

AEROBİK VE ANAEROBİK EŞİK HIZLARINDA YAPILAN İKİ DEĞİŞİK STEADY-STATE EGZERSİZİN SERUM CK VE LDH AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ*

Faruk Turgay**, Hüray İşlekel***, S. Oğuz Karamızrak****,
Hüseyin T. Sessiz***, Şaban Acarbay**

ÖZET

Serum kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) enzim aktiviteleri iskelet kası hücre hasarı markeri olarak kullanılmaktadır. Dayanıklılık kapasitesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan aerobik eşik (AT) ve anaerobik eşik (ANT) yüklerinde yapılan steady-state egzersizlerin belirtilen enzim aktiviteleri üzerine etkilerine sınırlı çalışma vardır. Bu etkileri araştırmak için, iyi antrene 13 erkek amatör futbolcuda AT ve ANT hızlarında yapılan iki değişik steady-state koşu bandı egzersizin serum CK ve LDH aktiviteleri üzerine etkileri incelendi. Sporcular (20.6 ± 1.7 yaş) önce AT hızlarında 45 dk'lık (ATT), iki gün sonra ise ANT'nin % 97.2'sinde 33.8 (± 4.0) dk'lık (ANTT) steady-state testlerini gerçekleştirdiler. ATT'nden 10 dk önce (AT1); testten 5 dk (AT2), bir saat (AT3) ve 48 saat sonra (AT4); benzer şekilde, ANTT'nden hemen önce (ANT1), hemen sonra (ANT2), bir saat (ANT3) ve 48 saat sonra (ANT4) açlık venöz kan örnekleri alındı. Örneklerden ayrılan serumlarda, CK ve LDH enzim aktiviteleri ile, total protein (TP), albümin (Alb), glüköz (Glu), kreatinin (Crn) ve üre nitrojeni (BUN) konsantrasyonları saptandı. Hemoglobün ve hematokrit değerlerinden plazma volüm değişiklikleri hesaplanarak gereken düzeltmeler yapıldı. AT1 ve ANT1 noktaları referans değerler olarak kabul edildi. AT2, AT3, ANT2 ve ANT3

* Bu çalışma X. Balkan Spor Hekimliği Kongresi'nde Nisan 1999 (Antalya)'da sunulmuştur.

** GSGM İzmir Sporcu Sağlık Merkezi, İzmir

*** Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, İzmir

**** Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı, İzmir

örneklerinde CK aktiviteleri anlamlı olarak artarken ($p<0.01$), ANT1'de düştü ($p<0.01$). CK'daki artış ANT4 noktasında da devam etti ($p<0.01$). LDH aktiviteleri ise AT2 ve ANT2 zaman noktalarında aynı oranlarda (%6.2) artarken, AT3'de bu artış %14.9, ANT3'de ise %10.4 oldu. ANTT sonrasında ulaşılan serum zirve CK ve LDH aktivite düzeyleri, ilk test sonrasında ulaşılan değerlerin altında kaldı. Diğer kan parametreleri değişken yanıt verirken genellikle ANT3'de benzer anlamlı artışlar gösterdiler. Sonuç olarak; İyi antrene erkek futbolcularda, egzersiz yük ve sürelerini belirlemede, CK enzim aktivitelerinin LDH'a göre daha iyi bir kriter olarak kullanılabileceği düşünülebilir. Her iki testten 48 saat sonra CK ve BUN hariç diğer tüm serum parametrelerinin bazal değerlerine dönmeleri ve testler boyunca normal sınırlarında kalmaları her iki testin de aerobik nitelikte oldukları şeklinde kabul edilebilir.

Anahtar sözcükler: Aerobik eşik, anaerobik eşik, serum CK ve LDH aktiviteleri, kan biyokimyası

SUMMARY

EFFECTS OF TWO STEADY-STATE EXERCISES AT THE AEROBIC AND ANAEROBIC THRESHOLDS ON SERUM CK AND LDH ACTIVITIES

Serum activities of creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) enzymes are used as markers of skeletal muscle cell damage. There are few data about those effects at the aerobic (AT) and the anaerobic (ANT) thresholds which are used to predict endurance. Thus, it was aimed in this study to investigate the effects of steady-state treadmill running tests at the AT and the ANT, performed by 13 well-trained male amateur soccer players (20.6 ± 1.7 yrs), on serum CK and LDH activities. Athletes ran for 45 min first at AT, then for 33.8 (± 4.0) mins at 97.2% of the ANT, 48 h later. Fasting blood samples were withdrawn, 10 min prior to the AT run (AT1), five minutes, an hour and 48 h following the test (AT2, AT3 and AT4, respectively); and similarly for the ANT test, 10 min prior to, 5 min, an hour and 48 h following it (ANT1, ANT2, ANT3 and ANT4, respectively). Besides the CK and LDH activities, serum total protein (TP), albumin (Alb), glucose (Glu), creatinine (Crm) and urea nitrogen (BUN) concentrations were determined. Plasma volume changes were calculated by using hemoglobin and hematocrit values at each sampling to perform the necessary corrections. AT1 and ANT1 were selected as reference points. CK activity increased significantly ($p<0.01$) at AT2, AT3, ANT2 and ANT3. While it decreased ($p<0.01$) at ANT1, it continued to

increase ($p<0.01$) at ANT4. LDH activity increased by the same amount of 6.2 % ($p>0.05$) at AT2 and ANT2, and further increased at AT3 (%14.9) and ANT3 (%10.4). Peak serum CK and LDH activities which were reached after the ANTT test remained below those reached after the ATT. Other serum parameters behaved differently, though they were significantly increased ANT3. To conclude, total CK activities may be considered as a better criteria than LDH activities in assessing exercise loads and durations in well trained soccer players. The fact that all parameters except CK and BUN returned to baseline levels 48h after both tests and remained in their normal ranges throughout the study may further indicate the aerobic nature of both tests.

