

## SOĞUK VE SICAK ORTAMDA AKUT DAYANIKLILIK EGZERSİZİNİN MaksVO<sub>2</sub> VE KAN LAKTAT DÜZEYLERİNE ETKİSİ

Murat ERDOĞAN\*, Nevin ATALAY GÜZEL\*\*, İsa SAĞIROĞLU\*\*\*

### ÖZET

İnsan organizması kendine uygun olmayan gerek sıcak, gerekse soğuk ortamdan olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışma ile akut dayanıklılık tipi yüklenme olarak kabul edilen mekik koşusunun organizma için farklı kabul edilebilecek iki sıcaklık ortamında (0 ve 30°C) maksVO<sub>2</sub> ve kan laktat düzeyi üzerine olan etkilerini araştırmak amaçlandı. Çalışma sporcu geçmişi olmayan 19 erkek birey (ortalama yaş 19.6 ± 5.4, boy 173.4 ± 6.4 cm, vücut ağırlığı 78.5 ± 4.4 kg olan) üzerinde Şubat ve Temmuz aylarında gerçekleştirildi. Araştırmaya katılan deneklerin maksVO<sub>2</sub> düzeylerinin belirlenmesi amacıyla "shuttle run" (mekik testi) testi yapıldı. Egzersizin şiddetini belirlemek amacıyla egzersizden önce ve egzersizden hemen sonra laktat analizörü aracılığında kapiller kan laktat ölçümü gerçekleştirildi. Çalışmanın sonunda 0°C' de yapılan yüklenmelerde maksVO<sub>2</sub> değerlerinin ve performansın 30°C'ye göre daha yüksek olduğu, kan laktat düzeyinde meydana gelen değişimlerin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı.

**Anahtar sözcükler:** Sıcak ve soğuk çevre, kan laktatı, maksVO<sub>2</sub>, akut dayanıklılık egzersizi

### SUMMARY

*THE EFFECT OF ACUTE ENDURANCE EXERCISE IN COLD AND HOT ENVIRONMENTS ON VO<sub>2</sub>Max AND BLOOD LACTATE LEVELS*

*Hot and cold environments impose negative effects on human body and performance. The present study aims to evaluate the effects of cold*

---

\* Kara Harp Okulu Komutanlığı Liderlik ARGE Merkezi, Fiziki Performans ve Beden Eğitimi Glş. Ks., Dikmen, Ankara

\*\* Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Beşevler, Ankara

\*\*\* Trakya Üniversitesi Kırkpınar Beden Eğitimi Spor Yüksekokulu, Edirne

(0°C) and hot (30°C) environments on  $VO_2max$  and blood lactate levels, following an acute endurance workout. The study was conducted on 19 non-athletic male subjects (mean age  $19.6 \pm 5.4$  yr, height  $173.4 \pm 6.4$  cm, body weight  $78.5 \pm 4.4$  kg). In order to determine the  $VO_2max$  level, the Shuttle Run Test was performed, and capillary blood lactate levels were determined through an Accutrend analyzer. Results of the study revealed that hot environment decreased physical performance and  $VO_2max$  compared with that in cold environment. Changes in lactate levels were not statistically different, when both conditions were compared.

**Key words:** Hot and cold environments, blood lactate,  $VO_2Max$ , acute endurance exercise

## GİRİŞ

İnsan organizması dışsal (klimatik) ve içsel (metabolik) sıcaklık kaynaklarından etkilenmektedir (23). Sıcaklık üretimi ile tüketimi arasında bir iç dengeye sahip olup bunu termodinamiğin ilk yasası gereği radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon ve evaporasyon ile sağlamaya çalışır (5). Bütün bu etkenler soğuk ve sıcak ortamı yaşamı zorlayıcı ve uyum sağlamak için çaba gerektiren bir durum haline getirmektedir. Endüstrileşmiş topluluklar dış ortamın zararlı etkilerini kapalı ortamlarda faaliyetlerini devam ettirerek azaltmaya çalışsalar da, bu durum dış ortamlarda yapılmak zorunda olan egzersizler için söz konusu değildir. Organizmanın çevreyle etkileşimi ve performans yönünden en zorlayıcı etken, egzersizlerin yapıldığı ortamın sıcaklığıdır.

