

Laktik Asitin Ölçümünde Kullanılan Bir El Analizörünün Değerlendirilmesi: Lactate Scout(+)'in Güvenirliği ve Geçerliği

Evaluation of a Handheld Lactic Acid Analyser: Reliability And Validity of the Lactate Scout (+)

Araştırma Makalesi

Tahir HAZIR, Alper AŞÇI, Alpan CİNEMRE, Caner AÇIKADA
Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, Ankara

ÖZ

Bu çalışmanın amacı bir el analizörü olan Lactate Scout Plus (LSP)'nin güvenirliliğini ve geçerliğini değerlendirmektir. Geçerlik için YSI Sports 1500 analizörü referans yöntem olarak kullanılmıştır. Kan örnekleri şiddetli giderek artan saha testinde toplanmıştır. Güvenirlik için laktat konsantrasyonu(LA) 0.80 - 12.80 mM.L⁻¹ aralığında değişen n=34 kan örneği LSP analizöründe iki kez ölçülmüştür. Geçerlik için LA 0.60 - 11.67 mM.L⁻¹ aralığında değişen n = 84 kan örneği aynı anda hem LSP hem de YSI analizöründe ölçülmüştür. Geçerlik kan örneklerinin tümü (0.60 - 11.67 mM.L⁻¹), ve sayısal olarak düşük (< 2.5 mM.L⁻¹) (n=37), orta (2.5 - 5.0 mM.L⁻¹) (n=20) ve yüksek (>5.0 mM.L⁻¹) (n=27) konsantrasyonlar için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. LSP'nin tekrarlı ölçümlerinde anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05). LSP'nin sınıf içi güvenirlilik katsayısı r = 0.998'dir. Tekrarlı ölçümler için tipik hata 0.19 mM.L⁻¹, varyasyon katsayısı ~% 5'dir. Orta konsantrasyon aralığındaki hariç LSP'den ölçülen LA değerleri, referans yöntemden ölçülenden önemli derecede farklıdır (p<0.05). 0.60-11.67 mM.L⁻¹ aralığında

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the validity and reliability of the Lactate Scout Plus (LSP) hand-held portable lactate analyzer. YSI Sports 1500 analyzer was used for validity as a reference method. Blood samples were collected during an incremental field test. In order to evaluate reliability, 34 blood samples (n= 34) whose lactate concentration values changed (LA) between 0.80-12.80 mM.L⁻¹ were measured two times by LSP. In order to evaluate validity 84 blood samples (n= 84), whose LA concentrations values changes between 0.60-11.67 mM.L⁻¹ were measured at the same time by YSI 1500 and LSP. Validity was also assessed measuring three samples nominally called low (<2,5 mM.L⁻¹), medium (2,5-5.0 mM.L⁻¹), and high (5.0+ mM.L⁻¹). There was no statistically significant difference between repeated measurements of LSP (p>0.05). Intra-class correlation coefficient of LSP was r=0.998. Typical error for repeated measures and coefficient of variation was 0.19 mM.L⁻¹ and ~% 5, respectively. All LA values which were measured by LSP was statistically different from the reference method except for the moderate LA concentrations (p<0.05).

değişen (n = 84) LA için LSP analizörü yüksek geçerlik katsayısına (r = 0.994) sahiptir. Düşük, orta ve yüksek konsantrasyonlar için geçerlik katsayıları sırasıyla r = 0.907, r = 0.925, r = 0.977 hesaplanmıştır. YSI'dan ölçülen LA değerlerinden (n=84) LSP değerlerini kestiren regresyon modelinin kestirimin standart hatası (KSH) =0.35 mM.L⁻¹, düşük konsantrasyon için KSH=0.19 mM.L⁻¹, orta konsantrasyon için 0.30 mM.L⁻¹, yüksek konsantrasyon için 0.51 mM.L⁻¹'dir. Bland Altman grafiklerinde 0.60 - 11.67 mM.L⁻¹ aralığında LSP analizörü kan örneklerinin % 95'ini YSI'dan 0.87 mM.L⁻¹ yüksek, 0.49 mM.L⁻¹ düşük ölçmüştür. İki analizör arasındaki mutlak fark ortalaması 0.19 mM.L⁻¹'dir. Düşük, orta ve yüksek konsantrasyonlar için iki analizör arasındaki mutlak farkların ortalamaları sırasıyla 0.20, 0.12 ve 0.24 mM.L⁻¹'dir. Bu çalışmanın sonuçları LSP analizörünün yüksek güvenilirlik ve geçerliğe sahip olduğunu göstermekle beraber, düşük ve yüksek konsantrasyonlarda referans yöntemden anlamlı derecede farklı ölçmektedir.

Anahtar Kelimeler

Laktik asit, LactatScout (+), YSI Sport 1500, Güvenirlik, Geçerlilik

LSP analyzer has high validity coefficient (r=0.994) for the lactate concentration values in the range of 0.60-11.67 mM.L⁻¹ (n=84). Validity coefficients were calculated as r=0.907 for low, r=0.925 for medium, and r=0.977 for high LA concentrations. Standart error of estimate (SEE) for regression model of LSP for LA sampling (n=84) was 0.35 mM.L⁻¹. SEE was calculated as 0.19 mM.L⁻¹ for low, 0.30 mM.L⁻¹ for medium, and 0.51 mM.L⁻¹ for high LA concentrations. Bland-Altman plots showed that in the range of 0.60 - 11.67 mM.L⁻¹ in 95% of blood samples, obtained with LSP analyzer, ranged from less than 0.49 mM.L⁻¹ to greater than 0.87 mM.L⁻¹ of the values obtained with the YSI analyzer. Mean of the absolute difference between two analyzer was 0.19 mM.L⁻¹. Mean of the absolute difference for low, medium and high concentrations were 0.20, 0.12 and 0.24 mM.L⁻¹ respectively. Results of this study show that although LSP analyzer has high validity and reliability, it measures significantly different from reference method both at low and high LA concentrations.

Key Words

Lactic Acid, LactatScout (+), YSI Sport 1500, Reliability, Validity.

GİRİŞ

Antrenmanda egzersizin şiddetinin kontrol edilmesi, optimal yüklenme etkisi sağlamak için büyük önem taşır (Seiler ve Kjerland, 2006). Egzersizin şiddetinin belirlenmesinde kalp atım hızı (KAH), oksijen tüketimi veya kan laktat konsantrasyonu (LA) gibi fizyolojik parametreler sıklıkla kullanılmaktadır (Pfitzinger ve Freedson, 1998; Almarwaey ve diğ., 2004). LA konsantrasyonunda artışa neden olan şiddeti giderek artan egzersiz testlerinde LA'nın ölçülmesi hem egzersize anaerobik metabolizmanın katkısının iyi bir göstergesi hem de dayanıklılık performansının değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir uygulama olarak kabul edilmektedir (Bishop 2001). Laboratuvar ortamında LA ve egzersiz tipi, KAH veya iş yükü arasındaki ilişkilerin belirlenmesi spor bilimcilere, antrenörlere ve sporculara yüklenmenin şiddeti, aerobik-anaerobik metabolizma, antrenmana adaptasyonlar ve antrenman programı hazırlama konularında yönlendirici bilgi sağlamaktadır (Billat, 1996).