Keywords: Aerobic threshold, anaerobic threshold, serum CK and LDH activities, blood chemistry

GİRİŞ

Serum kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) enzim aktiviteleri, miyokard enfarktüsünün ve egzersiz sonrası kas hücre hasarının indirekt göstergeleri olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Kısa aralıkla tekrarlanan iki şiddetli egzersizden, ikincisinden sonra ulaşılan serum zirve CK enzim düzeyleri çoğu kez ilk egzersiz sonrasında ulaşılanın altında kalmaktadır (5,12). Antrene sporcularda, ilk egzersiz sonrası oluşan yüksek seviyedeki serum CK düzeylerinin azaldığı gözlenmektedir. Bu olumlu işaretler, kasların egzersize bir adaptasyonu olarak yorumlanmakta, ve sporcunun fiziksel fitness düzeyinin bir göstergesi olarak yorumlanabilmektedir (5). LDH da CK ile birlikte kas enerji metabolizmasında rol oynayan önemli bir enzimdir (2, 21).

CK ve LDH enzimlerinin belirtilen amaçla kullanıldığı egzersiz protokolleri genellikle yüksek şiddette eksantrik tipte olup maksimal düzeyde kas hasarına neden olabilirler (4, 5, 12, 27). Ancak, yapılan literatür taramasında, dayanıklılık performansının öngörülmesinde ve antrenmanlarının programlanmasında optimal egzersiz yükleri olarak sıklıkla kullanılan aerobik ve anaerobik eşik (11, 17) yüklerinde yapılan steady-state egzersizlerin belirtilen enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalara rastlanamadı. Bu nedenle, bu çalışmada iyi antrene amatör futbolcularda AT ve ANT hızlarında gerçekleştirilen iki değişik "steady-state" koşu bandı egzersizinin, serum CK ve LDH aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmak amaçlandı. Ayrıca, kas hücre hasarının oluşumunda rol oynayabilen dehidratasyon, substrat boşalması gibi faktörleri de (8) irdeleyebilmek için, total protein (TP), albümin (Alb), kreatinin (Crn), üre nitrojeni (BUN) ve glükoz (Glu) gibi parametreler de araştırıldı.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmaya, sigara ve alkol alışkanlığı olmayan, yaşları 18-24 yaş arası (ort. 20.6 ± 1.7 yıl) sağlıklı 13 erkek amatör futbolcu gönüllü olarak katıldı. Sporculara, testler öncesinde çalışmanın amacı ve egzersiz esnasında meydana gelebilecek olası riskler konusunda bilgiler verildi. Ayrıca, testlerden en az bir hafta öncesinden itibaren herhangi bir ilaç ya da alkollü içki kullanmamaları, diyetlerini testler boyunca fazla değiştirmemeleri, testlerden 3-4 gün öncesinden itibaren ağır egzersizler yapmamaları konusunda uyarılarda bulunuldu. Testler öncesinde uyum amacıyla provalar yaptırıldı. Tıbbi kontrolden geçirilen deneklerin fiziksel parametreleri ölçüldü.

Fiziksel ölçümler: Boy, kilo ölçümleri çıplak olarak ölçüldü. Vücut yağ oranı (VYO), "Holtain skinfold caliper" aleti kullanılarak Yuhasz (29) metoduna göre, vücut kitle indeksi (VKİ) ölçümü (19) şu formüle göre hesaplandı:

$$VKİ = \text{Ağırlık (kg)} / (\text{Boy, m})^2 .$$

Egzersiz test programı: Tüm testler en az 12 saatlik bir açlığı takiben saat 09:00-12:00 arasında rastgele olarak, standart bir ısınmadan sonra gerçekleştirildi. Treadmill (Woodway, USA) koşuları % 1'lik eğimde gerçekleştirildi. Oda sıcaklığı, 20-22°C. bağıl nem oranı % 60-65, basınç 740-760 mmHg idi.

Aerobik (AT) ve Anaerobik eşik (ANT) hızlarının ölçülmesi: Her bir sporcu, 8 km/h hızda 5 dk'lık bir treadmill koşusu ile ısınma ve 4-5 dk'lık bir istirahatten sonra, Borch ve ark. (3)'ün egzersiz protokolü kullanılarak, 5 dk süreli, en az beş kademeli ve her kademe sonunda 1.2 km/h'lik hız artışı yapılan submaksimal bir egzersize tabi tutuldular. Her kademenin sonunda, kalp atım hızları (HR) ölçüldü ve laktat ölçümü için parmak ucundan kan almak üzere egzersize 30-40 sn ara verildi. HR ölçümleri pulsmetre (Sportstester PE 300, Finland), laktat ölçümleri ise elektro-enzimatik membran metoduna göre total (Eritrosit içi + ekstrasellüler) laktat olarak YSI 23 L laktat analizörü (YSI Inc., Yellow Springs, USA) kullanılarak yapıldı. Her bir kademenin sonunda ölçülen HR ve laktat değerleri hıza karşı grafiğe geçirildi ve 2 mM laktat değerine karşı gelen hız, aerobik eşik hızı (AT); HR ise ATHR olarak isimlendirildi. 4 mM laktat değerine karşı gelen hız, anaerobik eşik hızı (ANT), HR değeri ise ANTHR olarak isimlendirildi (11, 17).

