). Benzer şekilde MM'de 10 km/s hızdan sonra ölçülen LA, DMM'den yüksektir ($p<0.05$).

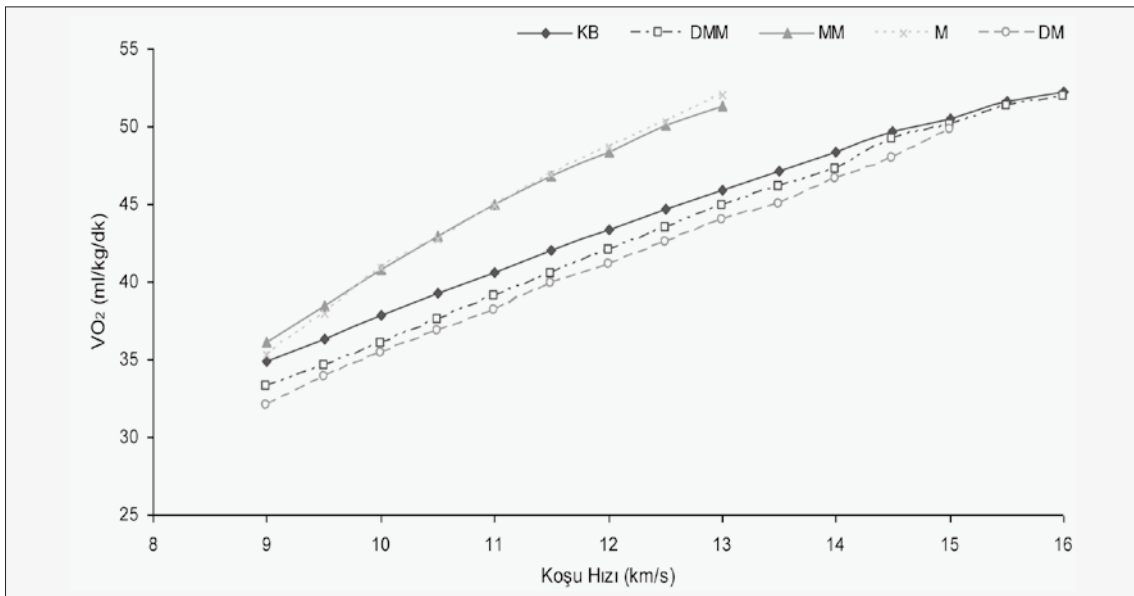
KB, MM ve DMM testlerinde giderek artan hızlara verilen AZD cevaplarına ilişkin bulgular Şekil

3'de sunulmuştur. KB testinde AZD cevapları 14 km/s hıza kadar DMM'den anlamlı derecede yüksek ($p<0.05$), sonraki hızlarda benzerdir. Bunun aksine MM testinde 11 km/s hızın üstünde kayıtları AZD değerleri KB'den yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Bunun yanında MM'deki AZD tüm hızlarda DMM'den daha yüksektir ($p<0.05$).

Tüm testlerde submaksimal hızlarda ölçülen VO_2 değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Bütün



Şekil 3. KB, DMM ve MM testlerine submaksimum koşu hızlarında verilen AZD cevapları.



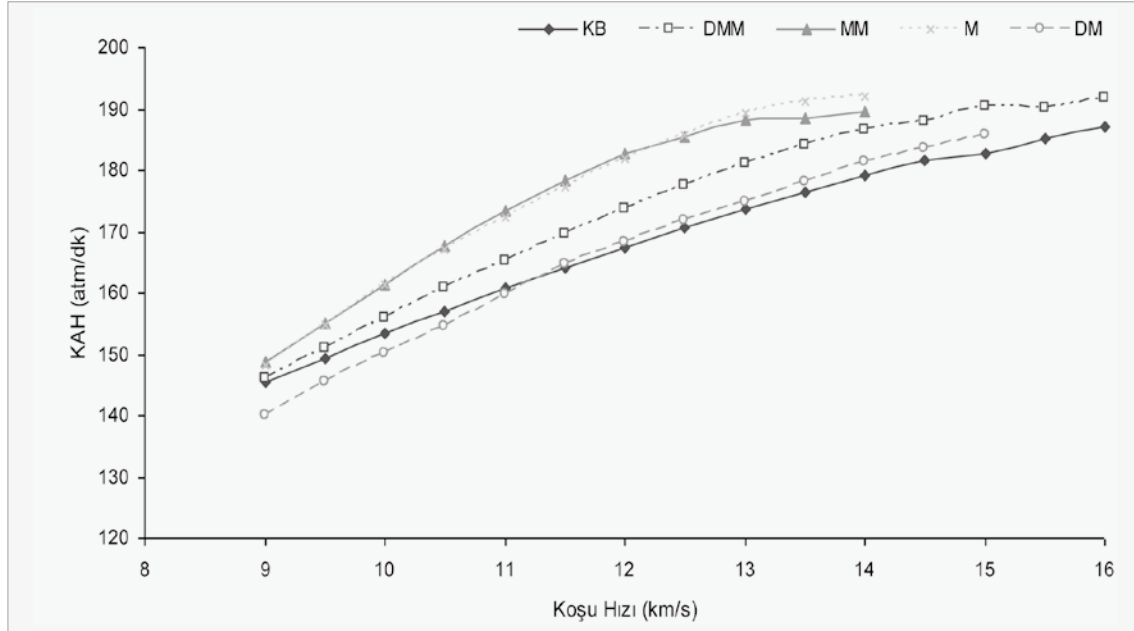
Şekil 4. KB, DMM, MM, M ve DM testlerine submaksimum koşu hızlarında verilen VO_2 cevapları.

