

DEĞİŞİK EFOR DÜZEYLERİNDE EKSTRASELLÜLER KAN LAKTADI İLE TOTAL KAN LAKTADI ARASINDAKİ FARKLAR VE UYGULAMADAKİ ÖNEMİ

Muzaffer ÇOLAKOĞLU*, Faruk TURGAY**, Semih SELAMOĞLU**,
Şaban ACARBAY**, Serra ÇOLAKOĞLU***

ÖZET

Bu çalışmada, 12 erkek atlette değişik düzeylerde ekstrasellüler kan laktadı (ESL) ile total kan laktadı (TKL) arasındaki farklar incelendi. Her düzeyde, ESL ile TKL arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ($P < 0.0001$ ve $p < 0.0005$). ESL düzeyi arttıkça, ESL ve TKL arasındaki fark artarak, maksimum laktik asit düzeylerinde de önemli bir seviyeye ulaşmaktadır (ort. 14.69 mM/L'ye karşın 21.9 mM/L).

ESL ile tesbit edilen "4 mM/L laktat eşik" hızında 20 dakika koşudan sonra ESL değeri ortalama 7.375 mM/L (TKL: 9.35 mM/L) bulunmuştur. Bu değerler, ESL ile tesbit edilen 4 mM/L laktat eşikinin steady state değerlerine uymadığını gösterir. Oysa ki, TKL'ye göre tesbit edilen 4 mM/L laktat eşik hızında 20 dakika koşu sonrası TKL değeri 3.967 mM/L (ESL: 3.075 mM/L) olarak saptanmıştır. Bu değerler steady state değerlerine uygundur. Bundan dolayı, 4 mM/L laktat eşik TKL ile tesbit edilmelidir.

SUMMARY

Differences between extracellular and blood lactate concentrations at various exercise intensities, and its importance in the application.

In this study, extracellular and total blood lactate differences were investigated on various levels in twelve male track and field athletes. Significant differences had been found on each level ($p < 0.0001$ and $p < 0.0005$). It was shown that differences between extracellular lactate and total blood lactate levels rose by the increase in extracellular lactate levels. Thus, there was a significant difference between extracellular lactate and total blood lactate values when the lactic acid levels were at the maximum.

After running twenty minutes at the speed of "4 mM/L lactate threshold" determined by the extracellular lactate analysis, average extracellular lactate level was 7.375 mM/L (total blood lactate: 9.35 mM/L). These results were not in the range of steady state limits. For that reason extracellular lactate analyzes are not appropriate for the

* EGE Üniversitesi Beden Eğitimi Bölümü

** GSİM, İzmir Sporcu Sağlık Merkezi

*** EGE Üniversitesi Tıp Fakültesi

determination of 4 mM/L lactate threshold. On the other hand, after completing this process of twenty minutes at the speed of 4 mM/L lactate threshold, determined by the analysis of total blood lactate, average total blood lactate level was 3.967 mM/L (extracellular lactate: 3.075 mM/L) and these results were in the range of steady state levels. Therefore, it was concluded that, 4mM/L lactate threshold should be determined by analysing total blood lactate.

GİRİŞ

Kanda artan laktat konsantrasyonları, dokulara ihtiyaç duydukları kan akımının dolayısıyla oksijen taşınmasının yetersiz hale geldiği anaerobik metabolizmanın göstergesidir. Kasal iş individual anaerobik eşiği geçtiğinde kan laktat konsantrasyonunu hızla yükselten anaerobik glikoliz artar. Bu konsantrasyondaki değişimlerin tayini egzersizin yoğunluğu hakkında fikir verir.

Konvensiyonel metodlarla kan laktat konsantrasyonları ölçümleri, kan örneğinin perklorik asit gibi deprotenize edici ajanlarla muamelesini gerektirir (20).

Böylece eritrosit membranı parçalanarak eritrosit içinde kalan laktat açığa çıkar ve kanın hem plazma fraksiyonundaki hem de eritrosit içindeki laktatın toplamı olan total kan laktadı (TKL) ölçülmüş olur. Ayrıca klinikte sıklıkla kullanılan plazma laktadı da, kan örneğini santrifüj ederek, eritrosit ve plazmayı birbirinden aydıktan sonra üstte kalan plazma kısmından alınan örneğin analizi ile gerçekleştirilir.