Günümüzde egzersiz fizyolojisi laboratuvarlarında Yellow Spring Instruments (YSI serisi), Ra-

diometer Copenhagen (ABL serisi), Kodak Ektachem, Analox ve Roche Diagnostics gibi firmaların üretimi olan ve elektro-enzimatik yöntemle çok hassas (± 0.01 mM) ölçüm yapan analizörler kullanılmaktadır. Laboratuvar temelli olan bu cihazların bir çoğu taşınabilir hale getirilmiş ve saha ortamında da kan LA konsantrasyonlarının doğru ve güvenilir ölçülmesine olanak sağlanmıştır. Bu analizörlerle sahada çok hassas ölçümler yapılmakla beraber, ölçüm öncesinde analizörlerin hazır hale getirilmeleri, kalibrasyon işlemleri ve kullanılmaları oldukça fazla bilgi ve teknik beceri gerektirmektedir. Bunun yanında bu analizörlerin ölçüm için büyük miktarda kan örneğine ihtiyaç duyması, laktik asit analizinin uzun zaman alması, açık havada ortam şartlarının değişmesine bağlı olarak test sırasında sıklıkla kalibrasyonun tekrarlanması ve eğitimli personel gerektirmesi pratik kullanım değerini azaltmaktadır.

Son yıllarda antrenör ve sporcuların özel beceri gerektirmeden saha ortamında LA konsantrasyonunu ölçebilmelerini sağlayan Accusport Lactate Meter (Boehringer Mannheim, Almanya),

Lactate Scout Plus (LSP, SensLab, Almanya), Lactate Pro (Arkray KDK, Japonya), Accutrend Lactate (Roche Diagnostics GmbH, Almanya) ve Lactate Plus (Nova Biomedical, ABD) gibi taşınabilir kompakt LA analizörleri geliştirilmiştir. İlk modelleri fotometrik yöntemle ölçüm yapan bu analizörlerin son yıllarda kullanıma sunulan yeni modelleri yukarıda belirtilen laboratuvar temelli analizörlerde olduğu gibi amperometrik yöntemle ölçüm yapmakta ve çok az miktarda kan örneğine (0.5-7 \rightarrow L) ve analiz zamanına (10-60 sn) ihtiyaç duymaktadır. Kullanımının kolay ve en az düzeyde bilgi beceri gerektiren bu analizörler, sporcuya özel çalışmaya programı oluşturmada ve yüklenme şiddetinin düzenlenmesinde antrenöre zaman kazandırmaktadır (Pinnington ve Dawson, 2001).

Birçok araştırmada taşınabilir kompakt el LA analizörlerinin geçerlilik ve güvenirlikleri incelenmiştir. Wigglesworth ve diğ. (1996), Accusport laktat analizörünün 1-15 mM LA konsantrasyonlarında güvenirlilik katsayılarının $r > 0.80$ olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada YSI analizörü ile karşılaştırıldığında, Accusport analizöründen elde edilen sonuçların YSI analizörüne benzer ($p > 0.05$) ve ilişki katsayısının $r = 0.98$ olması bu analizörün geçerliliğinin yüksek olduğunu da bir göstergesidir. Pinnington ve Dawson (2001), Accusport laktat analizöründe aynı kan örneklerinden yapılan tekrarlı ölçümler arasında fark olmadığını ve Analox LM3 laboratuvar analizörü ile yüksek düzeyde ilişkili ($r = 0.853$) olduğunu belirtmişlerdir. Pyne ve diğerleri (2000) yüzücü ve bisikletçilerde taşınabilir Lactate Pro sonuçlarının YSI 2300 Stat ve ABL 700 serisi analizörlerle yüksek düzeyde örtüştüğünü ve hem güvenilir hem de geçerli bir analizör olduğunu saptamışlardır. Ferasin ve diğ. (2007), köpek kan örneklerini enzimatik-amperometrik yöntemle çalışan Lactate Scout analizörü ve spektrofotometrik yöntemle çalışan Konelab 30i analizörü ile ölçtüklerinde Lactate Scout analizörünün 5 mM.L⁻¹ üzeri LA konsantrasyonlarında geçerliliği zayıflamakla beraber, iki yöntem arasında yüksek düzeyde anlamlı ilişki ($r = 0.98$) bulmuşlardır. Tanner ve diğerleri (2010), Lactate Pro ve Lactate Plus analizörlerinin bir laboratuvar analizörü olan Radiometer ABL 700 ile (Radiometer, Danimarka) yüksek düzeyde ilişkili

olduğunu (sırasıyla, $r = 0.91$ ve 0.94) ancak Bland-Altman analizinde tutarlılık sınırlarının yüksek olduğunu (≤ 2.1 mM.L⁻¹) saptamışlardır. Aynı çalışmada, Lactate Scout analizörünün Lactate Pro ve Lactate Plus'a göre daha düşük güvenirliliğe ve doğruluğa sahip olduğu gösterilmiştir. Bunun yanında, von Duvillard ve diğ. (2005) 9 mM.L⁻¹ ve üzeri konsantrasyonlarda Lactate Pro ve Lactate Scout'un, YSI 1500 laktat analizöründen daha düşük değerlerde ölçüm yaptığını saptamışlardır.

Lactate Scout analizörünün ilk sürümünden günümüze kadar üç farklı modeli geliştirilmiştir: Basic, Plus ve Sensör modelleri. Bu çalışmanın iki amacı vardır: 1) Lactate Scout Plus (LSP) modelinin geniş bir kan laktik asit konsantrasyonu aralığında test-tekrar test güvenirliliğini saptamak, 2) Aynı yöntemle ölçüm yapan ve referans yöntem olarak kullanılan laboratuvar analizörü YSI Sports 1500 ile karşılaştırarak geçerliliğini belirlemektir.

YÖNTEM

Denekler: Spor okulunda okuyan, 18 - 23 yaşlarında yedi erkek ve beş kadın öğrenci gönüllü olarak katılmıştır.

Verilerin Toplanması

Kan örneklerinin toplanması: Kan örnekleri modifiye edilmiş 20 m mekik koşusu testi esnasında toplanmıştır. Denekler tartan pist içeren kapalı atletizm salonunda, 20 m'lik bir parkurda, gidiş dönüşlü olarak 7 km/h başlangıç hızında, her üç dakikada 1 km/h artan hızda tükenene kadar egzersiz yaptırılmıştır. Koşu temposu sinyal üreten bir cihaz yardımıyla (Tümer Elektronik, Ankara, Türkiye) ayarlanmıştır. Deneklerin her hız artımından önce bir dakika pasif toparlanmaları sağlanmıştır. Test öncesi, pasif toparlanma esnasında ve test sonunda kulak memesinden kan örnekleri (50-60 μ L) alınmıştır.

Laktik asit analizörleri: Lactate Scout(+) (LSP, SensLab GmbH, Germany), 0.5 μ L kapiler kandan enzimatik-amperometrik yöntemle 10 saniyede laktik asit analizi yapan bir el analizörüdür. Laktik asit analizi, her kutusu tek bir özel koda sahip striplerle yapılır. Stripin özel bölmesi kan örneği ile doldurulduğunda, kan örneğindeki lak-

tik asit laktat oksidaz enzimi tarafından oksitlenir ve bu esnada açığa çıkan elektronlar bir elektrodta aktarılır. Elektrodta ortaya çıkan elektrik akımı, kan örneğindeki laktik asitle doğru orantılıdır. Oluşan elektrik akımına karşılık gelen laktat değeri mM.L^{-1} olarak cihazın ekranından okunur. Kan örnekleri test striplerine kan alınan yerden doğrudan doldurulacağı gibi bir kapiler tüpte alındıktan sonrada aktarılabilir.

