

# Farklı Hava Sıcaklıklarında Yapılan Aerobik Egzersizlerin Bağışıklık Hücrelerine Akut Etkisi

## The Acute Effect of Aerobic Exercises in Different Environment Temperatures on Immunity Cells

<sup>id</sup> Süleyman ULUPINAR<sup>a</sup>, <sup>id</sup> Serhat ÖZBAY<sup>b</sup>, <sup>id</sup> Konca ALTINKAYNAK<sup>c</sup>, <sup>id</sup> Engin ŞEBİN<sup>d</sup>,  
<sup>id</sup> CebraİL GENÇOĞLU<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı, Ankara, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

<sup>c</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Biyokimya ABD, Erzurum, TÜRKİYE

<sup>d</sup>Erzurum Bölge Eğitimi ve Araştırma Hastanesi, Biyokimya Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

**ÖZET Amaç:** Egzersizin bağışıklık sistemi üzerine olan etkileri uzun yıllardır sıkça araştırılan bir konudur. Ancak farklı şiddetlerde yapılan egzersizlerin bağışıklık sistemi üzerine olan etkileri büyük ölçüde bilinirken, farklı hava sıcaklıklarında uygulanan egzersizlerin etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmanın amacı, farklı hava sıcaklıklarında yapılan aerobik egzersizin bağışıklık hücrelerine olan etkilerini araştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmaya 27 sağlıklı genç birey gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılara 3 farklı sıcaklıkta (0,12 ve 24 °C) 40 dk'lık aerobik koşu egzersizi uygulanmıştır. Koşu hızı, katılımcıların maksimum kalp atım hızlarının %65-70'ine (%50-55 VO2maks) karşılık gelen aralıkta tutulmuştur. Katılımcılardan, egzersizlerin öncesinde ve sonrasında kan örnekleri alınmıştır. Katılımcıların bağışıklık fonksiyonları için lökosit ve alt grupları (lenfosit, monosit ve granülosit) kan sayımı ile venöz kan örneklerinden belirlenmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri eşli örneklem t-testi (önce-sonra) ile yapılmıştır. **Bulgular:** Yapılan araştırma sonucunda 0°C ve 12°C sıcaklıklarda yapılan egzersizlerde lökosit (sırasıyla p=0,015 ve p=0,006) ve nötrofil sayıları (sırasıyla p=0,018 ve p=0,021) önemli derecede artarken, 24°C sıcaklıkta ise sadece nötrofil sayılarında (p=0,046) artış görülmüştür. Diğer kan hücrelerinde 3 farklı sıcaklıkta yapılan egzersizlerde de herhangi bir değişime rastlanmamıştır (p>0,05). **Sonuç:** Sonuç olarak bu çalışma, çevre sıcaklığı değişikçe aerobik egzersizlere farklı bağışıklık tepkilerinin oluşabileceğini ortaya koymaktadır.

**ABSTRACT Objective:** The effects of exercise on the immune system have been frequently investigated for many years. Although the effects of exercise at different intensities on the immune system are highly known, there are limited studies on the effects of exercise at different environmental temperatures. The aim of this study was to investigate the effects of aerobic exercise on immune cells at different environmental temperatures. **Material and Methods:** Twenty-seven young healthy subjects voluntarily participated in this study. Participants performed 40 minutes of aerobic running exercise at three different temperatures (0.12 and 24°C). The running speed rate was controlled around 65-70% (50-55% VO2max) of the participants' maximum heart rate. Blood samples were collected from the participants pre- and post-exercise. Leukocytes and subgroups (lymphocytes, monocytes and granulocytes) were measured to assess the immune functions of the participants via the blood count from venous blood samples. Statistical analysis of the data was assessed using paired t-test (pre and post). **Results:** The findings of this study showed that leukocyte (p=0.015 ve p=0.006, respectively) and neutrophil (p=0.018 ve p=0.021, respectively) counts significantly increased in the exercises performed at 0°C and 12°C, whereas in the exercise at 24 °C only neutrophil count (p=0.046) significantly increased. However, these exercises applied at three temperatures did not any changes in other blood cells (p>0.05). **Conclusion:** Consequently, this study indicated that different immune responses to aerobic exercise may occur as the environment temperature changes.