koşu hızlarında ölçülen VO_2 , M ve MM testlerinde benzer bulunmuştur. KB, DMM ve DM testlerinde ölçülen VO_2 , 9-13 km/s aralığında MM'den 10-13 km/s aralığında M'den düşüktür ($p<0.05$). Buna karşılık KB testindeki VO_2 , 9-11 km/s aralığında DMM'den, 9-14 km/s aralığında DM'den yüksektir ($p<0.05$). DMM'de ölçülen VO_2 ise 11-13 km/s aralığında DM'den yüksektir ($p<0.05$).

MM testine verilen KAH cevapları 9-13 km/s aralığında KB ve DM'den, 10-13 km/s aralığında DMM testinden yüksektir ($p<0.05$). Benzer olarak M testindeki KAH 9-13 km/s aralığında DM'den, 10-13 km/s aralığında KB ve DMM'den yüksek bulun-

muştur. DMM testine verilen KAH cevapları 10-14 km/s aralığında DM, 11-15 km/s aralığında ise KB testlerinden yüksektir ($p<0.05$) (Şekil 5).

KB ve DMM testlerinden elde edilen veriler yardımıyla hesaplanan farklı LA konsantrasyonlarındaki koşu hızı ve KAH değerlerine ilişkin karşılaştırmalar sırasıyla Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir. 2.0 - 2.5 mmol/L LA konsantrasyonlarındaki koşu hızı değerleri testler arasında benzer bulunmuştur. Daha yüksek LA konsantrasyonlarına denk gelen koşu hızı değerleri KB testinde DMM testinden yüksektir ($p<0.05$; $p<0.01$) (Tablo 1). Bununla beraber 2.0 mmol/L hariç diğer LA konsantrasyonla-



Şekil 5. KB, DMM, MM, M ve DM testlerine submaksimum koşu hızlarında verilen KAH cevapları.

Tablo 1. KB ve DMM testlerinde farklı LA konsantrasyonlarındaki koşu hızı değerleri.

LA (mmol/L)	KB	DMM	t	Cohen's d
2.0	11.15 ± 1.61	11.01 ± 1.14	0.66	0.18
2.5	12.10 ± 1.38	11.84 ± 1.05	1.51	0.41
3.0	12.81 ± 1.22 ^a	12.48 ± 1.00	2.18*	0.60
3.5	13.34 ± 1.13 ^a	12.98 ± 0.95	2.81**	0.74
4.0	13.78 ± 1.08 ^a	13.35 ± 0.92	3.69**	1.01

KB. Koşu bandı, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, ^a DMM testinden yüksek.

rında KAH, KB'de DMM'den önemli derecede düşüktür ($p<0.05$; $p<0.01$) (Tablo 2).

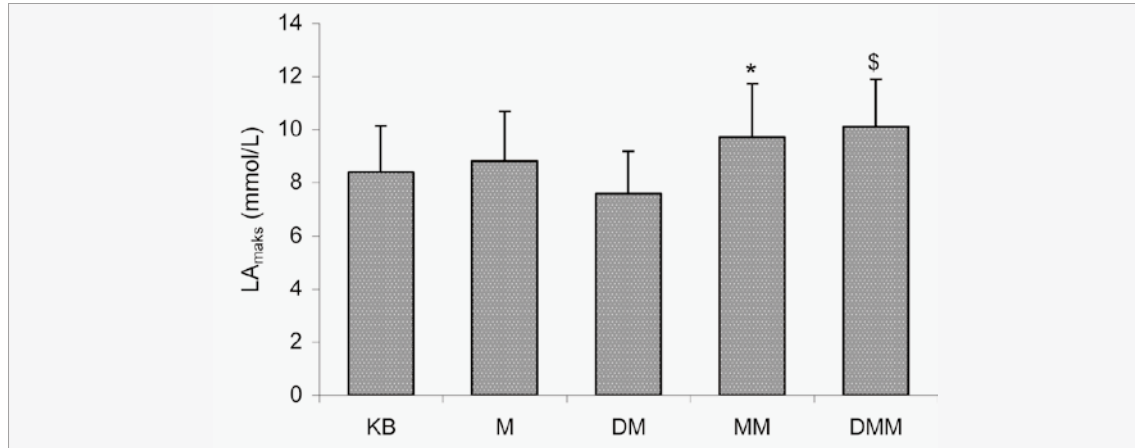
Dayanıklılık protokollerine verilen LA_{maks} ($F_{4, 116} = 16.36$; $p<0.01$), VO_{2maks} ($F_{4, 116} = 8.12$; $p<0.01$), KAH- $_{maks}$ ($F_{4, 116} = 8.28$; $p<0.01$), Hız- $_{maks}$ ($F_{4, 116} = 312.12$;

$p<0.01$) ve AZD_{maks} ($F_{4, 116} = 16.77$; $p<0.01$) cevapları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (Şekil 6-10). DMM testinde ölçülen LA_{maks} KB, M ve DM testlerinden, MM testinde ölçülen LA_{maks} ise KB ve DM testlerinden yüksektir ($p<0.05$). İkişerli grup kar-