YSI Sport 1500 laktik asit analizörü (Yellow Springs Instruments, Ohio, USA) 25 μL kapiler kan örneğinden hem hemolize tam kandan hem de plazmadan enzimatik-amperometrik yöntemle 96 saniyede analiz yapan bir laboratuvar analizörüdür. Kan örneğindeki laktik asit, ölçüm kamarasında elektrodun önüne yerleştirilmiş olan çok katmanlı membranın dış katmanını geçerek iç katmanda bulunan laktat oksidaz enzimi tarafından piruvata yükseltgenir ve aynı anda H_2O_2 oluşur. Kan örneğindeki laktat kadar H_2O_2 oluşur. Oluşan H_2O_2 iç mebranı geçerek platin elektrodta elektrik akımı oluşturur. Elektrodta oluşan elektrik akımı H_2O_2 (laktat) ile doğru orantılıdır. Elektrik akımına karşılık gelen laktat değeri mM.L^{-1} olarak cihazın ekranından okunur.

Verilerin Analizi

Kan örneklerinin analizi: Dinlenik durumda ve 20 m modifiye edilmiş mekik testi esnasında her bir kan örneği kapiler tüpe alınmıştır. Güvenirlik için aynı kan örneği iki kez (LSP1 ve LSP2) LSP analizörünün test striplerine aktarılarak analiz edilmiştir. Geçerlik için kapiler tüpte kalan kan örneğinden şırınga pipetle (YSI 1501) alınan 25 mL kan, YSI analizöründe hemolize tam kan olarak analiz edilmiştir. Bunun için hemolize edici bir kimyasal olan Triton X100 (YSI 1515) ve bir tampon çözelti (YSI 2357) kullanılmıştır. YSI analizörü 5 mM.L^{-1} standart laktat solüsyonu (YSI 2327) ile üretici firmanın yönergesi doğrultusunda kalibre edilmiş ve iki denekte bir (10-12 kan örneği) kalibrasyon tekrarlanmıştır. Kan alımı ve analiz işlemleri 60 saniye içerisinde tamamlanmıştır.

İstatistik: Güvenirlik için laktik asit konsantrasyonu 0.80 mM.L^{-1} ile 12.80 mM.L^{-1} arasında değişen n = 32 kan örneği iki kez (LSP1

ve LSP2) ölçülmüştür. LSP1 ve LSP2 ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri ($X \pm SD$) yapıldıktan sonra ölçümler arasındaki farklar, Eşleştirilmiş İki Örnek Testi ile belirlenmiştir. Test-tekrar test güvenirlik için LSP1 ve LSP2 ölçümlerinden Karışık Model Çift Yönlü Varyans Analizinden sınıf içi korelasyon katsayısı (R), ölçümün tipik hatası (TH) ve tipik hatanın varyasyon katsayısı (% VK) saptanmıştır (Hopkins, 2000). $TH(s); SD_{\text{fark}} / \sqrt{2}$ formülünden ($SD_{\text{fark}} = \text{İki ölçümün farklarının standart sapması}$), % VK olarak $TH; 100(e^{s/100} - 1)$ (e = doğal logaritma, s = logaritmik dönüşüm yapılmış verinin TH'si). formülünden hesaplanmıştır (Hopkins, 2000). VK'nın hesaplanması için ham veriye logaritmik dönüşüm yapılmıştır.

Geçerlik için 0.60 mM.L^{-1} ile 11.67 mM.L^{-1} arasında değişen n = 84 kan örneği kullanılmıştır. Geçerlikte YSI ölçümleri referans yöntem olarak dikkate alınmıştır. Geçerlik, n= 84 kan örneğinin tümü (0.60 - 11.67 mM.L^{-1}), ve sayısal olarak düşük (< 2.5 mM.L^{-1}) (n=37), orta (2.5 - 5.0 mM.L^{-1}) (n=20) ve yüksek (>5.0 mM.L^{-1}) (n=27) olarak sınıflandırılmış konsantrasyonları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. LSP analizörünün geçerliliği için LSP1 (bundan sonra LSP olarak tanımlanacaktır) ölçümleri kullanılmıştır. LSP ve YSI ölçümleri arasındaki farklar, Eşleştirilmiş İki Örnek Testi ile belirlenmiştir. Geçerlik için yukarıda belirtilen konsantrasyon aralıklarında LSP ve YSI ölçümleri arasında Pearson'un korelasyon katsayısı hesaplanmış ve doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. LSP ölçümlerinin referans yöntemle tutarlılığı, tüm konsantrasyon aralıklarında Bland-Altman analizi ile belirlenmiştir (Bland ve Altman, 1986). Regresyon analizlerinde $y = a + bx$ modeli ile YSI analizöründen elde edilen ölçümler yardımıyla LSP'den ölçülen değerler kestirilmiştir, kestirimlerin R^2 değerleri, standart hataları (KSH) ve regresyon modellerinin % 95 güven aralıkları hesaplanmıştır. Modellerde y: LSP ölçümü, x: YSI ölçümü, a: regresyon sabiti, b: regresyon katsayısıdır. Regresyon modellerinde, regresyon sabiti (a)'nın sifıra (a = 0), regresyon katsayısı (b)'nin bire (b = 1) eşitliği test edilmiştir. TH ve % VK Excel programında, diğer istatistik analizler SPSS istatistik paket programında (Ver. 10.01) yapılmış, tüm istatistik işlemlerde p = 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

BULGULAR

LSP1 ve LSP2 ölçümlerinin test-tekrar test güvenirliliğine ait istatistiksel bulgular ve % 95 güven aralıkları Tablo 1'de gösterilmiştir. LSP1 (4.07 ± 3.18) ve LSP2 (4.02 ± 3.24) ölçümleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($t=1.28$, $p>0.05$). LSP analizörünün sınıf içi güvenirlilik katsayısı $r = 0.998$ 'dir ($p<0.001$). LSP1 ve LSP2 ölçümlerinin ilişki grafiği şekil 1'de gösterilmiştir. LSP1 ölçümlerinden LSP2'yi kestiren regresyon modelinde ($y = -0.128 + 1.017x$) regresyon katsayısı $b = 1$ ($t = 1.33$, $p>0.05$), regresyon sabiti $a = 0$ 'dır ($t = 1.69$, $p>0.05$). Regresyon doğrusunun eğimi 1'e eşit ve orijinden geçtiği için $y(LSP2) = x(LSP1)$ 'dir. LSP1 ölçümlerinden LSP2 ölçümlerini kestiren regresyon modeline ait KSH, 0.19 mM.L^{-1} . Tekrarlı ölçümlerde aynı kan örneği için ortalama değişim 0.06 mM.L^{-1} gibi çok düşük bir değer olmakla beraber, ortalama değişim % 4 bulunmuştur (Tablo 1). Bunun yanında tekrarlı ölçümler için TH 0.19 mM.L^{-1} , VK olarak TH $\sim\% 5$ hesaplanmıştır (Tablo 1).