Fiziksel aktivite esnasında dışsal ve içsel uyarıların bileşimi termoregülasyon sistemini zorlayabilir; bunun sonucunda da performans sınırlanır (13). Özellikle büyük eforla yapılan yarışma türü egzersizlerde, alışık olunmayan sıcak ve soğuk hava koşulları performansı sınırlayacaktır. Sıcak havada gösterilen performans sırasında deri ve kaslar organizmadaki kanı paylaşmaya çalışır. Kasların performansı devam ettirmesi için oksijenden zengin kana gereksinim varken, deride vücut sıcaklığı düzenlenmeye çalışılırken daha fazla kana gereksinim duyulur. Bu durumda ne deri, ne de kaslar gerekli kanı alamayacaktır (8). Fiziksel aktiviteler 25°C ısı ve %60 nemin üzerinde uygulandığında vücutta termal strese neden olmaktadır (4).

ABD İklim Araştırma Merkezi tarafından yapılan çalışmalarda; soğuk ortamda kas tonusunun ve viskozitesinin arttığı, kasın kasılma ve antagonistlerin gevşeme sürelerinin uzadığı, sinir iletisinin yavaşladığı,

refleks yanıt süresinin uzadığı, beceri ve koordinasyonun bozulduğu ve fiziksel performansın olumsuz etkilenebileceği saptanmıştır (24).

Sıcak ortamda ise hem egzersiz, hem sıcak hava vücut sıcaklığı artışına neden olur. Bu da kalp damar sisteminin üretilen sıcaklığın uzaklaştırılması için daha fazla çalışması anlamına gelir. Bu durum vücut üzerinde olumsuz etkilere yol açarak iç sıcaklığın artmasına ve performansın yine olumsuz etkilenmesine neden olur (11).

Eberle (8), sıcak ortamda yapılan çalışmalarda koşu ekonomisi ya da etkinliğinin azaldığını, diğer bir deyişle daha düşük sıcaklıklarda yapılan egzersizlerin sıcak ortamlarda yapılanlara oranla daha üst düzey şiddette uygulanabildiklerini ileri sürmüştür.

Çevre sıcaklığı dayanıklılık sporlarında performansı etkilediği uzun yıllardan beri bilinen bir durumdur. Gerek soğuk, gerekse sıcak ortam, organizmada stres oluşturarak performansı kısıtlamaktadır. Vücut bu duruma kendi iç dinamiklerini kullanarak adapte olmaya çalışır. Bu çalışmada akut dayanıklılık tipi bir yüklenme 0 ve 30°C'lik iki farklı sıcaklık ortamında uygulanarak maksVO<sub>2</sub> ve kan laktat düzeyi üzerine olan etkilerini araştırmak amaçlandı.

## **GEREÇ ve YÖNTEM**

**Araştırma örnekleme:** Çalışma ortalama yaşları 19.6 ± 5.4 yıl, boyları 173.4 ± 6.4 cm, vücut ağırlıkları 78.5 ± 4.4 kg olan rastgele ve gönüllü olarak seçilmiş, spor geçmişi olmayan 19 kişinin katılımı ile rakımı 1218 m olan Erzincan ilinde gerçekleştirildi. Katılımcılara çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verilerek aydınlanmış onamları alındı. Araştırmaya katılan deneklerin maksVO<sub>2</sub> düzeylerinin belirlenmesi amacıyla "shuttle run" (mekik testi) testi uygulandı (10).

**Veri toplama araçları:** Egzersizin şiddetini ve kan laktat düzeyini belirlemek amacıyla egzersizden önce ve hemen sonrasında kulak memesinden alınan bir damla kapiller kan örneğinde ölçüm yapıldı. Bu amaçla laktat analizörü (Accutrend) kullanıldı.