**Anahtar Kelimeler:** Soğuk; egzersiz; lökosit; lenfosit; monosit; nötrofil

**Keywords:** Cold; exercise; leukocyte; lymphocytes; monocytes; neutrophils

Organizmaya zarar verebilecek her türden virüs, bakteri, toksin ve tümör hücrelerine karşı organizmayı savunma faaliyetlerinin tümü bağışıklık fonksiyonları olarak adlandırılmaktadır. Vücuda giren

yabancı ajanları, fagositoz yaparak yok eden lökositler bağışıklık sisteminin en temel ve aktif elamanlarıdır. Akut ve kronik olarak yapılan farklı tipteki egzersizlerin metabolizma üzerine olan etkileri bir-

**Correspondence:** Serhat ÖZBAY

Erzurum Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** serhat.ozbay@erzurum.edu.tr



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

**Received:** 13 Jan 2020

**Received in revised form:** 19 Sep 2020

**Accepted:** 07 Oct 2020

**Available online:** 22 Jan 2021

2146-8885 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.<sup>1-6</sup> Şiddetli egzersizi takiben bağışıklık hücreleri bazı tepkiler oluşturur. En yaygın olarak tarif edilen hücresel tepki, egzersiz sırasında lökosit miktarındaki artıştır.<sup>7-14</sup> Hazar ve Ateşoğlu, kuvvette devamlılık ve maksimal kuvvet antrenmanı yapan 2 grupta da toplam lökosit sayısının egzersizden hemen sonra arttığını, egzersizden 6 saat sonra artışın devam ettiğini, 24 saat sonra ise egzersiz öncesi seviyelere döndüğünü raporlamıştır.<sup>7</sup> Bununla birlikte, toplam lökosit sayılarındaki bir artışı yorumlarken, farklı fonksiyonel özelliklere sahip NK (Natural killer) hücreleri, T yardımcı hücreleri, vb. lökosit alt-gruplarının farklı tepkilerini dikkate almak önemlidir. Mesela yukarıda bahsedilen Hazar ve Ateşoğlu çalışmasında, egzersizi takiben lökosit sayılarının arttığını ancak lenfosit değerlerinde anlamlı bir değişim olmadığını raporlamıştır.<sup>7</sup> Aslında bahsi geçen artış daha çok lökosit alt gruplarından nötrofilin artışıyla ilişkilidir. Çünkü kanda bulunan nötrofil sayısı, diğer tüm lökosit alt grubu hücrelerin sayısından daha fazladır, dolayısıyla nötrofil sayısındaki artışın toplam lökosit sayısına etki etme potansiyeli diğer bağışıklık hücrelerinden çok daha yüksektir.<sup>7,14-16</sup>

Akut egzersizlerde, nötrofil miktarının egzersiz öncesi durumdan 2, 3 kat artabileceği belirtilmektedir. Bu durum, dokulardaki kan akışı yavaşladığı zaman çok sayıda lökosit, özellikle nötrofiller kapiler çepere yapışırlar. Bu durum sonucunda, genel dolaşımdan ayrılmış olurlar.<sup>15</sup> Nötrofil sayısındaki yükselmenin egzersizle birlikte başladığı, maksimal artışın ise egzersizden birkaç saat sonra meydana geldiği belirtilmektedir.<sup>17-19</sup> Örneğin Azarbayjani ve ark. kick boks sporcuları üzerinde yaptığı çalışmasında, egzersizden hemen sonra toplam lökosit sayısının anlamlı şekilde arttığını, bu artışın egzersizden 45 ve 90 dk sonra ölçülen ölçümlerde bile egzersiz öncesine göre anlamlı şekilde yüksek olduğunu göstermiştir.<sup>1</sup> Bununla birlikte, en yaygın yaklaşımlardan bir diğeri de egzersizi izleyen 24 saat içinde bağışıklık supresyonu (lenfosit miktarında azalma) görülmesidir.<sup>7,12,14,20,21</sup> Bu durum “açık pencere” hipotezi olarak adlandırılmıştır. Örneğin bir çalışmada, egzersizden hemen sonra lenfosit değerlerinin anlamlı şekilde yükseldiği ancak egzersizden 45 dk sonra egzersiz öncesinden daha düşük seviyeye düştüğü, 90 dk sonra

yapılan ölçümde ise düşüşün devam ederek farkın büyüdüğü raporlanmıştır.<sup>1</sup> Bağışıklığın baskılandığı bu açık pencere döneminde, mikroorganizmalar vücuda girebilir ve enfeksiyonlara yol açabilir. Bu dönem egzersizin tipine, şiddetine, süresine ve bağışıklık düzeyine göre 3-72 saat arasında sonlanır.<sup>22-24</sup> Bu dönemin üst solunum yolu enfeksiyonuna yakalanma riskini artırabileceği belirtilmektedir.<sup>25,26</sup> Ancak bu teori tartışılmaktadır; son kanıtlar, egzersiz sonrası azalan bağışıklık hücre sayılarının, gerçek bir hücre kaybından ziyade periferik hedef dokulara yeniden dağılımı temsil edebileceğini göstermektedir.<sup>10,27,28</sup>