Anaerobik eşik normları TKL'ye göre oluşturulmuştur (5,12,13). Yakın geçmişe kadar, 4 mM/L laktat eşiği (6,8,11,16,28,29,30) ve maksimum kan laktat düzeyi ile ilgili çalışmalarda (1,4,17,18,19) TKL incelenmiştir.

Elektro-enzimatik analizörlerin ortaya çıkması ile bu kompleks ve zaman alıcı konvensiyonel metodlar yerine, direkt olarak tam kan (santrifüj ile plazma ve eritrositi ayrılmamış kan) örneklerinden ekstraselluler kan laktadı (ESL) yani, santrifüj edilmemiş kanın plazma fraksiyonundaki laktat ölçümü daha kolay ve kısa bir sürede gerçekleştirilebilir hale gelmiştir (14,20,21,25). Daha sonra bu analizörlerle tam kandan ESL ölçümü ile 4 mM/L laktat eşiği ve maksimal laktik asit düzeyleri tayin edilmeye çalışılmıştır (16,26,27). Spor alanında performansı arttırmak amacıyla antrenman programlarını düzenlemek ve gelişmeleri gözlemek için günümüzde pratiklik ve ekonomikliği nedeniyle sıklıkla bu analizörler kullanılmaktadır. Bazı analizörlerle sadece ESL, bazıları ile sadece TKL, bazıları ile ise hem ESL hem TKL ölçümü yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, çeşitli efor düzeyindeki ESL ve TKL farklılığı incelenmiştir. Ayrıca ESLve TKL ölçümlerinin temel alındığı iki ayrı 4 mM/L laktat eşiği tesbitinin doğruluk ve güvenilirliği araştırılmıştır.

METOD

12 erkek atlet (19-31 yaş) gönüllü olarak bu çalışmaya katıldı. Analizler, elektro-enzimatik bir laktat analizörü olan, hem ESL hem de TKL analizi yapabilen, YSI model 23L laktat analizörü ile (Yellow Springs Instruments Co.) gerçekleştirildi. Yüklenmeler Woodway treadmill de %1 eğimle yapıldı.

Kan örnekleri, parmak ucundan, sterilizasyon kurallarına uyularak ve parmağı fazla sıkmadan mikro-hematokrit tüplerine alındı. Analizörün lineer ölçüm aralığı 0-15 mM/L olduğundan, 15 mM/L'nin üzerine çıkması beklenen örnekler 1/2 oranında dilüe edildi. Her iki analizden sonra analizör kalibre edildi.

ESL Analizleri: Alınan kan örneklerinin bir kısmı, mikro-hematokrit tüplerinden 25 µl'lik özel bir şırınga-pet'e alınarak, hiç bir işlem uygulanmadan hemen sisteme verildi ve sadece eritrosit dışında kalan laktat miktarı ölçüldü.

TKL Analizleri: Kan örneğinin diğer bir kısmı da hemen, içerisinde hemoliz edici (cetrimonium bromide), antikoagülanlı ve glikolizi önleyici ajan bulunan 150-200 µl'lik YSI 2372 total laktat tüplerine aktarılıp iyice karıştırılıp, hemoliz tamamlandıncaya +4°C'da saklandı. Daha sonra 25 µl'lik şırınga-pet'e alınıp, sisteme verilerek ölçüm gerçekleştirildi. Tüp içindeki hemoliz edici ajan eritrosit çeperini parçalayıp, eritrosit içi laktatı açığa çıkardığı için hem eritrosit içi hem de plazma laktadının toplamı yani TKL ölçüldü. YSI 2372 TKL tüpü kullanım klavuzundaki açıklamalar doğrultusunda elde edilen sonuçlara %6 eklendi. (YSI 2372 TKL tüpü ile yapılan analiz sonuçlarının diğer TKL referans metodları ile arasında %6 lık fark vardır).

Protokol A: 10 erkek atlet'ten (2 sprinter, 8 orta mesafe koşucusu) laboratuarda 7'şer kez kan örneği alındı*. Bunlardan birincisi istirahat, ikincisi standart bir ısınma sonrası, 3-4-5 ve 6'ncısı şiddeti her kademe artan 5'er dakikalık treadmill koşuları sonrasında 1 dk içinde ve 7'ncisi 25.5 km/h hızda bitkin duruma gelene kadar süren treadmill koşusundan sonra 5'inci dakikada parmak ucundan alındı. Yedinci basamak öncesinde 15 dakika, diğer basamaklar arasında 5 dk istirahat verildi. Yedinci basamakta egzersiz hızına uyum bozuldukça hız hafifçe azaltılarak, denekten yeni hızda egzersize devam etmesi isteniyor ve hızı gittikçe azalan 2-3 kademe sonunda 20-22 km/h'a kadar iniliyordu. Böylece, maksimum sınırlarda daha uzun süre (1.5-2 dakika) yüklenme sağlandı. Alınan her kan örneğinden hem ESL hem de TKL tayini gerçekleştirildi.