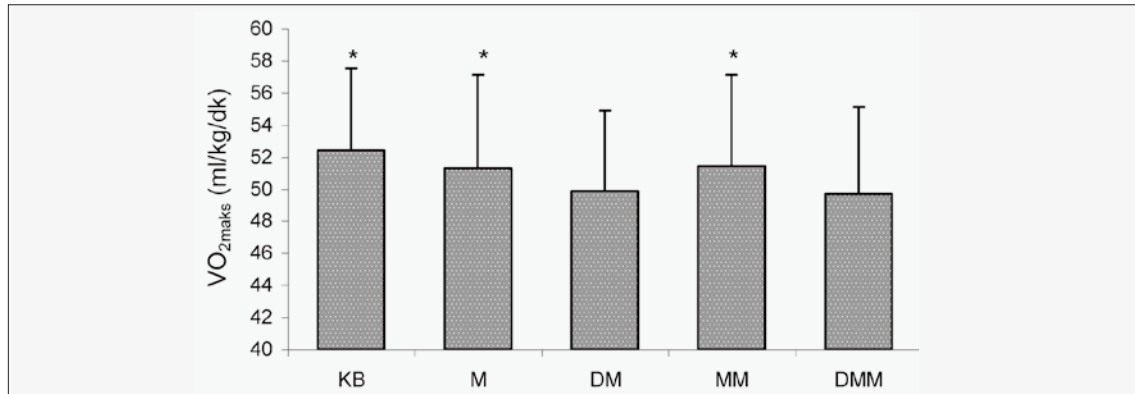
Tablo 2. KB ve DMM testlerinde farklı LA konsantrasyonlarındaki KAH değerleri.

LA (mmol/L)	KB	DMM	t	Cohen's d
2.0	161.1 ± 12.6	164.9 ± 9.97	2.02	0.52
2.5	168.0 ± 8.94	172.2 ± 9.08 ^a	2.83*	0.73
3.0	172.8 ± 7.00	177.3 ± 8.69 ^a	3.39**	0.91
3.5	176.3 ± 6.28	180.8 ± 8.45 ^a	3.75**	1.01
4.0	179.0 ± 6.40	183.3 ± 8.27 ^a	3.95**	1.06

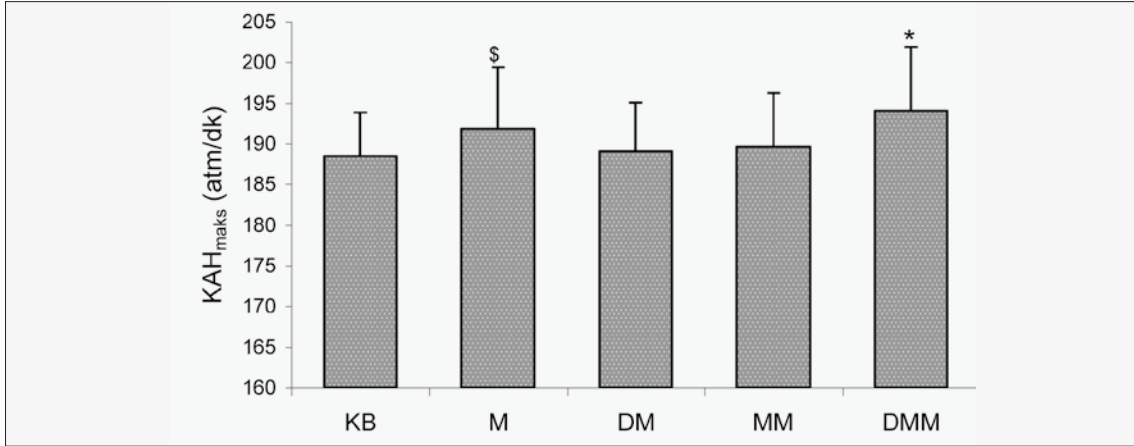
KB: Koşu bandı, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, ^aKB testinden yüksek.



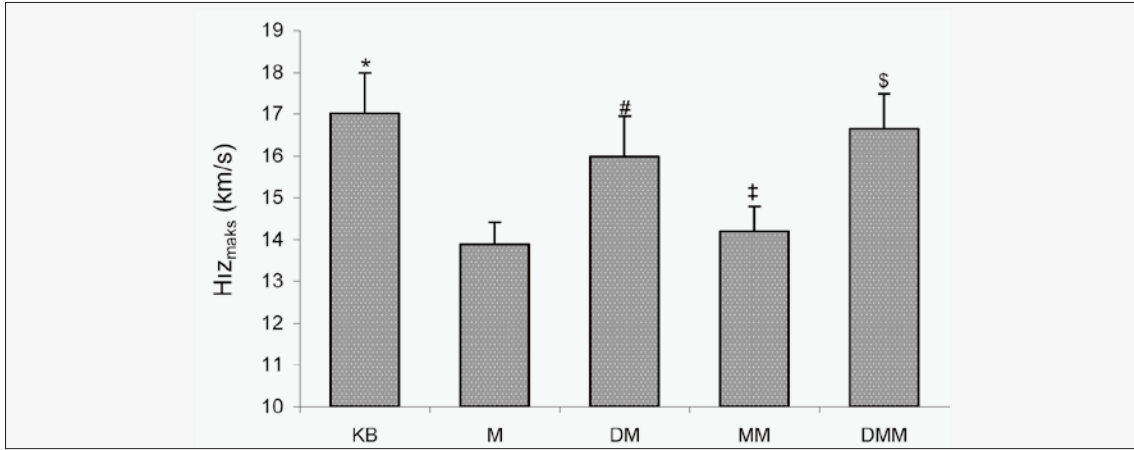
Şekil 6. Dayanıklılık protokollerinde elde edilen LA_{maks} değerleri. KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * KB ve DM testlerinden yüksek ($p<0.05$), \$ KB, M ve DM testlerinden yüksek ($p<0.05$).