Farklı ortam sıcaklığı ve bağışıklık sistemi arasındaki ilişki geçmiş yıllardan günümüze araştırılan bir konudur.<sup>29-33</sup> Ancak farklı hava sıcaklığı ve egzersiz kombinasyonunun bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerini araştıran çalışma sayısı çok azdır. Sağlık için spor yapan bireyler, daha çok aerobik egzersizleri tercih etmektedirler. Ancak farklı sıcaklıklarda yapılan aerobik egzersizlerin, bağışıklık sistemine farklı etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Soğuk havada yapılan egzersizin, enerji harcamasını artırarak ekstra yağ yakımına sebep olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın başlıca hipotezi, egzersizin bağışıklık sistemi üzerine etkilerinin ortam sıcaklığına göre farklılaşabileceğidir. Bu durum sedanter bireyleri soğuk ortamda egzersiz yapmaya yönlendirebilir. Aynı zamanda bazı spor branşlarındaki sporcuların kış sezonunu dışarda antrenman yaparak geçirdikleri düşünüldüğünde, özellikle soğuk havanın bağışıklık sistemini nasıl etkilediği merak konusudur. Bu çalışmanın amacı, aynı tip egzersizin farklı ortam sıcaklığında yapılmasının bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerini incelemektir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### KATILIMCILAR

Çalışmaya, 10 kadın ve 17 erkek olmak üzere toplam 27 genç sağlıklı birey (yaş:20,63±1,83 yıl, boy: 174,15±8,49 cm, vücut ağırlığı (VA): 64,37±8,64 kg, beden kitle indeksi (BKİ): 21,16±1,83 kg/m<sup>2</sup>) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar, aktif olarak spor yarışmalarına ve antrenmanlara katılmayan ancak haftada 150 dk'nın üzerinde koşma, yüzmeye, futbol ve futsal gibi egzersizler gerçekleştiren kişilerden oluş-

TABLO 1: Çalışma tasarımı.

Çalışma periyodu	Yapılan egzersizlerdeki	Çalışma grubu
	ortam sıcaklığı	(toplam 27 katılımcı 9'ar kişilik 3 grup hâlinde egzersizlere katılmıştır).
1. gün	0 °C	1. grubunun 1. egzersizi
2. gün	12 °C	2. grubunun 1. egzersizi
3. gün	24 °C	3. grubunun 1. egzersizi
4. gün	0 °C	2. grubunun 2. egzersizi
5. gün	12 °C	3. grubunun 2. egzersizi
6. gün	24 °C	1. grubunun 2. egzersizi
7. gün	0 °C	3. grubunun 3. egzersizi
8. gün	12 °C	1. grubunun 3. egzersizi
9. gün	24 °C	2. grubunun 3. egzersizi

maktadır. Katılımcılar, herhangi bir ortopedik sakatlığı, ağrısı ya da hastalığı bulunmayan kişilerden seçilmiştir. Çalışma boyunca herhangi bir besin takviyesi ya da ek gıda kullanmamaları konusunda katılımcılar bilgilendirilmiştir. Normal sıcaklıktaki egzersizler için katılımcılar istedikleri gibi giyinirken, soğuk havadaki egzersizler için katılımcıların uygun giysiler giymesi sağlanmıştır (cilt ile temas eden hafif polyester veya polipropilen bir iç tabaka, polyester yün veya pamuk bir orta tabaka ve rüzgâr geçirmez bir dış katman). Çalışmaya başlamadan önce tüm katılımcılara sözlü ve yazılı bilgilendirme yapılmış, ayrıca aydınlatılmış onam imzalatılmıştır. Çalışmanın tüm prosedürleri Helsinki Deklarasyonuna göre gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma hastanesi, 07/01/2019 tarihli ve 2019/01-13 sayılı kararı ile etik kurul onayı alınan çalışmanın ilk bölümüdür.

#### VERİLERİN TOPLANMASI

Katılımcılara, 72 saat arayla soğuk, hafif soğuk ve normal olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta (0°C, 12°C ve 24°C) 40 dk'lık aerobik koşu egzersizi uygulanmıştır. Çevre sıcaklıkları, benzer tasarıma sahip bir çalışmaya rastlanmadığı için soğuk hava fizyolojisinin etkisi ile ilgili yapılan çalışmalardan yola çıkarak tercih edilmiştir. Çalışma, kış aylarında ve ısıtma-soğutma sistemi olan 1 kapalı spor salonunda gerekli izinler alınarak gerçekleştirilmiştir. Toplam 27 katılımcı 3 gruba ayrılarak farklı sıralarda egzersiz protokollerini gerçekleştirmişlerdir. Dolayısıyla rastgele belirlenen 9'ar kişilik gruplar hâlinde 1 egzersiz protokolü 3 günde, tüm egzersizler ise toplam 9 günde ve

günün aynı saatlerinde tamamlanmıştır (Tablo 1). Katılımcıların, egzersiz öncesi kan örnekleri oda sıcaklığında alınmış ve aynı anda egzersize başlamışlardır.