0.60 mM.L^{-1} ile 11.67 mM.L^{-1} aralığında değişen ($n = 84$) LA değerleri için LSP analizörü yüksek geçerlik katsayısına ($r = 0.994$, $p=0.000$) sahip olmakla beraber, LSP analizöründen ölçülen LA değerleri YSI'dan önemli derecede yüksektir ($p<0.001$) (Tablo 2). LSP analizörünün geçerliği değişik konsantrasyon aralıklarında değerlendirildiğinde, LA konsantrasyonu arttıkça geçerlik katsayısı r de artmıştır (Tablo 2). $< 2.5 \text{ mM.L}^{-1}$ için geçerlik katsayısı $r = 0.907$ ($p<0.001$), $2.5-5.0 \text{ mM.L}^{-1}$ aralığı için $r = 0.925$ ($p<0.001$), $5.0+ \text{ mM.L}^{-1}$ için $r = 0.977$ ($p<0.001$) hesaplanmıştır. Bununla beraber, $2.5-5.0 \text{ mM.L}^{-1}$ aralığındaki LA değerleri hariç, diğer konsantrasyon aralıklarında LSP'dan ölçülen değerler YSI'dan önemli derecede yüksektir ($p<0.05$)(Tablo 2).

YSI'dan ölçülen LA değerlerinden LSP analizöründen ölçülen LA değerlerini kestiren regresyon modellerine ait istatistik bulgular verilmiştir. Geniş LA konsantrasyon aralığında (total, $n=84$) LSP değerlerini kestiren regresyon modelinin KSH= 0.35 mM.L^{-1} 'dir. Modelde regresyon katsayısı 1'e eşit

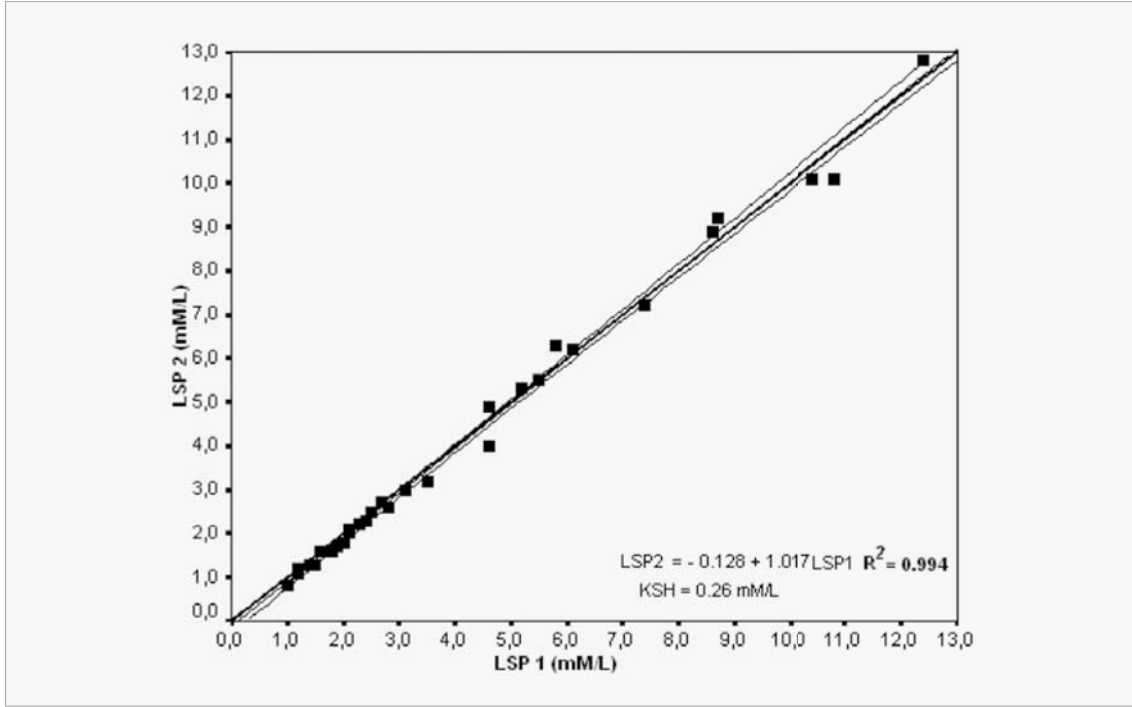
Tablo 1. LSP analizörünün test-tekrar test güvenirlilikle ilgili istatistik sonuçlar.

| | | % 95Güven aralığı | |
|--|--|-------------------|-----------|
| | | Alt sınır | Üst sınır |
| LSP1 (mM.L^{-1}) LSP2 (mM.L^{-1}) | $X_{LSP1} = 4.07 \pm 3.18$ $X_{LSP2} = 4.02 \pm 3.24$ | - | - |
| Test-tekrar test ortalama değişim (mM.L^{-1}) | 0.06 ± 0.26 | -0.15 | 0.04 |
| Test-tekrar test ortalama değişim (%) | -4.0 | -6.3 | -1.6 |
| Tipik Hata (mM.L^{-1}) | 0.19 | 0.15 | 0.25 |
| Varyasyon katsayısı olarak Tipik Hata (%) | 4.9 | 3.9 | 6.6 |
| Sınıf içi korelasyon katsayısı (r) | 0.998 | 0.997 | 0.999 |

Tablo 2. Değişik konsantrasyon aralıklarındaki YSI ve LSP ölçümlerinin tanımlayıcı istatistik ve t Testi sonuçları.

| | YSL | LSP | t | p |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------|--------|
| $< 2.5 \text{ mM.L}^{-1}$ (n=37) | 1.43 ± 0.47 | 1.63 ± 0.44 | 6.05 | 0.000* |
| $2.5 - 5.0 \text{ mM.L}^{-1}$ (n=20) | 3.19 ± 0.76 | 3.31 ± 0.76 | 1.77 | 0.094 |
| $> 5.0 \text{ mM.L}^{-1}$ (n=27) | 7.73 ± 2.37 | 7.97 ± 2.35 | 2.46 | 0.021* |
| Total mM.L^{-1} (n=84) | 3.87 ± 3.10 | 4.07 ± 3.11 | 5.09 | 0.000* |

* $p<0.05$



Şekil 1. LSP1 ve LSP2 ölçümleri arasındaki ilişki grafiği. Ortadaki çizgi: Regresyon doğrusu, alt ve üst çizgiler: Regresyon doğrusunun % 95 güven aralığı, koyu çizgi: $y=x$.