AT steady-state testi (ATT): AT ve ANT'nin belirlenmesinden en az 3-4 gün sonra her bir sporcu ilk olarak sabit AT hızlarında koşu

bandı üzerinde 45 dk'lık steady-state testine (ATT) tabi tutuldu. Koşunun 25. dakikasında egzersiz 30-40 sn durdurularak parmak ucundan kan örneği alındı. Koşunun sonunda da bu işlem tekrarlandı. Egzersiz esnasında her 5 dk'da bir HR ölçümleri yapıldı. Egzersiz öncesi ve egzersizden hemen sonra vücut ağırlıkları ölçüldü. Bu egzersizden 24 saat önce (AT0), 10-15 dk önce (AT1), egzersizden 4-5 dakika (AT2), bir saat (AT3) ve 48 saat sonra (AT4) tekrar venöz kanları alındı. Pasif dinlenme esnasında, herhangi bir sıvı verilmedi.

ANT steady-state testi (ANTT): ATT'den tam 48 saat sonra başladı. Sabah açlık venöz kanları alınan (ANT1) her bir sporcu, standart ısınmadan sonra yaklaşık ANT hızının % 97.2'sindeki sabit hızda ortalama 30 dk kadar treadmill testine tabi tutuldu. Testin 10. dk'sında test 30-40 sn durdurularak parmak ucundan laktat ölçümü için kan örneği alındı. Egzersizin hemen sonunda işlem tekrarlandı. Kan alım zamanları test öncesi ANT1, hemen sonrası ANT2, bir saat sonrası ANT3, 48 saat sonrası ise ANT4 olarak isimlendirildi.

Steady-state kriteri olarak, ATT için 25. ve 45. dk'lar arasındaki; ANTT için 10. ve 20. dk'lar arasındaki laktat artışının 0.05 mM/dk'dan az olması şartı arandı (22). ATT ve ANTT'inde gerçekleştirilen işler, verilen % 1'lik eğim açık havada normal şartlarda rüzgarın direncine denk geldiği varsayılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Yapılan iş (kJ)} = \text{Vücut ağırlığı (kg)} \times \text{toplam yol (m)} \times 9.81 \times 10^{-3}.$$

Endirekt maksimal oksijen kullanımı (enMaxVO₂) ölçümü: ANTT' den en az beş gün sonra Astrand ve Rodahl (2) metodu kullanılarak Monark (Sweden) bisiklet ergometresinde gerçekleştirildi.

Kan analiz yöntemleri: ATT'den 24 saat önce en az 12 saatlik açlık sonrası sabah 08:30'da laboratuvara gelen sporcu önce 10-15 dk oturarak dinlendi. Turnikeyle fazla sıkılmayan kol veninden cam tüplere serum için düz kan; hematokrit (Htc) ve hemoglobin (Hb) ölçümü içinse soğutulmuş EDTA'lı tüplere kan örnekleri alındı. Düz kanlar oda sıcaklığında 30 dk bekletildikten sonra 1500 g'de 15 dk santrifüj edilerek serumları ayrıldı ve -82°C'de derin dondurucuda saklandı. Bu örneklerde CK ve LDH aktiviteleri (37°C'de kinetik test) ile Glu, TP, Alb, Crn ve BUN düzeyleri (Randox Laboratories LTD, Antrim, UK) kitleri kullanılarak 'Dacos' marka otoanalizörde analiz edildi. Aynı firmanın kontrol örnekleri ile doğruluk kontrolleri gerçekleştirildi. Analizler ilgili testin bitiminden sonra yedi gün içerisinde ve aynı zaman farklarıyla birlikte yapıldı. Hb ölçümleri cyanmethemoglobin prensibine göre çalışan Celldyne 400

cihazıyla (Sequoia Turner Co., USA), test günlerinde ve çift olarak gerçekleştirildi. Htc ölçümleri ise Hettich (Germany) marka mikrohematokrit santrifüjünde, gene çift olarak 20000 g'de 5 dk süreyle santrifüj edilerek yapıldı. Plazma hacim değişikliğinin (% PV) hesaplanması, Hb ve Htc (x 0.96 olarak) değerlerinin ortalaması kullanılarak gerçekleştirildi (7). AT1-AT2 arası hesaplama ATPV1, AT1-AT3 arasındakine ATPV2, AT1-ANT1 arasındakine ise ATPV3 isimleri verildi. ANT1 ile ANT2, ANT3 ve ANT4 zaman noktaları arasında gerçekleştirilen % PV hesaplamaları ise sırasıyla ANTPV1, ANTPV2 ve ANTPV3 olarak isimlendirildi. Bu değerlere göre her bir kişinin tüm serum parametreleri için düzeltmeler gerçekleştirildi.

İstatistiksel analizler: Tadpole paket istatistik programıyla yapıldı. Farklılıkların analizi için önce iki yollu Anova varyans analizi kullanıldı. Farklılığın çıkması halinde, anlamlılık, Wilcoxon signed-ranks matched-pairs testi ile belirlendi. Korrelasyon analizleri için non-parametrik Spearman rank correlation testi kullanıldı. Anlamlılık için $p < 0.05$ düzeyi esas alındı.

BULGULAR

Çalışmaya katılan deneklerin spor geçmişleri 10.8 ± 2.4 yıl idi. Sporcuların fiziksel ve fizyolojik özellikleri Tablo 1'de, ATT ve ANTT testleri esnasındaki HR ve total laktat düzeyi değişimleri Tablo 2'de, biyokimyasal parametreler (% PV değişimine göre düzeltilmiş olarak) ile Hb ve Htc (x 0.96 şeklinde) değerlerinin egzersizle değişimi Tablo 3'de, plazma volüm değişiklikleri (% PV) Tablo 4'de, biyokimyasal parametrelerin çeşitli zamanlar ve testler arasındaki karşılaştırılmaları ise Tablo 5'de verilmiştir. VKİ (23.6 kg/m^2) normal sınırlar arasında bulundu (19).