Sıcaklıklar dijital bir termometre (TFA 30, Almanya) ile belirlenmiştir. Katılımcılar, 40 dk boyunca maksimum kalp atım hızlarının (KAH) %65-70'ine göre (%50-55 VO<sub>2maks</sub>) standart bir tempoda koşu egzersizini gerçekleştirmiştir. Katılımcıların çalışma öncesinde belirlenen maksimum KAH'a (KAH<sub>maks</sub>=220-yaş) göre Karvonen formülü kullanılarak %65-70 KAH şiddeti belirlenmiştir. Egzersizler sırasında belirlenen KAH aralığına göre tüm katılımcıların koşu hızlarını kontrol etmek için telemetrik bir KAH monitörü (S610i, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandiya) kullanılmıştır. Katılımcılardan, egzersizlerden hemen önce ve hemen sonra uzman bir doktor tarafından kan örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler 5 dk'lık bir santrifüj (4000 rpm ve 4°C) işleminin ardından ayrıldı ve tüm örnekler toplanıncaya kadar -80°C'de saklandı. Alınan kan örnekleri, tam kan sayımı yöntemine göre yine aynı uzman doktor tarafından incelenmiştir. Toplam lökosit, nötrofil, lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil sayıları analizlerde kullanılmıştır.

#### VERİLERİN ANALİZİ

Veriler SPSS 21.0 programında analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. Farklı sıcaklıkta uygulanan egzersizlerin, ön-test ve son-test arasındaki değişimleri belirlemek için eşli örneklem *t-testi* kullanılmıştır. Ayrıca sonuçların pratik önem açısından değerlendirilmesi için *Cohen d* formülüne göre etki büyüklüğü

hesaplanmış ve Hopkins sınıflamasına göre değerlendirilmiştir ( $d \leq 0,2$  ise önemsiz,  $\leq 0,6$  ise küçük,  $\leq 1,2$  ise orta,  $\leq 2,0$  ise büyük,  $\leq 4,0$  ise çok büyük,  $>4,0$  ise mükemmel yakın etki).<sup>34,35</sup>

## BULGULAR

Katılımcıların, farklı sıcaklıklarda yapılan egzersizlerden önce ve sonra bağışıklık fonksiyonlarındaki değişim incelenmiştir (Tablo 2). Çalışanın bulgularına göre 0 ve 12°C sıcaklıklarda yapılan egzersizlerde lökosit ve nötrofil sayılarının önemli derecede arttığı görülürken; lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil sayılarında anlamlı bir değişim görülmemiştir. 24°C sıcaklıkta ise sadece nötrofil değerleri önemli derecede artış gösterirken; lökosit, lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil değerlerinde anlamlı bir değişim görülmemiştir. Ayrıca sonuçlar pratikteki önem açısından incelendiğinde 0°C sıcaklıkta lökosit ve nötrofil orta düzeyde bir etki boyutuna sahip olduğu görülürken; 12°C sıcaklıkta sadece lökosit orta düzeyde bir etki boyutuna sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm değişkenlerin küçük bir etki boyutuna sahip olduğunu ya da hiç pratik bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür.

## TARTIŞMA

Literatür incelendiğinde, soğuk maruziyetiyle ilgili çalışmalar genelde 10°C üzerindedir ve yapılan çalışmalarda çoğunlukla hayvan denekler kullanılmıştır. Bununla birlikte bu çalışmaların çoğunda, hayvanlar uzun süre soğuğa maruz kalmış veya alışmadıkları ortamlara (örneğin soğuk suya veya ısısı düşük dar ve kapalı alanlara maruz bırakma) maruz bırakılmıştır. Bu tasarımların, incelenen hayvanlar üzerinde ek strese sebep olabileceği ve soğuk maruziyetinin yanı sıra psikolojik stresin bağışıklık fonksiyonlarına etki edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca hayvan çalışmalarında elde edilen sonuçların türler arası farklılıklar nedeniyle insanlara aynı şekilde etki edeceği varsayımı çoğu zaman gerçeği yansıtmamaktadır. Bu sebeple, bu çalışma doğal ortamda rekreasyonel ve performans amaçlı spor yapan bireylerin karşılaşılabileceği ortam şartları düşünülerek tasarlanmıştır.