($t=0.16$, $p>0.05$) olmakla beraber, regresyon sabiti (0.200) anlamlı bulunmuştur ($t=3.27$, $p<0.01$) (Tablo 3). LSP analizörü ile YSI arasındaki ilişki grafikleri değişik konsantrasyon aralıklarında değerlendirildiğinde, $< 2.5 \text{ mM.L}^{-1}$ için $\text{KSH}=0.19 \text{ mM.L}^{-1}$, $2.5-$

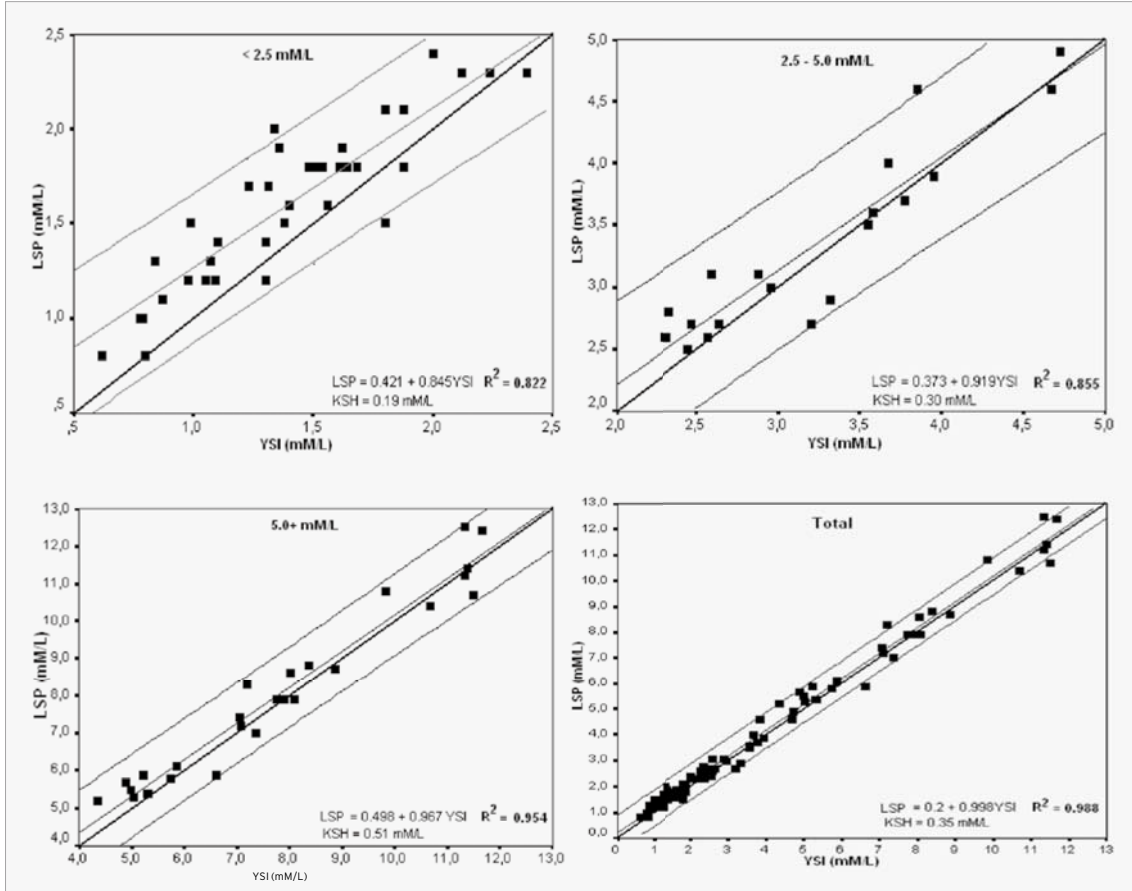
5.0 mM.L^{-1} aralığı için 0.30 mM.L^{-1} , $5.0+ \text{ mM.L}^{-1}$ için 0.51 mM.L^{-1} 'dir. $<2.5 \text{ mM.L}^{-1}$ için regresyon katsayısı (b) 1'den küçük ($t=2.31$, $p<0.05$), regresyon sabiti (a) 0'dan farklıdır ($t=4.21$, $p<0.001$). Diğer konsantrasyon aralıkları için regresyon katsayısı (b) 1'e sı-

Tablo 3. Değişik konsantrasyon aralıklarında referans yöntemine göre (YSI) LSP analizörünün geçerliliği ile ilgili istatistik bulgular.

| | <2.5 mM.L-1 (n=37) | 2.5 - 5.0 mM.L-1 (n=20) | > 5.0 mM.L-1 (n=27) | Total mM.L-1 (n=84) |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| r | 0.907 | 0.925 | 0.977 | 0.994 |
| R ² | 0.822 | 0.855 | 0.954 | 0.988 |
| a | 0.421* | 0.373# | 0.498# | 0.200* |
| a % 95 GA | 0.218/0.624 | -0.240/0.986 | -0.208/1.203 | 0.078/0.322 |
| b | 0.845** | 0.919** | 0.967** | 0.998** |
| b % 95 GA | 0.710/0.980 | 0.732/1.107 | 0.879/1.054 | 0.973/1.023 |
| KSH(mM.L ⁻¹) | 0.19 | 0.30 | 0.51 | 0.35 |
| KSH % 95 GA | 0.16 / 0.26 | 0.22 / 0.44 | 0.41 / 0.72 | 0.30 / 0.54 |

a: Regresyon sabiti, b: Regresyon katsayısı, KSH: Kestirimin standart hatası, % 95 GA: % 95 güven aralığı.

* $a \neq 0$, $p < 0.05$; # $a = 0$, $p > 0.05$; ** $b = 1$, $p > 0.05$



Şekil 2. YSI ve LSP analizörleri kullanılarak ölçülen kan laktik asit konsantrasyonları arasındaki ilişkiler. Ortadaki çizgi: regresyon doğrusu, alt ve üst çizgi: regresyon doğrusunun % 95 güven aralığı, koyu çizgi: $y = x$.