**Verilerin toplanması:** Ölçümlerin ilki Şubat ayında 0°C'de ve %32 nem oranında, 0 kmh şiddetindeki rüzgâr hızında ve saat 10:00-12:00 saatleri arasında gerçekleşti. İkinci ölçümler ise Temmuz ayında 30°C'de ve %45 nem oranında, 0 kmh rüzgâr hızında ve yine saatlerde alındı. Testler söz konusu tarihlerde yerel meteoroloji istasyonundan bir haftalık hava raporları alınıp uygun günler belirlenerek gerçekleştirildi.

**İstatistiksel analiz:** Bağımlı değişkenin maksVO<sub>2</sub> ve kan laktatı olduğu gözlemlerde örneklemeler t-testi kullanılarak incelendi. Bağımlı değişkenler için etkiler varyans analizi (ANOVA) kullanılarak test edildi. İkili karşılaştırmalar için post-hoc Scheffe testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edildi.

## BULGULAR

Denklerin ortalama vücut kitle endeksleri 25.1 ± 5.2 kg/m<sup>2</sup> olarak belirlendi. Soğuk ve sıcak hava koşullarında maksVO<sub>2</sub> ve kan laktat düzeyleri (LA) Tablo 1'de verilmektedir. İstatistiksel analiz sonucunda maksVO<sub>2</sub>'nin 0°C'de 30°C'dakine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandı [t(18)=2.368, p<0.01]. Buna karşın sıcaklığın LA değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi [F(1,36)=0.633, p=0.43]. Koşunun LA değerlerini artırıcı etkisi ise beklendiği üzere istatistiksel olarak anlamlı bulundu [F(1,36)= 493.596, p<0.001].

**Tablo 1.** Deneklerin maksVO<sub>2</sub> ve kan laktat (LA) düzeyleri (Ort. ± SS olarak)

Parametre	Sıcaklık	Koşu öncesi	Koşu sonrası
MaksVO <sub>2</sub>	0°C	-	45.8 ± 2.2
(ml/dk/kg)	30°C	-	41.4 ± 2.3
LA	0°C	2.06 ± 0.30	10.8 ± 2.8
(mmol/l)	30°C	2.13 ± 0.32	11.4 ± 2.2

## TARTIŞMA

Sıcaklık farklılığının sportif performansı ve egzersizde oluşan kan laktat miktarını nasıl etkilediğini göstermek amacıyla planlanan bu çalışmada; soğuk ortamda yapılan egzersizde sıcak ortama oranla daha yüksek maksVO<sub>2</sub> düzeyine ulaşıldığı ve daha az laktat birikiminin gerçekleştiği, dolayısıyla akut dayanıklılık tipi bir aktivite sırasında daha yüksek bir dayanıklılık performansı ortaya konulabildiği gözlemlendi.

MaksVO<sub>2</sub> dayanıklılık sporlarında aerobik performans kapasitenin belirleyici bir kriteri olarak kabul edilir (3). Çoğu kişi maksimal aerobik güce 15-17 yaş civarında erişir ve bu güç insanların çoğunda 30 yaşından itibaren düşmeye başlar (15). Bisiklet ergometresinde üniversite erkek öğrencileri için ölçülen ortalama maksVO<sub>2</sub> 3.0-3.5 l veya 41-48 ml/dk/kg kadardır (16,22). Araştırmalar genelde sıcak havada yapılan aerobik egzersizler sırasında fizyolojik stresten dolayı dayanıklılık tipi egzersizlerde başarımın azaldığını gösterir (2). Buna en iyi örnek olarak

uzun mesafe koşucularının yüksek sıcaklıkta yaptıkları yarışmaları verilebilir. Bu tip egzersizlerde atletlerin performanslarının olumsuz etkilenmesinin yanı sıra ısı rahatsızlıkları da sıklıkla gözlenebilir (6).