Bir insan veya hayvan akut olarak düşük (yaklaşık 0°C) çevre sıcaklığına maruz kaldığında, vücut ısınısını korumak için ekstra enerjiye ihtiyaç duyar.<sup>30,31,36,37</sup> Bu da metabolizma hızını 2 katına kadar artırabilir.<sup>38</sup> Bu

**TABLO 2:** Farklı sıcaklıkta yapılan egzersizlere katılımcıların bağışıklık yanıtları (n=27, ortalama±SS).

		Önce	Sonra	Değişim	t	p değeri	EB
0°C	Lökosit (10 <sup>3</sup> /µl)	6,94±1,85	8,31±2,18	%20,43	2,594	0,015	0,70
	Nötrofil (10 <sup>3</sup> /µl)	4,28±1,53	5,45±1,83	%27,10	2,533	0,018	0,69
	Lenfosit (10 <sup>3</sup> /µl)	1,86±0,57	2,12±0,65	%13,98	2,006	0,055	0,43
	Monosit (10 <sup>3</sup> /µl)	0,61±0,18	0,59±0,16	%-3,28	0,342	0,735	0,12
	Eozinofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,16±0,16	0,12±0,14	%-25,00	1,991	0,057	0,27
	Bazofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,03±0,05	0,03±0,05	%0,00	0,000	1,000	0,00
12°C	Lökosit (10 <sup>3</sup> /µl)	5,69±1,43	6,97±1,78	%23,36	2,993	0,006	0,82
	Nötrofil (10 <sup>3</sup> /µl)	3,32±1,28	4,03±1,31	%22,12	2,474	0,021	0,56
	Lenfosit (10 <sup>3</sup> /µl)	1,61±0,49	1,84±0,73	%16,05	1,436	0,164	0,42
	Monosit (10 <sup>3</sup> /µl)	0,61±0,16	0,65±0,36	%20,97	1,773	0,090	0,47
	Eozinofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,13±0,07	0,12±0,08	%-7,69	0,527	0,603	0,13
	Bazofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,06±0,05	0,06±0,06	%0,00	0,328	0,746	0,00
24°C	Lökosit (10 <sup>3</sup> /µl)	6,39±1,27	6,79±1,33	%6,59	1,979	0,059	0,32
	Nötrofil (10 <sup>3</sup> /µl)	3,42±0,97	3,71±1,15	%9,91	2,100	0,046	0,32
	Lenfosit (10 <sup>3</sup> /µl)	2,29±0,67	2,34±1,97	%2,62	0,160	0,874	0,04
	Monosit (10 <sup>3</sup> /µl)	0,51±0,28	0,61±0,24	%21,57	1,978	0,059	0,42
	Eozinofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,14±0,09	0,13±0,09	%-7,14	1,363	0,185	0,11
	Bazofil (10 <sup>3</sup> /µl)	0,03±0,05	0,03±0,05	%0,00	0,440	0,663	0,00

EB: Etki büyüklüğü; SS: Standart sapma. Veriler ortalama±SS olarak sunulmuştur. p<0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

durum daha fazla enerji harcamasına işaret eder. Organizma tarafından stres olarak algılanan 2 önemli faktör, soğuk ve egzersiz kombine edildiğinde bu enerji harcamasının daha fazla artacağı düşünülmektedir.<sup>30,33</sup> Bu da sağlık amaçlı egzersiz yapan bireylere aynı iş ile daha fazla enerji yakma fırsatı sunduğu için avantaj sağlar. Ayrıca rekabetin gittikçe sertleştiği, antrenman koşullarının ağırlaştığı spor branşlarında uygulanan antrenmanlar, bazen açık havada ve düşük ortam sıcaklıklarında yapılmaktadır. Fakat soğuk hava maruziyeti ve egzersizin kombine edilmesi durumunda, bağışıklık hücrelerinin verdiği tepkiler tam olarak bilinmemektedir. Soğuk maruziyetiyle alakalı çalışmaların daha çok hayvan denekler ile çalışıldığı görülmektedir.<sup>11,31,32,39-41</sup> Daha önce konuyla alakalı yapılan çalışmalarda, soğuğa maruz kalma durumu daha çok yapay olduğundan, insanların karşılaşacağı tipik bir genellemenin uygun olmadığı düşünülmektedir.

Bu araştırma, farklı sıcaklıklarda yapılan aerobik egzersizin insanlarda bağışıklık hücreleri üzerindeki etkilerini araştıran az sayıdaki çalışmalardan biridir. Çalışmada egzersizin ve soğuk maruziyetinin kombine etkisine karşı oluşan bağışıklık cevabı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarındaki ana bulgu 3 farklı ortam sıcaklığında yapılan aerobik egzersizlerden sonra lökosit miktarının büyük oranda nötrofil artışına bağlı olarak artmasıydı. Nötrofil, toplam lökosit miktarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Ayrıca 0°C ve 12°C derecedeki nötrofil artışı (%27,1 ve %22,1) toplam lökosit sayısında hem istatistiksel açıdan hem de pratik açıdan önemli bir değişiklik yaratırken, 24°C derecedeki nötrofil artışının istatistiksel açıdan anlamlı olmasına rağmen (%9,9) toplam lökosit sayısına etki edecek kadar büyük olmadığı görülmüştür. Diğer bağışıklık parametrelerinde, egzersiz öncesi ve sonrası değerlerde anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Ek stres kaynakları olmadan egzersizin, bağışıklık sistemini etkilediği uzun zamandır bilinmektedir. Deneysel veriler, genellikle egzersizin yoğunluğunun ve süresinin bağışıklık yanıtının tepkisine karar verdiğini ortaya koymaktadır.<sup>14,20,21,25,26,40</sup> Soğuk, sıcaklık ve egzersiz, insan vücuduna bağımsız olarak dolaşım ve metabolik değişikliklere yol açabilen ve bağışıklık sistemini baskılayan bir stres uygulayabilir. Örneğin bir çalışmada, kuvvet antrenmanı yapan 2 grupta da toplam lökosit sayısının egzersizden hemen sonra ve eg-