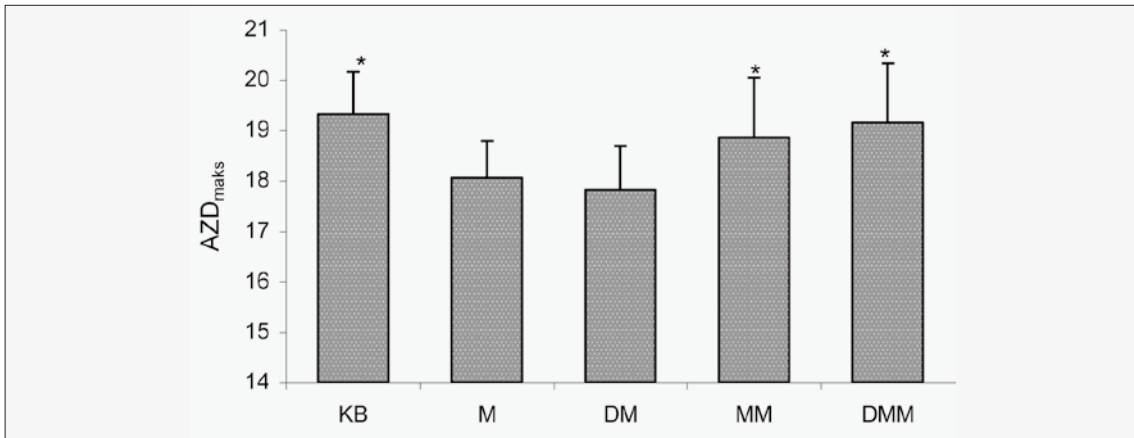
Şekil 7. Dayanıklılık protokollerinde elde edilen VO_{2maks} değerleri. KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * DM ve DMM testlerinden yüksek ($p<0.05$).



Şekil 8. Dayanıklılık protokollerinde elde edilen KAH_{maks} değerleri. KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * KB, M, DM ve MM testlerinden yüksek ($p<0.05$), § KB, DM ve MM testlerinden yüksek ($p<0.05$).



Şekil 9. Dayanıklılık protokollerinde ulaşılan $Hız_{maks}$ değerleri. KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * M, DM, MM, DMM testlerinden yüksek ($p<0.05$), # M ve MM testlerinden yüksek ($p<0.05$), ‡ M testinden yüksek ($p<0.05$), § M, DM ve MM testlerinden yüksek ($p<0.05$).



Şekil 10. Dayanıklılık protokollerinde AZD_{maks} değerleri. KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * M ve DM testlerinden yüksek ($p<0.05$).

şılaştırmalarına göre KB, M ve MM testlerinde ölçülen VO_{2maks} DM ve DMM testlerinden yüksektir ($p<0.05$). KAH_{maks} değerleri açısından ise DMM testi diğer tüm testlerden, M testi ise KB, DM ve MM testlerinden yüksektir ($p<0.05$). Diğer taraftan, KB testinde ulaşılan $Hız_{maks}$ diğer tüm testlerden ($p<0.05$), DMM testinde ulaşılan $Hız_{maks}$ ise M, DM ve MM testlerinden yüksek bulunmuştur. Ayrıca, DM testinden elde edilen değer M ve MM testlerinden ($p<0.05$), MM testinden elde edilen değer ise M testinden yüksektir. AZD_{maks} ise KB, MM ve DMM testlerinde M ve DM testlerinden daha yüksektir ($p<0.05$).

Tablo 3'te KB, M, DM, MM ve DMM testlerinde ulaşılan maksimum değerler arasındaki ilişkiler verilmiştir. Tüm parametrelerde anlamlı ilişkiler saptanmış olmakla beraber, testler arasında en yüksek ilişkiler VO_{2maks} ve $Hız_{maks}$ değerlerinde elde edilmiştir. Diğer parametrelerde elde edilen ilişkiler orta düzeydedir. Saha testlerinde VO_{2maks} ve kat edilen koşu mesafesi arasındaki ilişkiler; $r > 0.61$ 'dir (Tablo 4).

Dayanıklılık protokollerinde VO_{2maks} 'a ulaşma kriterlerine ait frekans dağılımları Tablo 5'de gösterilmiştir. Oksijen tüketiminde plato gözlenen sporcu sayısı en fazla M testinde en az ise KB testindedir. 8 mmol/L LA konsantrasyonuna ulaşma ve yaşa göre hesaplanan %90 KAH_{maks} 'a ulaşma kriterleri, en fazla DMM testinde en az DM testinde gerçekleşmiştir. AZD değerinin 18 ve üzerine çıkması kriteri, en fazla KB testinde sağlanmıştır. Araştırma grubundaki tüm sporcularda tüm testlerde oksijen tüketiminde platoya ulaşma veya ikincil kriterlerden aynı anda herhangi ikisi gerçekleşmiştir. Uygulanan beş farklı test protokolünün tamamında plato gözlenen sporcu sayısı 17'dir. İkincil kriterlerden, % 90 KAH_{maks} , 8 mmol/L LA ve AZD -18 kriterlerini tüm test protokollerinde sağlayan sporcu sayısı ise sırasıyla 20, 13 ve 14 olarak belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı protokoller ile laboratuvar ve saha ortamında uygulanan dayanıklılık testle-