Tablo 1. Sporcuların fiziksel ve fizyolojik özellikleri.

Parametreler	Ortalama	\pm SD
Yaş, yıl	20.6	1.7
Boy, cm	179.4	4.8
Ağırlık, kg	72.3	5.6
VYO, %	10.8	0.9
VKİ, kg/m^2	23.6	4.4
MaxVO ₂ , ml/kg/dk	62.9	9.6
AT, km/h	10.9	0.9
ANT, km/h	13.0	0.6
ATHR, /dk	152.2	9.5
ANTHR, /dk	173.5	9.0
ATT'de yapılan iş, kJ	5871.5	14.5
ANTT'de yapılan iş, kJ	5079.4	42.6

Sporcular teorik olarak AT ve ANT hızlarına karşı gelen ATHR ve ANTHR'nin yaklaşık olarak %100'ünde steady state testlerini gerçekleştirdiler. ATHR ve ANTHR'nin, (220-yaş) formülüne göre (1) hesaplanan maksimal kalp atım hızına oranları sırasıyla, % 76.4 ± 4.9 ve % 87.0 ± 4.9 olarak bulundu. Ancak ATT testi, ölçülen AT değerinde 45 dk koşurken, ANTT ise ANT'nin % 97.2 sinde (12.7 ± 0.6 km/h) ortalama 33.8 ± 4.0 dk koşuldu. ATT testinde yapılan iş 792 kJ daha yüksek oldu (Tablo1). AT ve ANT hızları arasında anlamlı bir fark vardı (p<0.01). Bu iki hız arasında yüksek düzeyde (r=0.85, p<0.001); MaxVO₂ ile sadece ANT hızı arasında orta düzeyde (r=0.58, p<0.05) bir korrelasyon bulundu.

Tablo 2. ATT ve ANTT sırasında ilgili parametrelerin değişimi.

Test	ATT		ANTT	
	25. dk	45. dk	10.dk	Son dk
Örnek zamanı	25. dk	45. dk	10.dk	Son dk
HR, atım/dk	153.5 ± 15.3	156.5 ± 15.2	164.2 ± 9.5	173.7 ± 8.7
LA, mM	2.05 ± 0.87	2.68 ± 1.27	3.78 ± 0.81	4.76 ± 1.72

CK hariç (sadece AT3'de normal aralığını 32 U/l geçmiştir) tüm parametreler çalışma boyunca normal sınırlarının içinde kaldı. ANT4'de yüksek kalan CK ve BUN hariç bütün parametreler koşulardan 48 saat sonra bazal düzeylerine döndüler. Her iki egzersiz testinden bir saat sonra Htc ve Hb değerleri istirahat düzeylerine döndü. Egzersiz testlerinden bir saat (PV2) ve 48 saat sonraki (PV3) değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmezken (p>0.05), her iki PV1 ile diğerlerindeki değerler arasında anlamlı farklılıklar (p<0.01) bulundu (Tablo 4).

AT1 ve ANT1 referans değerlerine göre, AT2, AT3, ANT2 ve ANT3 zaman noktalarında CK aktiviteleri anlamlı olarak artarken (p<0.01), AT4'de (ATT testinden 48 saat sonra) düşmüştür (p<0.01). CK'daki artış ANT4 noktasında da artmaya devam etti (p<0.01). Birinci ve ikinci testten sonraki CK aktivitelerindeki en yüksek artışlar sırasıyla % 25.4 ve % 58.9 düzeyinde olmuştur. CK aktivitesi AT4'de bazal seviyesinin % 32.8 altına düşmüştür. LDH aktiviteleri ise AT2 ve ANT2 zaman noktalarında aynı miktarlarda (% 6.2) artarken AT3'de bu artış % 14.9, ANT3' de ise % 10.4 olup anlamlı değildi (p>0.05) (Tablo 5). ANTT sonrasında LDH, CK'ın tersine bu testten ancak 48 saat sonra 305 U/I düzeylerine kadar inmiştir. ANTT sonrasında ulaşılan zirve CK ve LDH aktivite düzeyleri birinci testtekilerin altında kaldı. Ayrıca ikinci testin (ANT1) bazal CK, LDH ve BUN değerleri birinci testinkilerden düşüktü. Sadece CK'daki düşüş anlamlı idi (p<0.01) (Tablo 3, 4).