Protokol B: 12 erkek atlet (3 sprinter, 9 orta mesafe koşucusu) treadmill üzerinde, her basamakta artan 3 dakikalık, 3 kademe koşu gerçekleştirdi (12). Her kademe arası 30 sn ara verilerek parmak ucundan kan örneği alındı (12). ESL ve TKL düzeyleri tesbit edilerek, hem ESL hem de TKL değerlerine göre iki ayrı 4 mM/L laktat seviyesi tesbit edildi. Aynı gün TKL'ye göre tesbit edilen hızda 20dakika koşuruldu ve sonrasında 1 dk içinde kan örneği alındı. Ertesi gün ise, ısınma sonrasında ESL'ye göre tesbit edilen hızda 20 dakika koşuruldu ve sonrasında 1 dakika içinde kan örnekleri alındı. Bu örneklerin herbirinden hem ESL hem de TKL incelendi. Böylece, 4 mM/L laktat eşiği tesbiti için TKL yerine ESL analizi kullanmanın geçerliliği araştırıldı.

Protokol A ve Protokol B'de elde edilen tüm veriler (129 örnek) ayrıca değerlendirilip, ayrı ESL düzeylerinde 7 grup oluşturuldu. Her grup içinde ESL ile tkl

*** Deneklerden birinden, arabasamaklardan biri atlanarak, 6 kan örneği alındı.**

arasındaki farklar değerlendirildi (Tablo 1).

Sonuçlar, t testi, korelasyon analizi ve regresyon analizi ile istatistiki olarak değerlendirildi.

BULGULAR

ESL seviyelerine göre oluşturulan 7 düzeyin herbirinde ESL ile TKL arasında istatistiki olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0.0001$ ve $p < 0.0005$). ESL ile TKL arasındaki farklar birinci düzeyden itibaren gittikçe artmaktadır (0.68 mM/L-7.21 mM/L). (Tablo 1).

| | I. DÜZEY n=30 | | II. DÜZEY n=30 | | III. DÜZEY n=29 | | IV. DÜZEY n=11 | |
|---------|---------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|
| | ESL | TKL | ESL | TKL | ESL | TKL | ESL | TKL |
| Ort. | 1.37 | 2.050 | 2.4033 | 3.320 | 3.6793 | 4.672 | 6.855 | 8.50 |
| SD. | 0.3447 | 0.678 | 0.2773 | 0.582 | 0.3977 | 0.680 | 0.699 | 1.063 |
| Min. | 0.80 | 1.00 | 2.00 | 2.30 | 3.00 | 3.50 | 5.90 | 7.10 |
| Max. | 1.90 | 3.30 | 2.90 | 4.40 | 4.50 | 6.60 | 7.70 | 9.90 |
| ESL/TKL | %48.57±25.23 | | %38.34±20.07 | | %27.34±15.78 | | %24.29±10.96 | |
| | $p < 0.0001$ | | $p < 0.0001$ | | $p < 0.0001$ | | $p < 0.0005$ | |

| | V. DÜZEY n=10 | | VI. DÜZEY n=9 | | VII. DÜZEY n=10 | |
|---------|---------------|-------|---------------|--------|-----------------|-------|
| | ESL | TKL | ESL | TKL | ESL | TKL |
| Ort. | 9.430 | 13.46 | 12.711 | 18.411 | 14.690 | 21.90 |
| SD. | 1.116 | 2.965 | 0.478 | 1.349 | 1.179 | 2.526 |
| Min. | 8.10 | 9.70 | 12.00 | 16.50 | 13.70 | 19.00 |
| Max. | 11.50 | 19.80 | 13.30 | 20.60 | 16.50 | 25.90 |
| ESL/TKL | %53.1±59.0 | | %44.82±9.25 | | %48.94±10.17 | |
| | $p < 0.0005$ | | $p < 0.0001$ | | $p < 0.0001$ | |

TABLO 1.ESL'ye göre tesbit edilen 7 ayrı düzeyde ESL/TKL farkları.