Normal hava şartlarında enerji rezervlerinin %80'ini kullanabilen sporcu, sıcak ortamda egzersiz yaptığında bu kullanım düzeyine gelemeyen bitkinleşir ya da bu kullanım düzeyine daha düşük bir iş yükünde ulaşır (20). Sıcak havada buhar basıncının artışı, evaporasyon sırasında deri ile hava akımı arasındaki ilişkiyi bozmaktadır. Bu da buharlaşmanın azalmasına neden olur ki, böylece ısı kaybı zorlaşır (15).

Nour ve ark. (19) 2001-2010 yılları arasında koşulan dünyanın sayılı maratonlarının (Berlin, Boston, Chicago, London, New York ve Paris) ve IAAF Gold Labeled yol yarışlarının bitiriş zamanlarını, bitiriş sıralarını ve şehirlerin hava durumlarını analiz etmişler; sonuç olarak her iki cins için çevresel faktörlerden en çok hava sıcaklığının performansı etkilediğini belirtmişlerdir. Stockholm maratonunun 1980-2008 yılları arasındaki sonuçları incelendiğinde de yarışmayı bitiremeyen sporcuların hava sıcaklığı ve nemden etkilendikleri ( $r=0.72$ ) saptanmıştır (26).

Tükenmeye kadar sürdürülen egzersizlerde oluşan ısı nedeniyle, vücut sıcaklığı geçici olarak 38.3-40°C aralığına kadar yükselebilir. Öte yandan, aşırı soğuk ortama maruz kalındığı zaman vücut ısısı 35.6°C'den aşağı değerlere düşebilir. Vücutta üretilen ısı kaybedilen ısıdan daha fazla olduğu zaman, organizmada sıcaklık artışı gözlenir, vücutta ısı birikir ve vücut sıcaklığı yükselir (14). Her ne kadar bu çalışmada vücut ısısı ölçülmemişse de, nedenin yeterli atılamayan ısı olduğu söylenebilir.

Egzersiz ve soğuk çevre arasındaki etkileşim sığa göre daha azdır. Çalışmakta olan vücut, enerji üretmek suretiyle ısı üretir ve meydana gelen fazla ısı vücudun üşümesini önler, ayrıca soğuk ortamda yapılan egzersizlerde ısı kaybedilmesi gerekiyorsa, fazla ısı soğuk hava ile kolayca uzaklaştırılır ve ısı dengesi sağlanır. Ancak iç sıcaklığın 34-35°C'ye inmesi de performansı düşürecektir (16).

Adolph ve Molnar (1) soğuk ortamda yapılan egzersizde performansı belirleyici en önemli unsurların soğuğa maruz kalış süresi, soğuğu tolere edebilme yeteneği ve yapılan aktivitenin şekli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ely ve ark. (9) ile Montain ve ark. (18) da çalışmalarında 5-10°C gibi düşük sıcaklıkta koşulan maraton yarışmalarında, daha sıcak havalar ile karşılaştırıldığında özellikle hızlı koşan atletlerde koşu hızını devam ettirme yeteneğinin daha fazla olduğunu, bunun da bitiriş sıralamasına etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Nem her iki cinsiyet

için aynı oranda olumsuzluk nedenidir. Elit olmayan atletler sıcak hava koşullarından daha olumsuz etkilenmektedir.

Bu çalışmada da spor geçmişleri bulunmadığı için denekler daha çok etkilenmiş olabilirler. Çalışmada 30°C'de yapılan egzersizlerde maksimum oksijen tüketimi 0°C'de uygulanana göre anlamlı düzeyde düşük bulundu. Bu gözlem de sıcak hava koşullarında yapılan dayanıklılık çalışmalarında performansın soğuk ortama göre daha sınırlı olduğu görüşleri ile paralellik göstermektedir.