Tablo 3. ATT ve ANTT sırasında biyokimyasal parametrelerin değişimi

Örnek	ATO	ATI	AT2	AT3	AT4	ANTI	ANT2	ANT3	ANT4
Glu, mg/dl	91.5 ± 7.0	91.1 ± 9.0	97.3 ± 10.4	90.3 ± 11.0	88.6 ± 12.4	88.1 ± 13.5	101.3 ± 12.0	92.5 ± 5.5	92.7 ± 7.7
TP, g/dl	7.65 ± 0.61	7.69 ± 0.40	7.70 ± 0.72	7.85 ± 0.59	7.49 ± 0.59	7.39 ± 0.65	7.11 ± 0.86	7.95 ± 0.54	7.75 ± 0.44
Alb, g/dl	4.75 ± 0.39	4.62 ± 0.52	4.92 ± 0.45	5.05 ± 0.39	4.58 ± 0.51	4.54 ± 0.58	4.55 ± 0.47	4.88 ± 0.40	4.76 ± 0.32
Crn, mg/dl	0.95 ± 0.15	0.88 ± 0.14	0.98 ± 0.16	0.98 ± 0.13	0.92 ± 0.11	0.92 ± 0.13	0.98 ± 0.13	1.05 ± 0.15	0.96 ± 0.11
BUN, mg/dl	13.9 ± 3.1	13.5 ± 3.0	13.5 ± 2.9	14.5 ± 3.2	12.7 ± 2.1	12.6 ± 2.1	13.4 ± 2.2	14.6 ± 3.0	13.7 ± 2.1
CK, U/l	162.0 ± 69.6	185.8 ± 73.4	232.9 ± 92.4	232.1 ± 98.6	125.9 ± 48.2	124.7 ± 48.7	149.4 ± 48.6	165.9 ± 50.9	200.1 ± 45.6
LDH, U/l	327.7 ± 49.6	309.2 ± 59.8	328.4 ± 47.0	355.3 ± 62.2	297.9 ± 39.8	295.4 ± 45.7	316.3 ± 44.2	328.9 ± 54.3	305.1 ± 48.8
Htc, %		41.5 ± 2.4	42.7 ± 2.3	41.6 ± 2.1		41.9 ± 1.8	43.0 ± 1.5	41.7 ± 1.7	42.0 ± 1.7
Hb, g/dl		14.7 ± 1.0	15.3 ± 1.0	14.6 ± 0.9		14.8 ± 0.9	15.4 ± 1.0	14.5 ± 1.0	14.9 ± 0.9

Tablo 4. ATT ve ANTT süresince gerçekleşen % PV değişimleri (Ort. \pm SD olarak).

AT PV1	ATPV2	ATPV3	ANTPV1	ANTPV2	ANTPV3
-5.37 \pm 4.10	0.67 \pm 4.53	-0.99 \pm 5.10	-6.39 \pm 3.42	1.73 \pm 4.08	-0.09 \pm 3.64

Tablo 5. Biyokimyasal parametrelerin ATT ve ANTT testlerindeki karşılaştırmaları.

Örnekler	Glu	TP	Alb	Crn	BUN	CK	LDH
AT1-AT2			p<0.05 \uparrow	p<0.02 \uparrow		p<0.01 \uparrow	% 6.2 \uparrow
AT1-AT3			p<0.02 \uparrow	p<0.02 \uparrow	% 7.7 \uparrow	p<0.01 \uparrow	% 14.9 \uparrow
AT1-AT4						p<0.01 \downarrow	
ANT1-ANT2	p<0.01 \uparrow					p<0.01 \uparrow	% 6.2 \uparrow
ANT1-ANT3	p<0.01 \uparrow	p<0.05 \uparrow	p<0.05 \uparrow	p<0.01 \uparrow	p<0.01 \uparrow	p<0.01 \uparrow	% 10.4 \uparrow

\uparrow : Bazal değerlere göre artmayı gösterir, \downarrow : bazal değerlere göre düşmeyi gösterir.

TP seviyeleri sadece ANT3'de anlamlı artış gösterdi (p<0.05). Alb değerleri ise AT2'de (p<0.05), AT3'de (p<0.02) ve ANT3'de (p<0.05) anlamlı düzeylerde artışlar sergiledi. Crn değerleri de Alb değerlerine benzer artışlar gerçekleştirdi. Crn'deki artış (AT1' e göre) ANT4 'de (p<0.02) devam etti. BUN düzeyleri AT3' de % 7.7 artarken, sadece ANT3 (p<0.01) ve ANT4 (p<0.05) noktalarında anlamlı olarak arttı. Glu seviyeleri ise ANT2 ve ANT3 noktalarında (p<0.01) artış gösterdi.

TARTIŞMA

ATT ve ANTT'inde egzersizin son 20 dk'sı içinde laktik asidin artış hızı, steady-state kriteri olarak verilen 0.05 mM/dk değerinden (11, 22) küçüktü. Ayrıca belirtilen testlerde 20 dk'lık aralığın incelendiği iki noktadaki laktat değerleri arasında istatistiksel olarak da anlamlı bir fark bulunamadı (p>0.05) (Tablo 2). ANTT sonrası tesbit edilen 4.8 mM'lık değer maksimum laktat steady-state'i kriterine (3.0-5.5 mM) uygundu (11). Her iki testte de bu iki nokta arasındaki HR değerleri arasında anlamlı farklılıklar mevcuttu (ATT için p<0.05, ANTT için ise p<0.01). Ancak sırasıyla 3 ve 9 atım/dk'lık bu küçük artışlar egzersizde artan vücut ısısından kaynaklanabilir (27).

Sporcuların hemoglobin ve hematokrit değerleri, normal sınırlarda idi (Hb 14.7 g/dl, Htc % 43.2). Bu değerler Turgay ve ark. (26)'nın amatör

futbolcularda buldukları değerlere (Hb 14.0 g/dl, Htc % 42.6) benzerdi. Bu çalışmada bulunan enVO_2Max (62.9 ml/kg/dk) değerleri ise, Yalaz ve ark. (28)'nin antrene futbolcularda buldukları 46.3 ml/kg/dk değerinden büyüktü. Söz konusu çalışmada bulunan vücut yağ oranı değerleri (% 10.1), bu çalışmada bulunan değerlere (% 10.8) çok benzer görünmektedir. Buradaki ANT hızları (13.0 km/h) ise İşlegen ve ark. (13)'nin profesyonel futbolcularda buldukları 13.7 km/h değerlerine çok yakın görünmektedir.