Tablo 3. KB, M, DM, MM ve DMM testlerinde ulaşılan maksimal değerlerin ilişkileri

Testler	KB				M				DM				MM			
	LA_{maks}	VO_{2maks}	KAH_{maks}	HIZ_{maks}	LA_{maks}	VO_{2maks}	KAH_{maks}	HIZ_{maks}	LA_{maks}	VO_{2maks}	KAH_{maks}	HIZ_{maks}	LA_{maks}	VO_{2maks}	KAH_{maks}	HIZ_{maks}
M	.601*	.836*	.478*	.671*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DM	.494*	.798*	.579*	.601*	.615*	.843*	.476*	.748*	-	-	-	-	-	-	-	-
MM	.312	.796*	.534*	.692*	.489*	.824*	.831*	.833*	.234	.871*	.570*	.835*	-	-	-	-
DMM	.473*	.790*	.291	.734*	.376 ^s	.817*	.775*	.737*	.329	.892*	.477*	.817*	.394*	.899*	.708*	.850*

KB: Koşu Bandı, M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik. * $p<0.01$

Tablo 4. M, DM, MM ve DMM testlerinde ulaşılan VO_{2maks} değerleri ile testlerde kat edilen mesafeler arasındaki ilişkilerin incelenmesi (n = 30).

Testler	VO_{2maks} (ml/kg/dk)	Kat Edilen Mesafe (m)	r
M	51.31 ± 5.81	2077.3 ± 213.14	0.76*
DM	49.86 ± 5.06	3138.6 ± 462.23	0.72*
MM	51.43 ± 5.69	2885.3 ± 352.96	0.65*
DMM	49.68 ± 5.46	4693.0 ± 664.57	0.61*

M: Mekik, DM: Dairesel Mekik, MM: Modifiye Mekik, DMM: Dairesel Modifiye Mekik, * $p<0.01$

Tablo 5. Dayanıklılık protokollerinde VO_{2maks} 'a ulaşma kriterlerinin frekans dağılımı (n= 30)

Testler	Plato	8mmol/L	% 90 KAHmaks	AZD-18
KB	18	18	21	29
M	29	22	25	24
DM	26	14	25	20
MM	26	25	23	26
DMM	28	27	25	27

rine verilen metabolik cevapların hem submaksimum hem de maksimum koşu hızlarında farklılaştığı belirlenmiştir. Bunun yanında testlerde ulaşılan maksimal değerler arasında orta ve/veya yüksek düzeyde ilişkiler saptanmıştır.

Bu çalışmada submaksimum ve maksimum koşu hızlarına verilen metabolik cevapların toplanmasında kullanılan KB testinin geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmış ve birçok çalışmada aerobik dayanıklılığın değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Hazır, 2000; Tanaka, 1984). Dinlenme periyotları içeren KB, MM ve DMM testleri submaksimum koşu hızlarında LA, VO_2 , KAH ve AZD cevapları açısından karşılaştırılmıştır. Orijinal protokolünde dinlenme periyodu bulunmayan M testi ve M testinin dairesel parkurda uygulanan formu DM testinde ise sadece test sırasında kayıt edilen VO_2 ve KAH değerleri dikkate alınmıştır. Çalışma sonuçları aynı submaksimum koşu hızlarında MM testine verilen LA cevaplarının KB ve DMM testlerinden yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Özellikle 12 km/s koşu hızından itibaren MM testine verilen LA cevapları, KB ve DMM testlerinin 2 katına ulaşırken, 14 km/s koşu hızında KB testinden yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı submaksimum koşu hızlarında MM testine verilen VO_2 ve KAH cevapları da KB ve DMM testlerinden oldukça yüksektir (Şekil 4, Şekil 5). MM testinin kinematik yapısı incelendiğinde bu sonuçlar şaşırtıcı değildir. Çünkü, MM testi koşu dinamiği açısından her 20m sonunda düz koşu dinamiğinden daha şiddetli eksantrik bir kasılma ile negatif ivmelenme, dönüş aşamasında duruş, yön değiştirme ve sonrasında pozitif ivmelenme hareket kalıpları

nı içermektedir. Dolayısıyla, MM testinde koşu hızı KB ve DMM testlerinde olduğu gibi sabit değildir. Dönüş sonrasında dönüş öncesi yavaşlamanın telafi edilebilmesi için yapılan pozitif ivmelenme koşuları özellikle yüksek şiddetteki koşu hızlarında toplam enerji üretimine anaerobik metabolizmanın katılımını arttırmaktadır. Benzer şekilde koşu dinamiği açısından MM testi ile aynı olan M testine submaksimum koşu hızlarında verilen VO_2 ve KAH cevaplarında KB, DMM ve DM testlerinden yüksektir (Şekil 4, Şekil 5). Koşu dinamiği aynı fakat protokolleri farklı olan M ve MM testlerinin benzer fizyolojik cevaplar yarattığı gözlenmiştir (Şekil 4-5). Bu bulgulara paralel olarak Hazır'ın (2000) yaptığı çalışmada da aynı submaksimum koşu hızlarında KB testine verilen dakika ventilasyonu, VO_2 , KAH ve LA cevapları MM testinden düşük bulunmuştur.