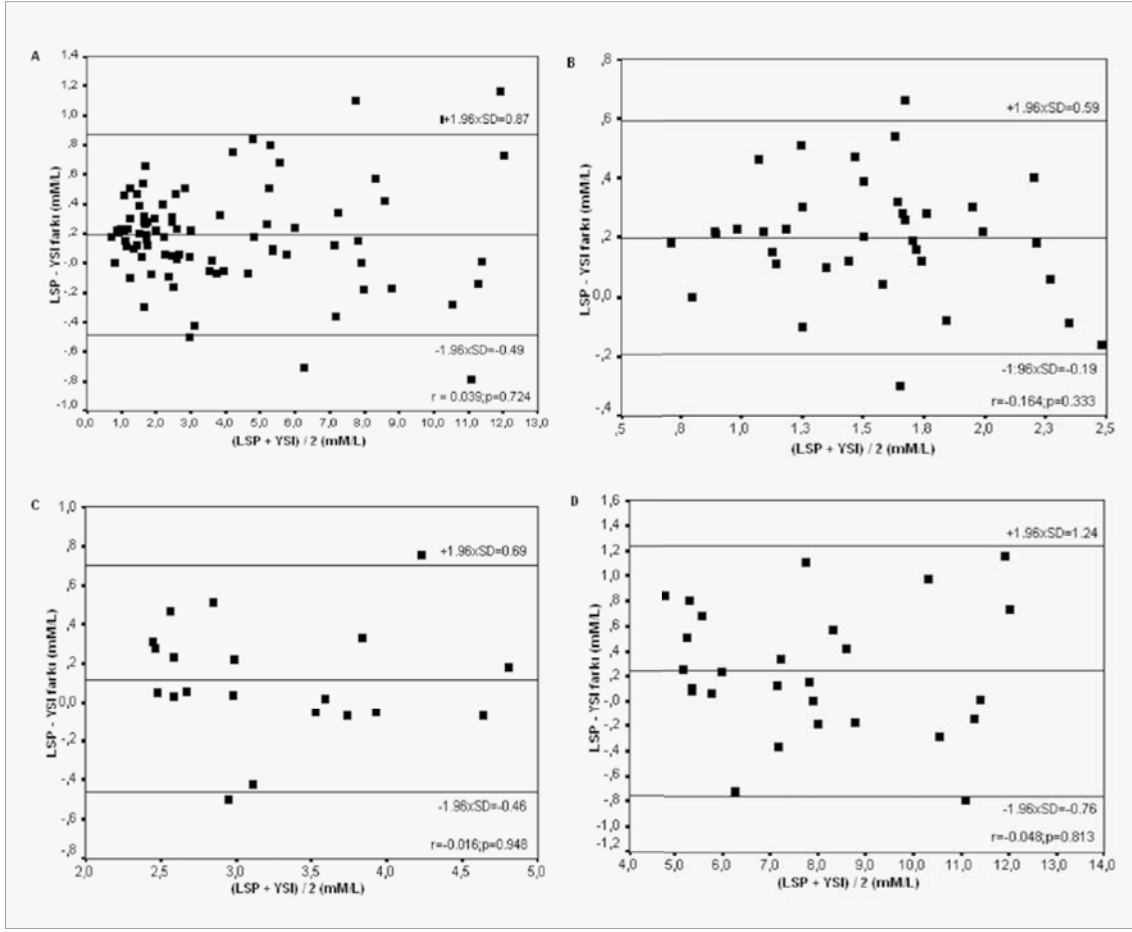
rasıyla $t=0.91$, $p>0.05$ ve $t=0.78$, $p>0.05$), regresyon sabiti (a) 0'a eşittir (sırasıyla $t=1.28$, $p>0.05$ ve $t=1.45$, $p>0.05$). Bu bulgulara bağlı olarak 2.5 mM.L⁻¹'den yüksek konsantrasyonlar için regresyon doğrularını eğimleri 1'e eşit ve orijinden geçtiği için y (LSP) = x (YSI)'dir (Tablo 3).

Şekil 3.'de Bland Altman grafiklerinde LSP analizörü ve YSI arasındaki mutlak farkların her iki analizörden ölçülen değerlerin ortalamasına göre dağılımı ve LSP analizörünün % 95 tutarlık alt ve üst sınırları verilmiştir. 0.60 - 11.67 mM.L⁻¹ aralığında LSP analizörü kan örneklerinin % 95'ini YSI'dan 0.87 mM.L⁻¹ yüksek, 0.49 mM.L⁻¹ düşük ölçmüştür. Bu aralıktaki iki analizör arasındaki mutlak fark ortalaması 0.19 mM.L⁻¹'dir. (Şekil 3A). < 2.5 mM.L⁻¹ LA değerleri için LSP analizörü YSI'ya göre kan örneklerinin % 95'ini +0.51 /-0.19 mM.L⁻¹ (ranj : 0.51 + 0.19 = 0.70 mM.L⁻¹) , 2.5-5.0 mM.L⁻¹

için +0.69 /-0.46 mM.L⁻¹ (ranj: 0.69 + 0.46 = 1.15 mM.L⁻¹), 5.0+ mM.L⁻¹ için +1.24 /-0.76 mM.L⁻¹ (ranj: 1.24 + 0.76 = 2.0 mM.L⁻¹) yüksek ve düşük ölçmüştür (Şekil 3B, 3C ve 3D). Aynı konsantrasyon aralıkları için iki analizör arasındaki mutlak farkların ortalamaları sırasıyla 0.20, 0.12 ve 0.24 mM.L⁻¹'dir (Şekil 3B, 3C ve 3D). Hiç bir konsantrasyon aralığında analizörlerden elde edilen değerlerin ortalaması ile mutlak farklar arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır (Şekil 3A, 3B, 3C, 3D). Bu sonuçlar, LSP analizörünün geniş bir kan laktik asit konsantrasyonu aralığında hata varyansının sabit olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA

Takım ya da bireysel sporlarda antrenman şiddetinin belirlenmesinde, verili antrenman şiddetinin gözlenmesinde, dayanıklılık egzersizle-



Şekil 3. YSI ve LSP analizörleri kullanılarak ölçülen kan laktik asit konsantrasyonlarının ortalamaları $(LSP+YSI)/2$ ile analizörlerin ölçüm farkları $(LSP-YSI)$ arasındaki ilişkileri ve tutarlılık sınırlarını gösteren Bland-Altman grafikleri, A: Total kan örnekleri (n=84), B: $< 2.5 \text{ mM.L}^{-1}$ LA içeren kan örnekleri (n=37), C: $2.5-5.0 \text{ mM.L}^{-1}$ LA içeren kan örnekleri (n=20), D: $5.0+ \text{ mM.L}^{-1}$ LA içeren kan örnekleri (n=27). Ortadaki çizgiler; fark ortalamaları, alt ve üst çizgiler; tutarlılık alt ve üst sınırları. Hiç bir konsantrasyon aralığında analizörlerden ölçülen LA ortalama değerleri ile analizörlerin fark değerleri arasında anlamlı ilişki olmaması, LSP analizörünün düşük, orta ve yüksek LA konsantrasyon aralıklarında sabit hata (varyans) ile ölçüm yaptığını gösterir.

rine verilen metabolik cevapların değerlendirilmesinde kan laktik asit konsantrasyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle saha çalışmaları için kullanımı kolay, hızlı ölçüm yapan, güvenilir ve geçerliliği yüksek laktat analizörleri önem taşır. Bunun yanında bilimsel çalışmalarda farklı laktat analizörü ve ölçüm yöntemlerinin ne oranda örtüştüğü karşılaştırma yapılabilmesi için önemlidir. Bu çalışmada bir el analizörü olan LSP'nin geniş bir LA konsantrasyonu aralığında aynı kan örneklerinden yapılan tekrarlı ölçümlerden güvenilirliği ve aynı yöntemle ölçüm yapan

bir laboratuvar analizörü olan YSI (referans yöntem) ile karşılaştırılarak geçerliliği belirlenmiştir.

LSP analizörü, LA konsantrasyonları 0.80 mM.L^{-1} ile 12.80 mM.L^{-1} aralığında değişen aynı kan örneklerinden ölçülen LA değerleri için yüksek sınıf içi güvenilirlik katsayısına ($R = 0.998$) sahiptir (Tablo 1). Bu çalışmada elde edilen güvenilirlik katsayıları değişik marka taşınabilir analizörler için elde edilen güvenilirlik katsayılarına benzerdir (Fell ve diğ., 1998; Pyne ve diğ., 2000; Bishop, 2001; Pinnington ve Dawson, 2001; Mc Naughton ve diğ., 2002; Dascombe ve diğ., 2007; Baldari ve