Ölçülen tüm serum parametreleri için AT0, AT1, AT4 ve ANT1 zaman noktaları arasında anlamlı bir farklılık saptanamadı ($p>0.05$). Bu nedenle, AT1 ve ANT1 noktalarındaki parametreler, belirtilen steady-state testleri için bazal (referans) değerler olarak kabul edildi. Ayrıca AT0 ve ANT4 arasında da hiçbir serum parametresi için anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0.05$) (Tablo 5). Glu seviyeleri ise ANT2 ve ANT3 noktalarında ($p<0.01$) artış gösterdi. Halbuki plazma volüm değişikliği için düzeltilmemiş durumda ise Glu değerleri AT2 ve AT3 zaman noktalarında da anlamlı ($p<0.002$) artışlar gerçekleşti. Diğer birçok parametre için de aynı durumlar gözlenmiş olduğundan bu tip çalışmalarda % PV değişiklikleri mutlaka gözönünde bulundurulmalıdır. AT2, AT3, ANT2 ve ANT3 zaman noktalarında CK'in anlamlı, LDH'in ise anlamlı olmayan artış eğilimine Alb ve Crn parametreleri de eşlik etmektedir. ANT3'de bu artışlara TP de katılmıştır (Tablo 3).

Bunlara paralel olarak Alb'in AT2-AT3 ve ANT1-ANT3 ($r=0.72$, $p<0.005$ ve $r=0.59$, $p<0.05$); TP'nin AT2-AT3 ($r=0.64$, $p<0.02$), Crn'in de AT1-AT2-AT3 ile ANT1-ANT2-ANT3 noktaları arasında orta derecede korrelasyonlar bulunmuştur. Belirtilen zaman noktalarında Crn ile CK ve BUN serum düzeyleri arasında da yüksek düzeylerde ($p<0.001$) korrelasyonlar bulunmuştur. Ancak LDH için benzer paralellikler sadece ANT2 ve ANT3'deki değerleri arasında ($r=0.61$, $p<0.03$) gözlenebilmiş, Glu için ise AT2 ve AT3 ile ANT1 ve ANT2 noktaları arasında bulunmuştur.

Hyatt ve ark. (12), liseli 10 genç erkek sedanterde, önce maksimal bir eksenrik egzersiz; altı gün aradan sonra ise denekleri iki gruba ayırarak, kontrol grubunda aynı egzersiz setlerini aynı kolda gerçekleştirmiş, deneysel grupta ise aynı egzersizi diğer kolda gerçekleştirmiştir. Hareket aralığı, kol çevresi, maksimal izometrik kuvvet, hissedilen kas ağrısı ve serum CK düzeyleri belirlenmiştir. CK dışındaki kriterler, deney grubunda her iki kolda da benzer hasarın meydana geldiğini gösterirken ($p<0.05$), kontrol grubunda ikinci egzersiz sonrasında azalmış bir cevap

gözlenmiştir. Her iki grupta da ilk egzersizden 96 saat sonra CK'da bir zirveye ulaşılmıştır. Bu değerler kontrol grubunda 3530 IU/l, diğesinde ise 6683 IU/l kadar tesbit edilmiştir. Deneysel grup ikinci egzersizden beş gün sonra ikinci bir zirveye ulaşırken (3602 IU/l), kontrol grubunda ek zirve gözlenmemiştir.

Her iki çalışmada da ilk egzersizlerden sonra ulaşılan zirve serum CK düzeylerine ikinci egzersizlerden sonra erişilememiştir. Egzersizlerden sonraki zirve değerlere ulaşma o çalışmada birkaç gün gibi daha uzun bir süre alıp bazal değerlere dönüş süresi de daha uzun olmuşken bizim çalışmamızda egzersizden kısa bir süre sonra zirve değere erişilip 48 saat sonra bazal değerlerin de altına inilmiştir. Ancak ikinci egzersizden 48 saat sonra, ilk egzersizin tersine CK aktivitesindeki artışın devam ediyor olması belirtilen çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Fielding ve ark.(8)'nin çalışmasında; 18-30 yaşları arasındaki 24 sedanter üç gruba ayrıldı. C grubu her iki bacakla yapılan maksimal eksenrik bir egzersiz yaptı. D ve F grubu aynı testleri (bisiklet ergometresinde VO_2 max'ın % 56'sında) iki saat süren bir submaksimal egzersizden sonra gerçekleştirdiler. Kas hasarı göstergesi olarak Z-bandı hasarı tüm gruplarda, egzersizden sonra üç kat arttı ve üç gün yüksek düzeyde kaldı. Tüm grupların CK aktiviteleri altı saat sonra zirve değerlere ulaştı. Sıvı alan grubun (F) CK değerleri diğelerinkinden daha yüksekti (3.6 kat). Bizim çalışmada da gözlenen plazma volüm değişikliği gibi faktörlerin de indirekt olarak meydana gelen kas hasarında rolü olabileceği belirtilmiştir (8).

Vincent ve ark. (27), liseli sedanter ve antrene erkek (n=10) halterci gruplarında gerçekleştirdikleri şiddetli bir rezistans egzersizden sonra, her iki grupta da anlamlı olarak artan CK düzeyleri, kontrol grubu değerlerini (3272 IU/l) antrene grubunkine göre (1349 IU/l) anlamlı oranda yüksek bulmuşlardır ($p<0.01$). Hissedilen ağrı düzeyleri ise antrene grupda daha yüksek idi. Bu çelişki, ağrı ve enzim artışlarının birbirinden bağımsız olan mekanizmalara dayandırılarak açıklanmıştır.

Schwane ve ark. (20), sedanterlerde uyguladıkları % 23 eğitim ve 3.0 km/h'lik bir saat süren geri yürüme şeklindeki bir egzersizden yaklaşık 4 ve 7 gün sonra serum zirve CK aktivitelerine (980 IU/l) ulaşmışlardır. Anlamlı artışların olduğu ($p<0.01$) bu çalışmada kas hücre hasarının kanıtı olarak kullanılan magnetik rezonans görüntüleme (MRI) signal yoğunlukları ile plazma CK aktivitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p=0.45$).