129 örneğin korelasyon analizi sonucunda, ESL ile TKL arasında $r=0.985$ düzeyinde bir korelasyon tespit edilmiş ($p < 0.01$) ve, $TKL = -0.364 + 1.47 ESL$ şeklinde bir regresyon denklemi saptanmıştır ($R-sq-adj: \%97.1$, $p < 0.01$).

ESL'ye ve TKL'ye göre tesbit edilen "4mM/L laktat eşiği" hızları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark vardı ($p < 0.0001$) ve ortalama eşik hızı farkları 1.617 km/h idi ESL eşik hızı 16.775 ± 1.407 km/h, TKL eşik hızı ise 15.158 ± 1.365 Km/h olarak bulundu (Tablo 2).

İki ayrı eşik hızında 20'şer dakikalık koşulardan sonra elde edilen ESL değerleri arasında 5.383 mM/L (9.350 mM/L- 3.967 mM/L) fark bulunmuştur ($p < 0.0001$) (Tablo2).

TKL'ye göre tesbit edilen eşik hızında 20 dakika koşudan sonra (ESL: 3.05 ± 0.746 mM/L) TKL: 3.967 ± 0.797 MM/L olarak saptanmıştır (TABLO 2).

ESL'ye göre tesbit edilen eşik hızında 20 dakika koşudan sonra ise ESL: 7.375 ± 1.407 mM/L (TKL: 9.35 ± 2.42 mM/L) şeklinde belirlenmiştir (Tablo 2).

| | ESL'ye göre | | | TKL'ye göre | | |
|------------|-------------|---------|----------|-------------|---------|---------|
| | Hız (km/h) | ESL | TKL | Hız (km/h) | ESL | TKL |
| Denek 1 | 17.60 | 7.7 | 9.5 | 15.10 | 2.6 | 3.9 |
| Denek 2 | 18.50 | 9.5 | 12.9 | 16.70 | 2.7 | 4.2 |
| Denek 3 | 18.00 | 9.0 | 12.1 | 16.70 | 4.6 | 5.6 |
| Denek 4 | 15.00 | 3.8 | 4.1 | 15.10 | 3.9 | 4.2 |
| Denek 5 | 16.00 | 7.1 | 9.8 | 13.60 | 2.7 | 3.7 |
| Denek 6 | 15.20 | 7.1 | 8.3 | 13.90 | 3.1 | 4.3 |
| Denek 7 | 15.30 | 6.0 | 7.1 | 13.40 | 2.3 | 3.0 |
| Denek 8 | 17.30 | 6.6 | 9.2 | 15.60 | 3.1 | 3.5 |
| Denek 9 | 18.50 | 7.6 | 9.9 | 16.40 | 2.4 | 3.1 |
| Denek 10 | 15.20 | 7.4 | 9.1 | 13.60 | 3.9 | 4.9 |
| Denek 11 | 16.40 | 7.6 | 8.0 | 14.60 | 3.4 | 4.3 |
| Denek 12 | 18.30 | 9.1 | 12.2 | 17.20 | 2.2 | 2.9 |
| Min.-Max. | 15.00-18.50 | 3.8-9.5 | 4.1-12.9 | 13.40-17.20 | 2.2-4.6 | 2.9-5.6 |
| Ort. | 16.775 | 7.375 | 9.350 | 15.158 | 3.075 | 3.967 |
| SD. | 1.407 | 1.530 | 2.421 | 1.365 | 0.746 | 0.797 |
| p < 0.0001 | | | | | | |

TABLO 2. ESL ve TKL'ye göre tesbit edilen 4mM/L laktat eşik hızlarında 20'er dakika koşu sonrası ESL ve TKL düzeyleri.

TKL eşik hızı ile ESL eşik hızı arasında $r=0.877$ ($p<0.01$) düzeyinde bir korelasyon saptanmış ve; TKL eşik hızı = $0.87+0.852$ ESL eşik hızı şeklinde bir regresyon denklemi bulunmuştur ($R-sq-adj:\%74.7$, $p<0.01$).