Bu çalışmada KB, M ve MM testlerinden elde edilen VO_{2maks} değerleri arasındaki fark anlamlı değildir (Şekil 7). KB testinden elde edilen VO_{2maks} değerleri ile M, DM, MM ve DMM testlerinden elde edilen değerler arasındaki korelasyon katsayıları ise sırasıyla $r = 0.836$, $r = 0.798$, $r = 0.796$ ve $r = 0.790$ bulunmuştur (Tablo 3). Hazır (2000) aynı protokolleri uygulayarak yaptığı çalışmada VO_{2maks} değerleri arasında fark olmadığını ve KB testindeki VO_{2maks} ile MM testindeki VO_{2maks} arasında $r = 0.805$ düzeyinde anlamlı ilişki olduğunu göstermiştir. M testinin KB testi ile karşılaştırılarak geçerliliğinin değerlendirildiği çalışmalarda elde edilen korelasyon katsayıları ($r = 0.92$ ve $r = 0.93$) bu çalışmada elde edilen korelasyon katsayılarından biraz daha yüksektir (Paliczka, 1987; Ramsbottom ve diğ., 1988). Bu sonuçlar, M ve MM testlerinin VO_{2maks} ölçümünde KB testi-

ne alternatif olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Diğer taraftan M ve MM testlerinde ulaşılan H_{maks} değerleri diğer tüm testlerden düşük bulunmuştur (Şekil 9). Bu sonuç, iki testin koşu dinamiklerinin daha önce açıklandığı gibi diğer testlerden farklı olması ile açıklanabilir. Hızla artan LA konsantrasyonu, yorgunluğun daha erken gelişmesine neden olarak M ve MM testlerinde ulaşılan H_{maks} değerlerini sınırlandırdığı söylenebilir. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak, MM testinde ulaşılan H_{maks} değerlerinin KB testinden %15.8 daha düşük olduğu bildirilmiştir (Hazır, 2000). Aynı koşu dinamiğine rağmen MM testi H_{maks} değerinin M testinden yüksek olması ise her hız artışından önce verilen 1 dk dinlenme periyodundaki toparlanmaya bağlı olarak sporcuların bir sonraki aşamaya geçebilmelelerinden kaynaklanabilir. En yüksek H_{maks} değerine ise KB testinde ulaşılmıştır. Bu sonuç çalışmada kullanılan motorize KB'nin koşu verimliliğini arttırmasının bir sonucu olarak düşünülmektedir. Nitekim, aynı submaksimum egzersiz şiddetinde KB testine verilen LA, VO_2 , ve KAH cevapları MM testinden, LA ve KAH cevapları ise DMM testinden daha düşüktür (Şekil 2, 4, 5). KB testi koşu mekaniği açısından sürekli ileri doğru uygulanan bir test iken DM ve DMM testleri 100 m'lik dairesel bir parkurda uygulanmıştır. Özellikle yüksek koşu hızlarında sporcuların bir miktar savrulması açıktan dönmelerine sebep olmaktadır. Bunun sonucunda ortalama hız değerlerinde düşüş meydana gelebilir. Ayrıca, açıktan dönme ve savrulma sırasında denge kaybına bağlı olarak statik kas kasılmasındaki artış LA cevaplarındaki artışı tetikleyebilir. Aslan ve diğ. (2004), 60 ve 100 m'lik parkurlarda uygulanan DMM testlerine verilen LA cevaplarının düşük hızlarda benzer olduğunu, 11-12 km/s hızlarda aralarında fark olmamakla beraber 60m'lik parkurdaki LA cevaplarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada DMM testinden elde edilen LA_{maks} değerleri KB, M ve DM testlerinden, MM testinden elde edilen değerler ise KB ve DM testlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 6). Maksimum fizyolojik zorlanma düzeyinin bir başka göstergesi olan KAH_{maks} ise DMM testinde diğer tüm testlerden, M testinde ise KB, DM ve MM testlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 8). Bu sonuçlar, uygulanan tüm testlerde sporcuların fizyolojik ola-

rak maksimum düzeye erişemediğini göstermektedir. Ayrıca, MM testinde LA_{maks} değerinin M testinden yüksek olmasına rağmen M testinde KAH_{maks} değerinin MM testinden yüksek olması maksimuma yakın egzersiz şiddetlerinde bu iki değişkenin birbirlerinden bağımsız olduğunu göstermektedir. KB, MM ve DMM testlerinde elde edilen AZD_{maks} değerleri ise M ve DM testlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 10). Bu sonuçlar, AZD_{maks} değerleri üzerinde metabolik parametrelerin yanı sıra testlerin her hız aşamasındaki yüklenme süresinin etkili olduğunu düşündürmektedir. Çünkü, KB, MM ve DMM testlerinde her bir aşamadaki koşu süresi 3 dk iken, M ve DM testlerinde bu süre 1 dk'dır. Her aşamadaki yüklenme süresinin uzun olmasına bağlı olarak toplam test süresi doğal olarak uzamaktadır. Diğer taraftan, KB testinin yüksek hızlarında koordinasyonda meydana gelebilecek zayıflama sporcuların duyguları üzerinde etkili olmuş olabilir.