diğ., 2009; Tanner ve diğ., 2010). LSP1 ve LSP2 ölçümleri arasındaki ilişki için yapılan regresyon analizi (Şekil 1) sonuçları, tekrarlı ölçümlerin bire bir örtüştüğünü ve KSH'nın 0.2 mM.L⁻¹'den küçük olduğunu göstermiştir (Şekil 1). LSP1 ve LSP2 ölçümlerine ait regresyon analizinde a katsayısının sıfıra, b katsayısının 1'e eşittir. Bu bulgular LSP1 değerlerinin LSP2 değerlerine eşit olduğunu gösterir. Buna karşılık LSP'nin tekralı ölçümlerde TH 0.19 mM, VK olarak TH % 4.9 hesaplanmıştır. LSP analizörünün 15 saniyede ölçüm yapan bir alt modelinde 2.5 - 17.6 mM aralığında değişen aynı kan örneklerinin tekrarlı ölçümlerinde güvenirlilik katsayısı bu çalışmada bulunan güvenirlilik katsayısından düşük (R = 0.91), hesaplanan TH (1 mM), VK (% 10.2) daha yüksek bulunmuştur (Tanner ve diğ., 2010). Bununla beraber Tanner ve diğ., (2010) LSP analizörüne benzer diğer taşınabilir el analizörlerini karşılaştırdıklarında, LSP analizörünün orta ve yüksek kan LA konsantrasyonlarında en düşük güvenirlilik ve diğer analizörlerin iki katı TH sergilediğini saptamışlardır. Dascombe ve diğ. (2007), taşınabilir bir LA analizöründe düşük, orta ve yüksek LA konsantrasyonları için hesapladıkları ölçümlerin teknik hataları (sırasıyla, % 7.27, % 9.58 ve % 3.12) bu çalışmada LSP analizörü için hesaplanan TH'den daha yüksektir. LSP'nin geniş bir LA konsantrasyonu aralığında ölçümden ölçüme değişkenliğinin % 4.9 olması, ölçülen herhangi bir LA değerinin değişkenliğinin $\times/\div 1.049$ mM.L⁻¹ aralığında değişebileceği anlamına gelmektedir. Örneğin LSP ile ölçülen 4.0 mM.L⁻¹ LA konsantrasyonu için tekrarlı ölçümlerde ortaya çıkan değişkenlik, $4.0 \times 1.049 / 4.0 \div 1.049$; 4.19-3.81 mM.L⁻¹ aralığında olacaktır. Güvenirlilik katsayısı (Tablo 1) ve tekrarlı ölçümler arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon analizi (Şekil 1) sonuçları LSP analizörünün geniş bir LA konsantrasyon aralığında veya düşük, orta ve yüksek şiddetli egzersizlerde kan LA konsantrasyonunun belirlenmesinde güvenilir olduğunu göstermekle beraber, tekrarlı ölçümlerde meydana gelen değişkenlik (TH) dikkate alınmalıdır. Özellikle düşük LA konsantrasyon aralıkları (2 mM - 4 mM) hem laktat eşiğinin saptanmasında hem de antrenman siddetlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle uzunlaması-

na çalışmalarda yapılan rutin ölçümlerde meydana gelen değişimler, analizörün TH'sı dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada kullanılan LSP analizöründen geniş bir aralıktaki ölçülen kan LA değerleri ile referans yöntemden ölçülen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark saptanmıştır (Tablo 2). Birçok çalışmada da değişik marka el analizörleri ile laboratuvar analizörlerinde aynı kan örneklerinden ölçülen LA değerleri ve sabit kan LA konsantrasyonlarına karşılık gelen performans parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır (Bishop, 2001; Pinnington ve Dawson, 2001; Mc Naughton ve diğ., 2002; Buckley ve diğ., 2003; von Duvillard ve diğ., 2005; Baldari ve diğ., 2009). LSP'den ölçülen kan LA değerleri ile referans yöntemden ölçülen değerler arasındaki yüksek korelasyon (Tablo 3), LPS analizörünün yüksek bir geçerliğe sahip olduğunu göstermiştir. LSP analizöründen ölçülen kan LA değerlerinin geçerliği değişik konsantrasyon aralıklarında değerlendirildiğinde, LA konsantrasyonu arttıkça geçerlik katsayısı r de artmıştır (Tablo 3). Benzer özelliklere sahip diğer ticari el analizörleri ve referans yöntemler arasındaki geçerlik katsayıları 0.853-0.99 aralığında değişmektedir (Brinkert ve diğ., 1999; Bishop, 1999; Davison ve diğ., 2000; Pinnington ve Dawson, 2001; Von Duvillard ve diğ., 2005; Dascombe ve diğ., 2007; Baldari ve diğ., 2009; Tanner ve diğ., 2010). Bu çalışmada kullanılan LSP analizöründe değişik LA konsantrasyonları için elde edilen geçerlik katsayıları daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen katsayılarla benzerdir (Tablo 3). Korelasyon katsayısı r, geçerliğin değerlendirilmesinde çok yaygın olarak kullanılmakla beraber, referans yöntemle geçerliği sorgulanan yöntem arasındaki sistematik farklılıkları yansıtmaz. Bu çalışmada değişik LA konsantrasyon aralıkları için elde edilen bulgular, bu durumu doğrulamaktadır. LSP analizöründe düşük (< 2.5 mM.L⁻¹) ve yüksek (5.0+ mM.L⁻¹) LA konsantrasyonlarında ölçülen değerler ile YSI arasında sırasıyla r = 0.907 ve r = 0.977 yüksek korelasyon elde edilmesine rağmen, LSP'de ölçülen değerler YSI analizöründen ölçülen değerlerden sistematik olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur (Tablo2). Bu bulgular 2 mM.L⁻¹ sabit LA konsantrasyonlarına kar-

şılık gelen performans parametreleri (iş yükü, VO2) ve yüksek LA üretme potansiyeline sahip güç / kuvvet sporcularında yüksek LA konsantrasyonlarına karşılık gelen parametrelerin değerlendirilmesinde LSP'nin uygun olmadığını ve referans yöntemle birinin yerine kullanılamayacağını göstermektedir.

Korelasyon katsayısı sistematik hatayı yansıtmadığı için geçerliliğin değerlendirilmesinde alternatif istatistik yöntemler de kullanılmaktadır. Yöntemler arasındaki mutlak farkı gösteren Bland-Altman analizi LSP analizörünün YSI ile yüksek bir tutarlığa sahip olduğunu göstermiştir. LA konsantrasyonu 0.60 - 11.67 mM.L⁻¹ aralığında değişen kan örneklerinin referans yöntemle olan tutarlıkları değerlendirildiğinde, LSP analizöründe ölçülen kan örneklerinin % 95'inin YSI'dan ölçülenlerden 0.49 mM.L⁻¹ düşük, 0.86 mM.L⁻¹ yüksek ölçtüğünü göstermiştir (Şekil 3). Bu değerler yüksek LA konsantrasyonları hariç düşük ve orta LA konsantrasyonlarında daha azdır (Şekil 3). Benzer çalışmalarda el analizörleri ile referans yöntemler arasındaki mutlak fark dağılımları bu çalışmada kullanılan LSP analizöründen daha yüksektir (-2.97/ 2.1 mM.L⁻¹) (Pyne ve diğ., 2000; Bishop, 2001; Pinnington ve Dawson, 2001; Baldari ve diğ., 2009). Buna karşılık değişik konsantrasyon aralıklarında iki analizörün ölçümleri arasındaki mutlak farkların ortalamaları (<0.24 mM.L⁻¹), el analizörleri ile ilgili diğer çalışmaların bazılarında benzer (Pyne ve diğ., 2000), diğer bazılarında belirgin miktarda düşüktür (Brinkert ve diğ., 1999; Pinnington ve Dawson, 2001). Bland-Altman analizinde LSP ve YSI analizörü arasındaki ölçümlerin mutlak farkları ile iki analizörden elde edilen ortalama değerler arasında hiç bir konsantrasyon aralığında anlamlı ilişki saptanmamıştır (Şekil 3). Bu bulgular LSP analizöründe ortaya çıkan rastgele hatanın (varyansın) kan LA konsantrasyonuna bağlı olmadığını, her konsantrasyon değeri için sabit olduğunu göstermektedir. Bunun yanında YSI'dan elde edilen değerlerden LSP değerlerini kestiren regresyon analizlerine ait R² değerleri de LSP analizörünün yüksek bir geçerliğe sahip olduğunun göstergesidir. Kan LA konsantrasyonları geniş bir aralıkta değişen tüm kan örnekleri için yapılan regresyon analizinde R² = 0.988 iken düşük ve orta kan LA konsantras-