TARTIŞMA

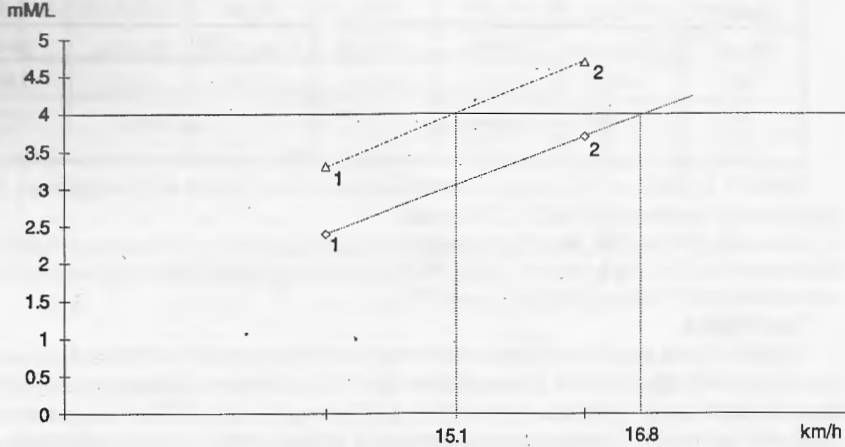
Laktatın kana geçiş hızı kandan eliminasyon hızına eşitse kan laktat konsantrasyonu değişmez. Buna laktat steady state'i denir (2). Maksimal Steady state değerine tekabül eden yük'e "individual anaerobik eşik" adı verilmiştir (15). Heck ve ark. (12), laktik asit maksimum steady state değerlerini 2.85-5.20 mM/L arası tesbit etmiş ve ortalama olarak 4.05 mM/L değerini bulmuştur. Heck ve ark. nın "4mM/L laktat eşik" dediği bu ortalama değer, Kinderman ve ark.'nın "anaerobik eşik" (13), Sjodin ve ark.'nın da (12) "kan laktat birikiminin başlangıcı; OBLA" olarak adlandırdıkları kavramlara karşılık gelir.

0.05 mM/L.dk⁻¹ 'dan daha hızlı bir artış, o hızın steady state hızı olmadığını gösterir (22). Bu, 20 dakika için 1 mM/L demektir. 4mM/L kan laktat seviyesine göre tesbit edilen hızda 20 dakikalık bir koşudan sonra değişmeyen ve 3-5 mM/L arasında kalan değerler o hızın o sporcu için "steady state hızı" olduğunu gösterir. Bu aynı zamanda tesbit edilen eşik doğru olduğunun bir göstergesidir.

Kinderman ve ark. (13), tesbit edilen 4mM/L laktat eşik hızında 30 dk sürdürülen egzersiz sonunda arteriyel laktat konsantrasyonlarının 4mM/L civarında olduğunu ve hiçbir denegün bitkin duruma gelmediğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmalarını konvensiy-

önel bir metodla gerçekleştirmişlerdir.

Bizim çalışmamızda TKL değerlerine göre tesbit edilen ve 4mM/L laktat seviyesine karşılık gelen hızda 20 dk koşudan sonra elde edilen ortalama veriler; ESL:3.075±0.746 mM/L, TKL:3.967±0.797 mM/L'dir ve 20 dk koşu sonrası 3-5 mM/L arasında kalması gereken "steady state" değerlerine uygundur. Ancak, ESL'ye göre belirlenen 4mM/L düzeyine denk gelen hızda, 20 dakika koşu sonrası değerler "steady state" değerlerinin üstündedir (ESL: 7.375±1.407 mM/L, TKL:9.35±2.42 mM/L) (Tablo 1). ESL ile tesbit edilen 4mM/L kan laktat eşliğine göre yapılan 20 dk testinde 1 sprinter ve 2 orta mesafeci testi bitirememiş, biri 10 dk, ikincisi 12 dk, diğeri ise 16 dk devam ettirebilmiştir. TKL'ye göre belirlenen eşik hızında 20 dakikalık treadmill koşusunu ise tüm denekler tamamlamış ve hiçbiri bitkin duruma gelmemiştir. Bu durum, 4mM/L laktat eşğini ESL ile tespit etmenin yanlış olduğunu açıkça göstermiştir. 4mM/L laktat eşği, orta ve uzun süreli dayanıklılıkta performansı belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Eşik hızı ne kadar yüksek ise, sporcu aktiviteyi bu yüksek hızda, kan laktadında önemli bir artma olmaksızın uzun süre sürdürebilir. Ancak, ESL'ye göre belirlenen 4mM/L referans noktası, eşik değerlerinin çok üstünde olduğundan, bu amaca hizmet edemez.