zersizden 6 saat sonra egzersiz öncesine göre daha yüksek olduğunu, 24 saat sonra ise normal seviyelere döndüğünü göstermiştir.<sup>7</sup> Bir başka çalışmada ise toplam lökosit sayısının egzersizden hemen sonra ve egzersizi takiben 45. ve 90. dakikalarda yüksek olduğunu ancak lenfosit sayısının egzersizden hemen sonra yükselmesine rağmen 45. ve 90. dakikalarda egzersiz öncesi seviyenin altına düştüğünü raporlamıştır.<sup>1</sup> Dolayısıyla bahsedilen çalışmalarda toplam lökosit artışının, daha çok toplam lökositlerin yarısından fazlasını oluşturan nötrofilden kaynaklandığı görülmektedir. Bir diğer çalışmada ise judoculara yapılan yüksek şiddetli ve aralıklı bir testi takiben lökosit sayılarının egzersizden 30 dk sonra anlamlı bir artış görülürken, toparlanmanın sürmesiyle birlikte değerlerin normale dönmeye başladığı raporlanmıştır. Çalışmamızda da tüm egzersizleri takiben nötrofil sayısı artmış, ancak 0°C ve 12°C derecelerde bu artış toplam lökosit sayısına etki edecek kadar büyüktür. Diğer taraftan egzersizleri takiben lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil seviyelerinde egzersizin akut bir etkisine rastlanmamıştır.

Egzersiz ve soğuk gibi birlikte uygulanan çoklu stres faktörleri bu immünolojik baskıyı artırabilir ve bu da bazı bağışıklık hücrelerinin daha fazla baskılanmasına ve artan enfeksiyon riskine neden olabilir.<sup>36</sup> Uzun süreli soğuk hava veya soğuk su maruziyeti içeren hayvan araştırmaları, lenfosit proliferasyonunda ve NK hücre aktivitesinde bir azalma olduğunu göstermiştir.<sup>30,33,39,41,42</sup> Ağır egzersiz ve soğuğa maruz kalmanın neden olduğu bağışıklık fonksiyonu üst solunum yolu enfeksiyonuna duyarlılığı artırır.<sup>43</sup> Ayrıca daha önceki birçok çalışma, soğuk maruziyetinin ve egzersizin artmış enfeksiyon riski ile ilişkili olabileceğini raporlamaktadır.<sup>14,20,21,25,26,40,43</sup> Bunun yanında, soğuk havalarda şiddetli egzersizin, bazı virüslere karşı artan duyarlılık ile ilişkili olduğuna dair bazı sonuçlar ortaya konmuştur.<sup>44,45</sup> Çalışmamızda ise bahsedilen çalışmaların aksine aerobik bir egzersiz uygulanmış ve soğuk ortamlarda (0 ve 12°C) nötrofil ile orantılı olarak toplam lökosit sayısı artarken, bağışıklığın baskılanmasına sebep olduğu vurgulanan lenfosit değerlerinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir.

Literatür incelendiğinde, soğuk havalarda egzersizin bağışıklık sistemi üzerindeki etkisini spesifik olarak inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Mevcut kanıtlar, soğuk hava egzersizinin normal sıcaklıklardaki egzer-