Bazı araştırmacılar maksVO<sub>2</sub>'yi daha düşük sıcaklıktaki ortamlara kıyasla sıcak ortamlarda daha düşük bulmuşlardır (17,22). Örneğin, 49°C'de 21°C'ye göre %7 (0.25 l/dk) daha düşük bulunmuştur (20). Buna koşut şekilde, yüksek sıcaklıktaki egzersizlerde vücut ağırlığının %2-4'ü arasında meydana gelen sıvı kayıpları sonucunda maksVO<sub>2</sub> büyük oranda azalmaktadır (7). Chevront ve ark. (6) sıcak havada yapılan dayanıklılık tipi egzersizlerde oluşabilecek sıvı kayıplarının performansı azaltabileceğini, ancak aynı durumun soğuk havada yapılan dayanıklılık aktivitesinde performansın olumsuz etkilenmediğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada da sıcak koşullardaki egzersizde maksVO<sub>2</sub> değerlerinin düşük bulunması yukarıdaki çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

Chevront ve ark. (6) araştırmalarının sonucunda ayrıca performans kaybını engellemek için yeteri düzeyde sıvı alınmasını önermektedirler. Yüksek sıcaklıkta yapılan egzersizlerde kas glikojen depolarında azalma oldukça fazladır. Bu durum hem karbonhidrat oksidasyonunu, hem de laktik asit birikimini arttırmaktadır. Laktik asitin birikmesi yorgunluğa sebep olarak performansı sınırlamaktadır (8,12).

Young ve ark. (25) metabolik ve termal adaptasyonu inceledikleri çalışmalarında sıcak ve soğuk suda yapılan dayanıklılık egzersizleri sonunda kan laktat miktarında bir fark olmadığını göstermişlerdir. Bu çalışmada da kan laktat değerleri sadece koşudan etkilendi. Ortamın sıcak ya da soğuk oluşu LA değerlerini etkilemedi.

Sıcaklıktan bağımsız olarak, mekik koşusunun hemen bitiminde elde edilen LA değerleri egzersiz öncesi değerlerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde (p<0.001) yüksek bulundu. Pilcher ve ark. (20)'ın 32.6°C ve üzeri sıcak ortam, 10.8°C ve altı soğuk ortam ve doğal ortam sıcaklığında yapılan egzersizleri karşılaştırdıkları meta analize koşut olarak, bu çalışmada mekik koşusundan bağımsız olarak sıcaklık etkilerinin incelenmesi sonucunda; 0°C'deki maksVO<sub>2</sub>'nin 30°C'de elde edilenden anlamlı şekilde yüksek olduğu saptandı (p<0.005).

Günümüzün şartları gereği çevre koşullarının insan üzerindeki olumsuz etkileri azalmasına rağmen, insanlar sıcak ve soğuk ortamlara maruz kalmaya devam edecektir ve her iki ortam da performansı olumsuz etkilemektedir (20). Bu tip ortamlarda günlük yaşamda daha verimli hareket edebilmeye ve performansın artmasına yönelik bilimsel araştırmaların çoğalması insanoğlunun değişik koşullarda vereceği yanıt açısından önemli olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın devamı olarak, farklı popülasyonlar ile daha soğuk ve sıcak ortamlarda daha uzun süre kalınarak ve vücut iç sıcaklığının da ölçüldüğü koşullarda organizmanın vereceği yanıtların inceleneceği çalışmalar; dış ortamın getireceği olumsuzlukları en aza indirmeyi sağlayacak kıyafetlerin geliştirilmesi gibi hedefler göz önüne alındığında uygun olacaktır.