Δ 1 : II. düzey ortalama TKL değeri Δ 2 : III. düzey ortalama TKL değeri
◇ 1 : II. düzey ortalama ESL değeri ◇ 2 : III. düzey ortalama ESL değeri

ŞEKİL 1.ESL ve TKL'ye göre, ekstrapolasyonla tesbit edilen 4mM/L laktat eşği hızları.

* Wasserman ve ark. (23, 24) ventilatuar eşği, anaerobik eşik olarak ifade ederek, bunun laktat eşğine eşit olduğunu ve oksijenin yetersiz olduğu ortamda laktadın arttığını bildirmişlerdir. Fakat bir çok araştırmacı tarafından bu hipotez yıkılarak ventilatuar eşğin laktat eşğinden farklı olduğu gösterilmiştir (2). Laktat eşği laktat'taki ani artışın görüldüğü iş yükü (30), ventilatuar eşik ise VE ile VO2 arasındaki ilişkinin belirgin şekilde bozulduğu ilk noktadır. OBLA ise 2 mM/L veya 4 mM/L değerleri olarak kullanılmıştır. Yani sadece 4 mM/L referans noktasını ifade etmez. Bu yüzden bu referans noktasına "4mM/L laktat eşği" demek daha doğrudur.

Aynı kan örneğinden bakılan ESL değerleri TKL'ye göre düşüktür. Bu yüzden, ekstrapolasyon'la ESL'ye göre tesbit edilen "4mM/L laktat eşik hızı, TKL ile tesbit edilene göre yüksek çıkmaktadır (Şekil 1).

Williams ve ark'nın (27), sadece ESL ölçümü yaparak 4mM/L kan laktat düzeyini tesbit etmeye çalıştıkları araştırmalarında, erkeklerin %30'u, kızların %12'si peak VO₂'de 4mM/L seviyesine ulaşamamıştır. Bunlardan dolayı, Williams ve ark. 4mM/L laktat eşik hızını tam kan'dan ESL ölçümünü faydalı bulmamışlardır .

Bizim çalışmamızda, TKL eşik hızı ile ESL arasında $r=0.877$ ($p<0.01$) düzeyinde bir korelasyon bulunmuş ve regresyon analizi sonucunda;

TKL eşik hızı = $0.87+0.852$ ESL eşik hızı şeklinde bir regresyon denklemi saptanmıştır.

Buono ve Yeager (3), hafif egzersizde plazmadan eritrosit içine laktat geçişi olduğunu ve hızlı kan laktat düzeyi değişimlerinin olduğu şiddetli egzersizde ise eritrosit membranının plazma ve eritrosit arasındaki laktat geçişini engellediğini, egzersiz sonrasında transport yönünün tersine döndüğünü ortaya koymuşlardır. Piquard, istirahat- te, laktadın plazma ve eritrosit sıvılarına eşit düzeyde yayıldığını bildirmiştir. Laktat düzeyi hipoksia nedeniyle veya hafif egzersiz ile arttığında plazmadaki artış eritrosit içine göre daha yüksektir ve böylece denklik bozulur. Decker ve Rosenbaum istirahatte plazma ve eritrosit sıvıları arasında ancak analitik prosedür sınırları içinde kalan bir fark bulmuşlar fakat, plazma laktadı 3.3 mM/L'ye çıktığında plazmadan eritrosit içine az miktarda geçişin başladığını ve plazma laktadı 12.6 mM/L'a yükseldiğinde oldukça önemli bir düzeye ulaştığını bildirmişlerdir (3).

Forrest ve ark (10), tam kandan bakılan ESL ile plazma laktadı arasında, yarı maraton öncesinde %10, sonrasında da %30 fark bulmuşlardır.

Bu çalışmalar her ne kadar direkt olarak ESL ile TKL farkını incelememişlerse de, elde edilen sonuçlar kanda laktat miktarı arttıkça eritrosit içinde kalan laktat miktarının arttığını ortaya koyar. Bu da tam kandan yani hiçbir işleme tabi tutulmadan analizöre doğrudan verilen kan örneğinden laktat düzeyine bakıldığında, eritrosit içinde kalıp, ölçülemeyen laktatdan dolayı, ESL ile TKL arasındaki farkın seviye yükseldikçe artacağı anlamına gelir.