size kıyasla stres hormonu üretimini artırdığını göstermektedir.<sup>36</sup> Bununla birlikte, soğuk ortamlarda yapılan egzersizin, hafif sıcaklıklarda egzersize kıyasla bağışıklığı baskılayıcı bir etkisinin olmadığını belirten sonuçlar da vardır.<sup>29,37</sup> Soğuk maruziyetiyle alakalı bir araştırmada Kanada Kuzey Kutbu'nda sürekli askeri operasyonlar yapan bireyler üzerinde yapılan araştırmalar, hem gündüz hem de gece yüksek düzeyde enerji harcaması ve soğuk koşullara maruz kalma içeren devriyeler sırasında üst solunum yolu enfeksiyonlarının insidansında ve şiddetinde artış olduğunu bildirmiştir.<sup>43,46,47</sup> Bir başka çalışmada, 90 gün boyunca herhangi bir üst solunum yolu enfeksiyonu geçirmemiş 9 erkeğin çok soğuk koşullarda fiziksel aktivite (kayak yürüyüşü) yapmasının akabinde yeni virüslere karşı bir miktar hassasiyet geliştiği görülmüştür.<sup>48</sup> Başka bir çalışmada ise 38°C ve 8°C'de 60 dk'lık bir aerobik bisiklet egzersizi uygulanmış ve çalışma sonucunda ortam sıcaklığının 8°C olduğu egzersizde katılımcılarda lenfositoz (lenfosit atışı) gözlemlenmiştir.<sup>37</sup> Çalışmamızda, 0°C, 12°C ve 24°C hava sıcaklıklarında lenfosit değerlerinde sırasıyla %13,98, %16,05 ve %2,62 artış görülmesine rağmen bu artış miktarları istatistiksel açıdan anlamlı değildir. Bu durumun, çalışmamızda uygulanan hava sıcaklıkları ve egzersiz şiddetinin lenfosit değerlerinde önemli değişikliğe sebep olacak kadar stres yaratmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda bağışıklık fonksiyonlarındaki yanıtların genellikle şiddetli egzersiz ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Şiddetli egzersizle birlikte, hem nötrofil hem de lenfosit sayılarının yükselmeye başladığı ortaya konmuştur. Egzersizin sonlanmasından sonra ise lenfosit sayılarının hızla normale dönmeye başladığı, hatta birkaç saat sonra egzersiz öncesi değerlerin altına inebileceği ancak nötrofil sayılarının saatler sonra bile yüksek kalabileceği vurgulanmaktadır.<sup>49,50</sup> Dolayısıyla şiddetli egzersizi takiben bağışıklık sisteminin geçici bir süre (genellikle 3-24 saat) baskılanması ve vücudun immünojenik hastalıklara daha açık hâle gelmesi daha çok lenfosit sayılarındaki azalma ile ilişkilidir. Aerobik egzersizlerde toplam bağışıklık hücreleri veya lenfosit sayılarındaki değişim şiddetli egzersize göre minimal düzeydedir. Lenfositlerin toplam lökositler içindeki payının yaklaşık olarak 1/5 civarında olduğu göz önünde

bulundurulduğunda, lenfositteki değişimlerin toplam lökosit sayılarını değiştirme potansiyeli düşük olduğu açıktır. Bu sebeple, sadece toplam lökositler üzerinden egzersizin bağışıklık fonksiyonlarına olan etkisini yorumlamak yerine, lökosit alt gruplarının ve bunların spesifik işlevlerinin değerlendirilmesi daha faydalı olacaktır.

## SONUÇ

Genellikle literatürde, toplam lökosit sayısının egzersiz ile indüklendiği temelinde çalışmalar vardır. Ancak soğuk maruziyetinin lökosit üzerindeki etkisi veya soğuk ve egzersizin birleşik etkisi yapılan çalışmalara rağmen hâlâ tam olarak bilinmemektedir. Bu araştırmanın sonuçları, literatürdeki aerobik akut egzersizleri içeren çalışmaların sonuçlarıyla büyük oranda örtüşmektedir ancak hava sıcaklığı düşükçe nötrofile bağlı lökosit artış miktarının arttığı bu çalışmanın başlıca bulgusudur. Orta şiddette yapılan bu aerobik egzersizin, lökositlerde bir reaksiyon meydana getirmesine rağmen bunun daha çok nötrofil artışından kaynaklı olduğu, lenfosit ve diğer kan hücrelerinde değişimlerin minimal olduğu ve istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında, uygun kıyafetlerle yapılan hafif şiddetteki egzersizlerin bağışıklık sistemi için büyük bir tehdit oluşturmadığı söylenebilir. Araştırma sonucunda ortam sıcaklığı (0°C, 12°C ve 24°C) ve egzersizin kombine etkisinin sağlıklı bireylerde nötrofil artışına bağlı lökosit seviyesini artırdığı görülmüştür. Soğuk maruziyeti ile bağışıklık ilişkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için 10°C'den düşük çalışma protokollerine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu durum bazı araştırmalar tarafından da vurgulanmıştır.<sup>36</sup> Çalışma protokolümüzde, 0°C çevre sıcaklığının bulunmasının literatüre bu yönde katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak çalışmamızda, tüm egzersizleri takiben nötrofil sayısının arttığı ancak egzersiz 0°C ve 12°C'de yapıldığında nötrofil artışının toplam lökosit sayısını etkileyecek kadar büyük olduğu bulunmuştur. Lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil değerlerinin ise aerobik egzersizden ve ortam sıcaklığından kısmen etkilendiği ancak bu etkinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Fakat bu konuda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Süleyman Ulupınar, Serhat Özbay; **Tasarım:** Süleyman Ulupınar, Serhat Özbay, Konca Altunkaynak, Engin Şebin, Cebrail Gençoğlu; **Denetleme/Danışmanlık:** Konca Altunkaynak, Süleyman Ulupınar; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Serhat Özbay, Süleyman Ulupınar, Cebrail Gençoğlu; **Analiz ve/veya Yorum:** Konca Altunkaynak, Süleyman Ulupınar, Serhat Özbay; **Kaynak Taraması:** Süleyman Ulupınar, Serhat Özbay, Konca Altunkaynak, Engin Şebin, Cebrail Gençoğlu; **Makalenin Yazımı:** Serhat Özbay, Süleyman Ulupınar, Cebrail Gençoğlu; **Eleştirel İnceleme:** Konca Altunkaynak.