### KAYNAKLAR

1. Adolph EF, Molnar GW: Exchange of heat and tolerances to cold in men exposed to outdoor weather. *Am J Physiol* **146**: 507-37, 1946.
2. Armstrong LE, Pandolf KB: Physical training, cardiorespiratory physical fitness and exercise-heat tolerance. In: *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*, KB Pandolf, MN Sawka, RR Gonzalez, Eds. Indianapolis, Benchmark Press, 1988, pp 199-226.
3. Bompa TO: *Theory and Methodology of Training*, 3<sup>rd</sup> ed. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Pub. Co., 1994.
4. Burke LM: Fluid balance during team sports. *J Sports Sci* **15**: 287-95, 2010.
5. Cheung SS: *Advanced Environmental Exercise Physiology*, 6<sup>th</sup> ed. Champaign, IL, Human Kinetics, 2010, pp 7-25.
6. Cheuvront SN, Carter R 3<sup>rd</sup>, Castellani JW, Sawka MN: Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J Appl Physiol* **99**: 1972-6, 2005.
7. Craig FN, Cummings EG: Dehydration and muscular work. *J Appl Physiol* **21**: 670-4, 1966.
8. Eberle SG: *Endurance Sports Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed, Champaign, IL, Human Kinetics, 2007, pp 257-72.
9. Ely MR, Martin DE, Cheuvront SN, Montain SJ: Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. *Med Sci Sports Exerc* **40**: 1675-80, 2008.
10. Ergen E: *Egzersiz Fizyolojisi*. İstanbul, Nobel Yayın Dağıtım, 2002.
11. Febbraio MA, Snow RJ, Hargreaves M, Stathis CG, Martin IK, Carey MF: Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation *J Appl Physiol* **76**: 589-97, 1994.
12. Fink WJ, Costill DL, Van Handel PJ: Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **34**: 183-90, 1975.

13. Galloway SD, Maughan RJ: Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Med Sci Sports Exerc* **29**: 1240-9, 1997.
14. Guyton MD, Hall JE: *Tıbbi Fizyoloji*. 9. baskı, Çev. H Çavuşoğlu. İstanbul, Nobel Tıp Kitapları Ltd. Şti., Alemdar Ofset, 1996.
15. Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ: *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*, 2. baskı. Ankara, Gazi Kitapevi, 2006.
16. Hoffman RG: Human psychological performance in cold environments. In: *Medical Aspects of Harsh Environments*. Pandolf KB, Burr RE, Wenger CB, Pozos RS, Eds, Washington DC, Borden Institute, 2001, pp 383-410.
17. Klausen K, Dill DB, Phillips EE Jr, McGregor D: Metabolic reactions to work in the desert. *J Appl Physiol* **22**: 292-6, 1967.
18. Montain SJ, Ely MR, Chevront SN: Marathon performance in thermally stressing conditions. *Sports Med* **37**: 320-3, 2007.
19. Parkin JM, Carey ME, Zhao S, Febbraio MA: Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *J Appl Physiol* **86**: 902-8, 1999.
20. Pilcher JJ, Nadler E, Busch C: Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review *Ergonomics* **45**: 682-98, 2002.
21. Sawka MN, AJ: Young Physical exercise in hot and cold climates. In: *Exercise and Sport Science*. WE Garrett, DT Kirkendall, Eds. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2000, pp 385-300.
22. Sawka MN, Young AJ, Cadarette BS, Levine L, Pandolf KB: Influence of heat stress and acclimation on maximal aerobic power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **53**: 294-8, 1985.
23. Sen Gupta J, Dimri GP, Malhotra MS: Metabolic responses of Indians during sub-maximal and maximal work in dry and humid heat. *Ergonomics* **20**: 33-40, 1977.
24. Wenger CB, Pozos RS: *Medical Aspects of Harsh Environments, Vol. 1. Textbooks of Military Medicine*. Office of the Surgeon General, Borden Institute, Defense Dept., United States Army, 2001.
25. Young AJ, Sawka MN, Levine L, et al: Metabolic and thermal adaptations from endurance training in hot or cold water. *J Appl Physiol* **78**: 793-801, 1995.
26. Vihma T: Effects of weather on the performance of marathon runners. *Int J Biometeorol* **54**: 297-306, 2010.

**Yazışma için e-mail:** m.erdogan@gmail.com