Freidheim ve Town (8) direkt olarak ESL ile TKL arasındaki farkı incelemiş, submaksimal ve maksimal egzersizde önemli bir fark olduğunu ($p<0.01$) belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar, TKL değerini ESL değerlerinden predikte edebilmek amacıyla; $TKL = 1.4188 + 1.0667$ ESL şeklinde bir regresyon denklemi ortaya koymuşlardır.

Dubinsky ve Racker'e göre, laktadın plazmadan eritrosit içine transportu plazma pH'nın düşmesine bağlıdır. Egzersiz şiddeti arttıkça plazma laktadı artıp, pH'ı düşecek ve plazmadan eritrosit içine laktat geçişi artacaktır (7).

Bizim çalışmamızda da kanın plazma fraksiyonundaki laktat (ESL) düzeyi 1.37 mM/L'den 3.67 mM/L'ye çıkarken ESL ile TKL arasındaki fark 0.68 mM/L'den 0.9931 mM/L'ye yükselmiş 0.952 ve ESL düzeyi 6.855 mM/L'ye ulaştığında fark 1.6545 mM/L'ye, ESL düzeyi 9.430 mM/L'ye ulaştığında fark 4.03 mM/L'ye, ESL düzeyi 12.711 mM/L'ye ulaştığında fark 5.70mM/L'ye ve son olarak ESL düzeyi 14.69mM/L'ye ulaştığında fark 7.21 mM/L'ye çıkmıştır (Tablo 1). ESL ile TKL arasındaki bu fark eritrosit içinde kalan laktat miktarını gösterir. Bu sonuçlar, yukarıda incelediğimiz literatür sonuçlarına uygundur.

Bizim çalışmamızda ise 129 örneğin korelasyon analizi sonucunda, ESL ile TKL arasında $r=0.985$ ($p<0.01$) düzeyinde bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Regresyon analizinde de;

$TKL = -0364 + 1.47 \text{ ESL}$ şeklinde bir denklem saptanmıştır. Sadece ESL ile çalışan laboratuvarlarda TKL değerinin tespitinde bu formül kullanılabilir. Ancak, doğrudan TKL tesbiti, sporcunun performansını takip ve programların yönlendirilmesi için sıklıkla uygulanacak olan bu çalışmaların hassasiyeti açısından, daha sağlıklıdır.

SONUÇ

4mM/L referans noktası ESL ile tayin edildiğinde, ESL değeri, TKL'den düşük olduğundan, laktat eşiğini geliştirmeyi amaçlayan çalışmalarda gerçek eşik hızının çok üstünde bir hızda egzersizler düzenlenmiş olacaktır. Bu yüzden 4mM/L laktat eşiğini ESL ile bulmak hatalıdır.

Maksimum laktat düzeyleri ESL ile de bulunabilir ancak, efor şiddetlendikçe eritrosit içi laktat miktarı arttığından, maksimum düzeylerde ESL ile TKL arasındaki fark oldukça artar. Bu yüzden, kan laktadı ile ilgili makalelerde, kanın hangi kısmındaki laktadın ölçüldüğünün ekstraselluler kan laktadı, total kan laktadı veya plazma laktadı olarak açıkça ifade edilmesi karışıklıkları önleyecektir. Böylece, yapılan çalışmaların aynı metodla gerçekleştirilen diğer çalışmalarla kıyaslaması kolaylaşacaktır.

TKL analizinin mümkün olmadığı durumlarda, bu çalışmada, ESL değerinden TKL değerini ve ESL eşik hızı değerinden TKL eşik hızını belirlemek için ortaya koyduğumuz formüller kullanılabilir. Ancak, hassasiyeti açısından TKL'nin doğrudan ölçümü tercih edilmelidir.