Aşamalı egzersiz testleri sırasında fizyolojik değişkenlerin izlenmesi ile antrenmanın amaçlarına bağlı olarak yüklenme şiddeti önceden belirlenebilir. Bu bağlamda, farklı LA konsantrasyonlarına denk gelen koşu hızı veya KAH değerleri antrenmanlarda sporculara uygulanacak şiddetin hesaplanmasında sıklıkla kullanılan parametrelerdir (Janssen, 1987; Svensson ve Drust, 2005). Literatürde, 2 mmol/L LA konsantrasyonuna denk gelen egzersiz şiddeti yenilenme antrenmanı olarak tanımlanırken, 2-3 mmol/L LA yaygın dayanıklılık, 3 - 4 mmol/L LA yoğun dayanıklılık, 4-6 mmol/L LA yaygın interval ve 6-12 mmol/L LA yoğun interval antrenmanlarında yüklenme şiddeti kriteri olarak önerilmektedir (Janssen, 1987). Bu çalışmada farklı LA konsantrasyonlarına denk gelen koşu hızı ve KAH değerleri KB ve DMM testlerinde belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre aynı LA konsantrasyonlarındaki koşu hızı değerleri KB testinde DMM testinden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 1). Diğer bir değişle, bu sonuç KB testinin aynı koşu hızında DMM testinden daha düşük fizyolojik zorlanma yaratacağı anlamına gelmektedir. Nitekim, 2 mmol/L LA'daki KAH değerleri dışında diğer tüm LA aralıklarındaki KAH değerleride DMM testinde KB testine göre yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Bu sonuç aynı oyuncuya KB ve DMM testi uygulandığında aynı dayanıklılık antrenmanı için 2 farklı yüklen-

me şiddetinin hesaplanacağını gösterir. Tablo 2 incelendiğinde 2.5 mmol/L LA'dan başlamak üzere DMM testi ile belirlenmiş LA'daki KAH değerleri KB ile belirlenenlerin bir basamak altında yer almaktadır. Örneğin, KB testi ile belirlenmiş 3 mmol/L LA'daki KAH değeri, DMM ile belirlenmiş 2.5 mmol/L LA'daki KAH değerine benzerdir. Bu bulgular antrenmanlarını saha koşullarında yapan sporcularda yüklenme şiddetinin belirlenmesinde DMM testinin tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer taraftan, bireysel yüklenme şiddetinin hesaplanması dışında sporcuların mevcut profillerinin ortaya konması, belli bir antrenman dönemi sonrasında performans değişiminin gözlenmesi (ön ve son test) ve bilimsel amaçlı çalışmalarda daha standart çevresel şartlar sağlamak amacıyla değerlendirmenin laboratuvar ortamında KB testi ile yapılması önerilebilir.

Literatürde laboratuvar ve saha testleri ile ölçülen çeşitli performans parametreleri yardımıyla VO_{2maks} değerinin kestirimine yönelik farklı yaklaşımlar sergilenmiştir. Bu yaklaşımlar sabit bir mesafenin ortalama kat edilme süresi (Greg ve diğ., 1987), sabit bir zaman diliminde kat edilen mesafenin (Cooper, 1968) ve saha ortamında şiddeti aşamalı olarak artan protokollerde ulaşılan maksimum koşu hızı veya kat edilen toplam mesafenin (Leger ve Lambert, 1982) VO_{2maks} ile ilişkilerinin incelenmesine dayanmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda ortalama koşu hızı veya kat edilen mesafe ile VO_{2maks} arasında $r = -0.22$ ile $r = 90$ gibi geniş bir aralıkta korelasyon katsayıları elde edilmiştir (Shephard ve Astrand, 1993). Bu çalışmada ise M, DM, MM ve DMM testlerinde kat edilen toplam mesafe ile testlerde ölçülen VO_{2maks} değerleri arasında sırasıyla $r = 0.756$, $r = 0.726$, $r = 0.649$ ve $r = 0.612$ düzeylerinde anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu değerler, Aziz ve diğ (2005), Leger ve Lambert (1982) ve Leger ve Gadory (1989)'nın sedanter yetişkin ve çocukların M testinde kat ettikleri toplam mesafe veya testte ulaştıkları maksimum hız ile VO_{2maks} ilişkisini inceleyen çalışmalardan daha düşük bulunmuştur. Daha düşük korelasyon değerlerinin nedeni bu çalışmadaki deneklerin futbolcu olmasından kaynaklanabilir. Sedanterler ile karşılaştırıldığında düzenli olarak antrenman yapan bireylerde performans parametrelerinin çok daha kompleks bir yapı sergilemesi bekle-