Sorichter ve ark. (24), 21-25 yaşları arasındaki erkeklerde bir gruba maksimal eksantrik bir egzersiz, diğer gruba ise ilave bir konsantrik türde egzersiz yaptırdıktan sonra serum CK düzeylerini ilave egzersiz yapan grupta anlamlı olarak daha yüksek bulmuşlar; MRI bulgularında ise bariz bir değişiklik bulamamışlardır. Anlamlı bir doku hasarı ve bağ dokusu yıkılımı da olmaması yanısıra enflamasyon markerleri (CRP, haptoglobülin, C₃, C₄ ve transferrin) negatif idi.

Sorichter (23) ve ark. 30 yetişkin erkekte yaptıkları bir başka çalışmada, değişik frekanslardaki kuvvet antrenmanları sonrasında, Serum CK aktivitelerinde antrenman öncesine göre anlamlı bir değişiklik bulamadılar. Uygun frekanstaki antrenmanlar sonrasındaki olumlu adaptasyonların; tekrarlı egzersizlerin, kas fibrillerini bir sonraki egzersize daha dirençli hale gelmesini sağlayabilen bağ dokusu miktarındaki bir artıştan ve işe katılımlarındaki bir değişiklikten kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Karamızrak ve ark. (15)'nin, orta ve uzun mesafe koşucularında yaptıkları, aralarında 6-8 dk süreli dinlenmelerin olduğu üç adet supra-maksimal Wingate testinden altı saat sonraki artışlar, sporcuların serum LDH ve CK düzeylerinde $p<0.01$, kontrol grubunda ise $p<0.05$ düzeyinde gerçekleşmişti.

Brown ve ark. (4), altısı bayan sekiz kişide tek bacakla yaptıkları 50 maksimal eksantrik kasılma egzersizinden sonra kronik kuvvet kaybı ve kas ağrısının yanı sıra serum CK ve LDH aktivitelerinin de anlamlı olarak ($p<0.01$) arttığını gözlemişlerdir. Ayrıca idrar hidroksiprolin ve lizin düzeyleri bu artışlara eşlik etmiştir. Bu artışlar üç gün süreyle devam etmiştir.

Çalışmamızda saptanan Alb, Crn, CK ve BUN düzeylerindeki paralel değişimler, ardışık zaman noktalarında gözlenen ve bulgular bahsinde belirtilen korrelasyonlarla da desteklenmektedir. Protein metabolizmasının bir göstergesi olarak gösterilen üre (BUN) değerleri (25) ikinci egzersiz sonrasında daha bariz olarak artmıştır. Bu tip egzersizler sonrasında enerji amaçlı protein yıkım hızının arttığı (9, 18, 21), sentezinin ise düştüğü belirtilmektedir (9). Gerek egzersiz esnasında, gerekse sonrasında hem tübüler hem de glomerüler orijine sahip bir proteinüri tesbit edilmiştir (6). Bu çalışma sonuçları egzersizler esnasında minimal de olsa enerji amacıyla proteinin metabolize edilmiş olabileceği izlenimi vermektedir. Ancak serum TP, Crn ve BUN'daki artışlar diğer bazı

çalışmalarda (10, 14, 16) da gözlenmiş olup bunların genellikle glomerüler filtrat hızının azalmasından da kaynaklanabileceği belirtilmektedir (21). Bu tip egzersizlerden sonra üre retansiyonunun da arttığı gösterilmiştir (10). Bu çalışmada Crn, Alb ve BUN parametrelerinde artışların olduğu ardışık zaman noktaları arasında bulunan yüksek düzeydeki korrelasyonlar yukarıdaki olasılıkları destekliyor görünmektedir.

Glu seviyelerinde ikinci egzersiz sonrası gözlenen artışlar ($p < 0.01$), bu testte ilkinde göre daha fazla karbonhidratın enerji olarak kullanıldığını gösterir (1, 2, 11, 17, 21). Ayrıca ikinci egzersiz sonrası laktat seviyesinin daha yüksek olması bu görüşü desteklemektedir. Her iki egzersizden sonra gerek plazma volümündeki artışlar, gerekse kilo kayıpları hemen hemen benzer olmasına rağmen, her iki egzersiz sonrasında CK ve LDH enzim aktivitelerindeki değişiklikler farklı düzeylerde idi. Bunun nedenleri, diğerlerinin yanısıra, belirtilen egzersizlerde kullanılan enerji kaynaklarındaki farklılıklar, işe katılan kasların fibril tipleri ve oranları ile metabolik ve homeostatik faktörler olabilir.

Egzersiz protokollerinin çok farklı olması nedeniyle, çalışma sonuçlarımızı diğer örneklerle tam olarak karşılaştırmak mümkün görülmemektedir. Ancak testlerimizden sonra enzim aktivitelerindeki artışların hemen akabinde görülmesi ve diğer çalışmaların tersine daha kısa zamanda bazal değerlerine dönmesi, diğer faktörlerin yanısıra, kullanılan egzersiz protokollerinin aerobik bir doğada olmalarından kaynaklanabilir. Zaten laktat eşik testlerinin temel felsefesi, endürans kapasitesini geliştirebilecek en optimal egzersiz yoğunluğunun belirlenmesi ve metabolik asidoz olgusundan sporcunun korunmasıdır (1, 2, 11, 17). ATT'nde yapılan işin ikinci testtekenden 792 kJ daha fazla olduğu ve şiddetinin ise düşük olduğu gözönüne alınacak olursa (Tablo 2, 3); LDH enzim aktivitelerindeki artışın derecesi egzersizin şiddetinden ziyade süresini, ya da yapılan iş miktarını yansıtmaya eğilimi göstermektedir. CK egzersizin şiddetini göstermede LDH'a göre daha duyarlı görülmektedir.