Kan örneklerinin alınmasındaki yardımlarından dolayı Mehmet Turan'a çok teşekkür ederiz.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Bosco C, Rusko H, Hirvonen J; "The effect of extra-load conditioning on muscle performance in athletes". *Med Sci Sports Exerc*, 1(4): 415-419, 1986.
2. Brooks GA; "Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research". *Med Sci Sport Exerc*, 17 (1): 22-31/1985.
3. Buono MJ, Yeager JE; "Intraerythrocyte and lactate concentrations during exercise in humans", *Eur J Appl Physiol*, 55:326-329, 1986.
4. Cheetham ME, Williams C; "High intensity training and treadmill sprint performance". *Brit J Sports Med*, 21(2):14-17, 1987.
5. Davis HA, Gass GC; "Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise" *Brit J Sports Med*, 13: 165-169, 1979.
6. Dotan R, Rotstein A, Gradjinovsky A; "Effect of training load on OBLA determination". *Int J Sports Med* 10: 346-351, 1989.
7. Dubinsky Wp, Racker E; "The mechanism of lactate transport in human erythrocytes" *J Membrane Biol*, 44: 25-36, 1978.
8. Ferry A, Duvallet A, Rieu M; "Te effect of experimental protocol on the relationship between blood lactate and workload". *J Sport Med*, 28 (4): 341-347, 1988.
9. Freidheim LC, Town GP; "Blood lactate methodolgies compared". *Med Sci Sport Exer*, 21 (2): 521, 1989 (Supplement).
10. Forrest ARW, Morton S, Lambardarios C; "Blood or plasma lactate?". *Brit J Sports Med*, 24(2): 132, 1990.
11. Green HJ, Hughson RL, Orr GW, Ranney DA; "Anaerobic threshold, blood lactate, and

muscle metabolites in progressive exercise". *J Appl Physiol: Rebreath-Environ, Exercise Physiol*, 54(4): 1032-1038, 1983.

12. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W; "Justification of the 4mM/L lactate threshold". *Int J Sports Med*, 6:117-130, 1985.

13. Kinderman W, Simon G, Keul J; "The significance of aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training". *Eur J Appl Physiol*, 42:25-34, 1979.

14. Leavy J, Weil MH, Michaels S, Astiz ME, Rackow EC; "A technique for automated measurement of blood lactate at the bedside". *Crit Care Med*, 13(4): 323, 1985.

15. Mc Lellan T; "The influence of a respiratory acidosis on the exercise blood lactate response". *Eur J Appl Physiol*, 63: 6-11, 1991.

16. Mc Lennan TM, Gaas GC; "Metabolic and cardiorespiratory responses relative to the anaerobic threshold". *Med Sci Sports Exerc* 21(2): 191-198, 1989.

17. Medbo JI, Mohn A-C, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM; "Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit". *J Appl Physiol*, 64(1): 50-60, 1988.

18. Ohkuwa T, Kato Y, Katsumata K, Nakao T, Miyamura M; "Blood lactate and glycerol after 400 m and 3.000 m runs in sprint and long distance runners". *Eur J Appl Physiol* 53: 213-218, 1984.

19. Osnes J-B, Hermansen L; "Acid-base balance after maximal exercise of short duration". *J Appl Physiol* 32(1):59-63, 1972.

20. Shimajo N, Fujino K, Kitahashi S, Nakao M, Naka K, Okuda K; "Lactate Analyzer with continuous blood sampling for monitoring blood lactate during physical exercise". *Clin Chem*, 37 (11):1978-1980, 1991.

21. Shimojo N, Naka K, Nakajima C, Yoshikawa C, Okuda K, Okada K; "Test-strip method for measuring lactate steady state". *Clin Chem*, 35(9): 1992-1994, 1989.

22. Synder AC, Foster C, Woulfe TJ; Prediction of maximal lactate steady state". *Med Sci Sports Exerc*, 21(2): 522, 1989 (Supplement).

23. Wasserman K, McLroy MB; "Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise". *Am J Cardiol*, 14:844-852, 1964.

24. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL; "Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise". *J Appl Physiol*, 35(2): 236-243, 1973.

25. Weil MH, Leavy JA, Rackow EC, Halfman CJ, Bruno SJ; "Validation of a semi-automated technique for measuring lactate in whole blood" *Clin Chem*, 32(12): 2175-2177, 1986.

26. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schrurer R, Rutt R, Weltman J; "Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO₂ max". *Int J Sport Med*, 11(1): 26-32, 1990.

27. Williams JR, Armstrong N, Kirby BJ; "The 4 mM blood lactate level as an index of exercise performance in 11-13 year old children". *Journal of Sport Sciences*, 8:139-198, 1989.

28. Yeh MP, Gardner RM, Adams TD, Yanowitz FG, Crapo RO; "Anaerobic threshold: problems of determination and validation". *J Appl Physiol: Rebreath-Environ Exercise Physiol*, 54 (4):1178-1186, 1983.

29. Yoshida T; "Effect of exercise duration during incremental exercise on determination of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation". *Eur J Appl Physiol*, 53:196-199, 1984.

30. Yoshida T; "Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise". *Eur J Appl Physiol*, 53:200-205, 1984.