yonları için R değerleri sırasıyla 0.822 ve 0.855'e düşmüştür. LA konsantrasyonları geniş bir aralıkta değişen (0.5 - 18 mM.L⁻¹) kan örneklerinde değişik el analizörleri ile referans yöntemler arasındaki regresyon analizlerinde elde edilen R değerleri (> 0.92) bu çalışmada elde edilen tüm kan örnekleri için hesaplanan R² değerlerine benzerdir (Brinkert ve diğ., 1999; Noordally ve Vincent, 1999; Pyne ve diğ., 2000; Bishop, 2001; Baldari ve diğ., 2009). Ayrıca bu çalışmada regresyon analizlerinden elde edilen KSH değerleri benzer çalışmalarda değişik el analizörleri (Baldari ve diğ., 2009). ve LSP'nin bir alt modeli (Tanner ve diğ., 2010) için elde edilen KSH değerlerinden daha düşüktür. Tüm kan örnekleri ve değişik aralıklardaki kan LA konsantrasyonlarını kestiren regresyon modellerinde b katsayıları bire eşit bulunmakla beraber, regresyon doğrusu sadece düşük ve orta kan LA konsantrasyonlarında orijinden geçmiştir (yani a = 0; p>0.05) (Tablo 3). Tüm kan örnekleri ve yüksek LA konsantrasyonuna sahip kan örnekleri için regresyon katsayısı (a) sıfıra yakın olmakla beraber, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla a = 0.421, p<0.05; a = 0.200, p<0.05) Regresyon modellerindeki katsayılar için yapılan istatistik analizler de genel olarak LSP analizörünün YSI ile çok yakın ölçüm değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmanın sonuçları LSP analizörünün yüksek güvenilirlik ve geçerliğe sahip olduğunu göstermekle beraber, benzer yöntemle ölçüm yapan laboratuvar analizörü ile karşılaştırıldığında <2.5 mM.L⁻¹ ve 5.0+ mM.L⁻¹ LA konsantrasyonlarında ortaya çıkan farklar önemli bulunmuştur. Bu nedenle 2.5 mM.L⁻¹'den düşük ve 5.0 mM.L⁻¹'den yüksek LA konsantrasyonları için düzeltme faktörü kullanılmalıdır. Buna karşılık LSP analizörü ile saha ve laboratuvar koşullarında ölçülen 2.5 - 5.0 mM.L⁻¹ aralığındaki LA değerleri herhangi bir düzeltme yapılmaksızın kullanılabilir.

Yazışma Adresi (Corresponding Address):

Dr. Tahir Hazır
Hacettepe Üniversitesi
Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu,
Beytepe - Ankara
E-posta: thazir@hacettepe.edu.tr

KAYNAKLAR

1. **Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K.** (2004). Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. *Journal of Sports Science*, 22(2), 215-225.
2. **Baldari C, Bonavolontà V, Emerenziani GP, Gallotta MC, Silva AJ, Guidetti L.** (2009). Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 105-111.
3. **Billat LV.** (1996). Use of blood lactate measurement for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Medicine*, 22(3), 157-175.
4. **Bland JM, Altman DG.** (1986). Statistical methods for assess agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1, 307-310.
5. **Bishop D.** (2001). Evaluation of the Accusport Lactate Analyser. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 525-530.
6. **Brinkert W, Rommes JH, Bakker J.** (1999). Lactate measurements in critically ill patients with a hand-held analyser. *Intensive Care Medicine*, 25, 966 - 969.
7. **Buckley JD, Bourdon PC, Woolford SM.** (2003). Effect of measuring blood lactate concentrations using different automated lactate analysers on blood lactate transition thresholds. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(4), 408-421.
8. **Dascombe BJ, Reaburn PRJ, Sirotic AC, Coutts AJ.** (2007). The reliability of the i-STAT clinical portable analyser. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 135-140.
9. **Davison RCR, Coleman D, Balmer J, Nunn M, Theakston S, Burrows M, et al.** (2000). Assessment of blood lactate: Practical evaluation of the Biosen 5030 lactate analyzer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 243-247.
10. **Fell JW, Rayfield JM, Gulbin JP, Gaffney PT.** (1998). Evaluation of the Accusport Lactate Analyser. *International Journal of Sports Medicine*, 19(3), 199-204.
11. **Ferasin L, Dodkin SJ, Amodio A., Murray JK, Papasouliotis K.** (2007). Evaluation of a Portable Lactate Analyzer (Lactate Scout) in Dogs. *American Society for Veterinary Clinical Pathology*, 36, 36-39.
12. **Hopkins WG.** (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.
13. **Mc Naughton LR, Thompson D, Philips G, Backx K, Crickmore L.** (2002). A comparison of the Lactate Pro, Accusport, Analox GM7 and Kodak Ektachem Lactate Analysers in normal, hot and humid conditions. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 130-135.
14. **Noordally O, Vincent JL.** (1999). Evaluation of a new, rapid lactate analyzer in critical care. *Intensive Care Medicine*, 25, 508-513.
15. **Pfitzinger P, Freedson PS.** (1998). The reliability of lactate measurements during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 19(5), 349-357.
16. **Pinnington H, Dawson B.** (2001). Examination of the validity and reliability of the Accusport Blood Lactate Analyser. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 129-138.
17. **Pyne DB, Boston T, Martin DT, Logan A.** (2000). Evaluation of the Lactate Pro, blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 112-116.
18. **Seiler, KS, Kjerland GO.** (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16, 49-56.
19. **Tanner RK, Fuller KL, Ross ML.** (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*, 109 (3), 551-559.
20. **Van Someren KA, Howatson G, Nunan D, Thatcher R, Shave R.** (2005). Comparison of the Lactate Pro and Analox GM7 Blood Lactate Analysers. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 657-661.
21. **Von Duvillard SP, Pokan R, Hoffman P, Wonisch M, Smekal G, Alkhatib A, et al.** (2005). Comparing blood lactate values of three different handheld lactate analyzers to YSI 1500 Lactate Analyzer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), S25.
22. **Wigglesworth JK, LaMere VJ, Rowland ND, Miller L.** (1996). Examination of the reliability and validity of a new blood lactate analyser. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28 (5), 10, (Abstr).