Sonuç olarak; iyi antrene erkek futbolcularda, bu tip egzersizlerin yük ve sürelerini belirlemede, CK enzim aktiviteleri LDH'a göre daha iyi bir kriter olarak kullanılabilir. Her iki testten sonra ANT4' de artan CK ve BUN hariç diğer tüm serum parametrelerinin bazal değerlerine dönmeleri ve testler boyunca normal sınırlarında kalmaları her iki testin de aerobik doğaya sahip olduğunu gösterebilir.

KAYNAKLAR

1. Akgün N: *Egzersiz Fizyolojisi*, Cilt I ve II, 4.Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1993.
2. Astrand PO, Rodahl K: *Textbook of Work Physiology*. McGraw Hill, New York, 1986.
3. Borch KW, Ingjer F, Larsen S, Tomten SE: Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of "anaerobic threshold". *J Sports Sci* **11**: 49-55, 1993.
4. Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE: Indices of skeletal muscle damage and contractions. *Eur J Appl Physiol* **75**: 369-74, 1997.
5. Bunch TW: Brief communication; blood test abnormalities in runners. *Mayo Clin Proc* **55**: 113-7, 1980.
6. Clerico A, Giammattei C, Cecchini L, et al.: Exercise-induced proteinuria in well-trained athletes. *Clin Chem* **36**: 562-4, 1990.
7. Dill DB, Costill L: Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* **37**: 247-8, 1974.
8. Fielding RA, Violan MA, Svetkey L, et al.: Effects of prior exercise on eccentric exercise-induced neutrophilia and enzyme release. *Med Sci Sports Exerc* **32**: 359-64, 2000.
9. Forslund AH, Hamraeus L, Olsson RM, El-Khoury AE, Yu YM, Young VR: The 24-h whole body leucine and urea kinetics at normal and high protein intakes with exercise in healthy adults. *Am J Physiol* **275** (2pt1): E 310-20, 1998.
10. Friedman JE, Lemon PW: Effect of chronic endurance exercise on retention of dietary protein. *Int J Sports Med* **10**: 118-23, 1989.
11. Heck H, Mader A: Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W: Justification of the 4.0 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* **6**: 117-30, 1985.
12. Hyatt JPK, Clarkson PM: Creatine kinase release and clearance using MM variants following repeated bouts of eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* **30**: 1059-65, 1998.
13. İşlegen Ç, Karamızrak O, Turgay F, et al.: Profesyonel futbolcuların anaerobik eşik değerlerinin laktik asid ölçümleri ile saptanması. *Spor Hekimliği II. Ulusal Kongresi Bildirileri*, Ankara, s. 108-14, 1992.
14. Janssen GM, Degenaar CP, Menheere PP, Habets HM, Geurten P: Plasma urea, creatinine, uric acid, albumin, and total protein concentrations before and after 15-, 25-, and 42-km contests. *Int J Sports Med* **3**: S 132-8, 1989.
15. Karamızrak SO, Ergen E, Töre IR, Akgün N: Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* **34**: 141-6, 1994.
16. Kargotitch S, Goodman C, Keast D, et al.: Influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical data following high-intensity exercise. *Clin J Sports Med* **7**: 185-91, 1997.
17. Kindermann W, Simon G, Keul J: The significance of the aerobic- anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol* **42**: 25-34, 1979.

18. Maclean DA, Spriet LL, Graham TE: Plasma amino acid and ammonia responses to altered dietary intakes prior to prolonged exercise in humans. *Can J Physiol Pharmacol* **70**: 420-7, 1992.
19. Pollock ML, Wilmore JHW: *Exercise in Health and Disease*. 2nd ed., WB Saunders Co., p. 56, 1990.
20. Schwane JA, Buckley RT, Dipaolo DP, Atkinson MAL, Shepherd JR: Plasma creatine kinase responses of 18-to 30-yr-old african men to eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* **32**: 370-8, 2000.
21. Shephard RJ: *Biochemistry of Physical Activity*. Charles C Thomas Publ, Springfield, Illinois USA, 1984.
22. Snyder AC, Woulfe T, Welsh R, Foster C: A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. *Int J Sports Med* **15**: 27-31, 1994.
23. Sorichter S, Koller A, Haid C, et al.: Light concentric exercise and heavy eccentric muscle loading: effects on CK, MRI and markers of inflammation. *Int J Sports Med* **16**: 288-92, 1995.
24. Sorichter S, Mair J, Koller A, et al.: Muscular adaptation and strength during the early phase of eccentric training frequency. *Med Sci Sports Exerc* **29**: 1646-52, 1997.
25. Tietz NW: *Textbook of Clinical Chemistry*. WB Saunders Co., Philadelphia, 1986.
26. Turgay F, Şemin S, Pakkan AK, et al.: Ege bölgesi sporcularının hemogram profili. IV. Milli Spor Hekimliği Kongresi Bildiri Kitabı. EÜ Basımevi, İzmir, 1994.
27. Vincent HK, Vincent KR: The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *Int J Sports Med* **18**: 431-7, 1997.
28. Yalaz G, Kayatekin M, Güvel H, et al.: Erkeklerde düzenli egzersizin lipid ve lipoprotein profiline etkisi. *Spor Hekimliği Dergisi* **31**: 107-14, 1996.
29. Yuhasz MS: *The Effects of Sports Training on Body Fat in Men with Prediction of Optimal Body Weight*. Doctoral thesis, Urbana, Illinois, University of Illinois, 1966.