nebilir. Olası bir regresyon denklemi için standart ölçüm hatası M, DM, MM ve DMM testleri için sırasıyla 3.87, 3.54, 4.41, 4.52 olarak hesaplanmıştır. En düşük standart ölçüm hatasına sahip DM testinde dahi gerçek VO_{2maks} değeri 50 ml/kg/dk olan bir sporcu için kestirim değerleri 46.46-53.54 ml/kg/dk aralığında değişecektir. Dolayısıyla, bu çalışma sonuçları futbolcuların VO_{2maks} değerlerinin saha testlerinde kat edilen mesafeler yardımıyla kestirilmesinin hassas bir değerlendirme olmadığını göstermiştir. Bu çalışmada testlerde kat edilen toplam mesafe ile VO_{2maks} arasındaki korelasyon katsayısından hesaplanan açıklayıcılık katsayısı (R^2) değerleri M, DM, MM ve DMM testleri için sırasıyla %57.5, %52.7, %42.1 ve %37.4 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç VO_{2maks} değerinin yaklaşık olarak yarısının testlerde kat edilen toplam mesafe tarafından açıklanabildiğini göstermektedir. Bu nedenle futbolcuların VO_{2maks} değerlerinin kestiriminde testlerde kat edilen mesafenin yanı sıra; futbolcuların fiziksel özelliklerinin ve diğer performans parametrelerinin dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma aynı submaksimum koşu hızlarında M ve MM testlerinin KB, DM ve DMM testlerinden daha yüksek fizyolojik zorlanma yarattığını göstermiştir. Ayrıca, DMM testinde submaksimum koşu hızlarına karşılık gelen LA ve KAH, KB testinden yüksek bulunurken, benzer sonuç VO_2 ve AZD açısından elde edilmemiştir. Ulaşılan VO_{2maks} ve Hız_{maks} değerleri açısından testler arasında yüksek, LA_{maks} ve KAH_{maks} açısından ise orta düzeyde ilişki saptanmıştır. Diğer taraftan, araştırma sonuçlarına göre dayanıklılık antrenmanlarında LA'daki KAH veya koşu hızı üzerinden antrenman şiddetinin hesaplanmasında DMM testinin kullanılması önerilebilir. Ayrıca, futbolcularda saha testlerinde kat edilen toplam mesafe yardımıyla VO_{2maks} değerlerinin kestiriminin hassas bir yaklaşım olmadığı söylenebilir.

Yazışma Adresi (Corresponding Address):

Dr. Alper ASLAN

Mustafa Kemal Üniversitesi

Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

31000, Serinyol, Antakya

E-Posta: alperaslan72@gmail.com

KAYNAKLAR

1. Aslan A, Çökelekoğlu E, Karlı Ü, Güvenç A, Hazır, T, Açıkada C. (2004). Comparison of metabolic responses to modified shuttle run test applied on different ground surfaces and courses. ICHPER-SD, November, 17-20.
2. Astrand P, Rodahl, K. (1988). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. New York: McGraw-Hill Book Companies.
3. Aziz AR, Frankie HY, Teh KC. (2005). A pilot study comparing two field tests with treadmill run test in soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 105-112.
4. Bassett DR, Howley ET. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70-84.
5. Borg G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
6. Brooks GA, Fahey TD, White TP, Baldwin KM. (2000). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. Boston: McGraw-Hill Companies.
7. Cink RE, Thomas TR. (1981). Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. *British Journal of Sports Medicine*, 15(3), 182-185.
8. Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd Edition. L. Erbaum Associates Publishing. Hillsdale NJ.
9. Cooper KH. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *The Journal of the American Medical Association*, 203(3), 201-204.
10. Danielle ML, James AF, Ann VR, Roger GS. (2009). Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion and heart rate during a continuous exercise test: the efficiency of RPE 13. *European Journal of Applied Physiology*, 107(1), 1-9.
11. Greg MK, John PP, Robert H, Patty SR, Ann W, Robert F, ve diğ. (1987). Estimation of VO₂max from a one minute track walk, gender, age and body weight. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19(3), 253-259.
12. Hazır T. (2000). Aerobik dayanıklılığın değerlendirilmesinde mekik koşusunun güvenilirliği ve geçerliliği. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1292-301.
14. Jansen PGJM. (1987). *Training Lactate Pulse-Rate*. Polar Electro Oy, Oulu, Polar Electro Oy.
15. Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisloff U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 139-144.
16. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, Van Kranenburg G. (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, 6(4), 197-201.
17. Leger L, Lambert J. (1982). A maximal multistage 20 m shuttle run test to predict VO₂max. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 49(1), 1-12.
18. Leger L, Lambert J, Mercier, D. (1983). Predicted VO₂max and maximal speed for multistage 20 m shuttle run in 7000 quebec children aged 6-17. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 42-46.
19. Leger L, Gadoury C. (1989). Validity of the 20m shuttle-run test with 1min stages to predict VO₂max in adults. *Canadian Journal of Sport Science*, 14(1), 41-48.
20. Maud PJ, Foster C. (1995). *Physiological Assessment of Human Fitness*. USA, Human Kinetics.
21. Paliczka VJ, Nicholas AK, Boreham, CAG. (1987). A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal of Sports Medicine*, 21, 163-165.
22. Pate RR, Branch J. (1992). Training for endurance sport. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(9), 340-343.
23. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora, S. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583-592.
24. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22, 141-144.
25. Shephard RJ, Astrand OP. (1993). *Endurance in Sport*. London: Blackwell Scientific Publications.
26. Silva PRS, Fonseca AJ, Castro AW, Greve JMD, Hernandez AJ. (2007). Reproducibility of maximum aerobic power (VO_{2max}) among soccer players using a modified heck protocol. *Clinics*, 62(4), 391-396.
27. Svensson M, Drust B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 601-618.
28. Tanaka K, Matsuura A, Hirakoba K, Kumağai S, Sun SO, Asona K. (1984). A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(3), 278-282.
29. YSI Life Sciences (2003). *YSI 1500 Sport Operating Manuals*, Yellow Springs, Ohio 45387 USA.