## KAYNAKLAR

- Azərbaycani MA, Fathi R, Daloi AA, Abdi A, Fatolahi H. Acute Hematological Profile Response to One Session of Aerobic and Anaerobic Exercise among Young Male Kickboxers. Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi. 2014;60:92-7.[Crossref]
- Cengiz ŞŞ, Çınar V. The effect of 8-week core exercises on some hematological parameters in sedentary females. Turkish Journal of Scientific Research. 2014;1:1-5.[Link]
- İnce İ, Akkuş H. Posture analysis of Turkish National Weightlifting Team. Journal of Human Sciences. 2018;15(2):739-46.[Crossref]
- Neufer PD, Bamman MM, Muoio DM, Bouchard C, Cooper DM, Goodpaster BH, et al. Understanding the Cellular and Molecular Mechanisms of Physical Activity-Induced Health Benefits. Cell Metab. 2015;22(1):4-11.[Crossref] [PubMed]
- Özbay S, Demirel N. Elit güreşçilerde maksimal kuvvet antrenmanlarının bağışıklık sistemi üzerine etkileri. Hareket ve Antrenman Bilimleri. 1. baskı. Ankara: Akademisyen Kitabevi; 2019. p.173-85.
- Yao Y, Jeyanathan M, Haddadi S, Barra NG, Vaseghi-Shanjani M, Damjanovic D, et al. Induction of Autonomous Memory Alveolar Macrophages Requires T Cell Help and Is Critical to Trained Immunity. Cell. 2018;175(6):1634-50.e17.[Crossref] [PubMed]
- Hazar S, Ateşoğlu Ü.[Acute Effect of Various Strength Exercise Methods on Immune System]. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi. 2004;6(4):45-53.[Link]
- Heidari N, Dortaj E, Karimi M, Karami S, Kordi N. The effects of acute high intensity interval exercise of judo on blood rheology factors. Turkish Journal of Kinesiology. 2016;2(1):6-10.[Link]
- İbiş S, Hazar S, Gökdemir K. [Acute effect of hematological parameters on aerobic and anaerobic exercise]. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi. 2010;7(1):71-81.[Link]
- Joisten N, Walzik D, Schenk A, Bloch W, Zimmer P, Wahl P, et al. Aqua cycling for immunological recovery after intensive, eccentric exercise. European journal of applied physiology. 2019;119:1369-75.[Crossref] [PubMed]
- Kostricky IM, Frizzo MN, Wildner G, Donato YH, dos Santos AB, Rhoden CR, et al. Hematological Response of Acute Exercise in Obese Mice: The Obesity Attenuation Effect on Leukocytes Response. Journal of Exercise Physiology Online. 2016;19(6):85.[Link]
- Patlar S. Effects of acute and 4-week submaximal exercise on leukocyte and leukocyte subgroups. Isokinetics and exercise science. 2010;18(3):145-8.[Crossref]
- Pizza FX, Mitchell JB, Davis BH, Starling RD, Holtz RW, Bigelow N, et al. Exercise-induced muscle damage: effect on circulating leukocyte and lymphocyte subsets. Med Sci Sports Exerc. 1995;27(3):363-70.[Crossref] [PubMed]
- Wu HJ, Chen KT, Shee BW, Chang HC, Huang YJ, Yang RS, et al. Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. World J Gastroenterol. 2004;10(18):2711-4. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Guyton A, Hall E. Tıbbi Fizyoloji. Çağlayan Yeşen B, Alican İ, Solakoğlu Z, çeviri editörleri. 12. Baskı. Ankara: Nobel Tıp Kitabevi; 2013. p.425-6.
- McCarthy DA, Dale MM. The leucocytosis of exercise. A review and model. Sports Med. 1988;6(6):333-63.[Crossref] [PubMed]
- Deuster PA, Curiale AM, Cowan ML, Finkelman FD. Exercise-induced changes in populations of peripheral blood mononuclear cells. Med Sci Sports Exerc. 1988;20(3):276-80.[Crossref] [PubMed]
- Kamar A. Astrand ve 3 Step Testlerin Dolaşım Parametreleri, Lökosit, Nötrofil ve Lenfosit Değerleri Üzerine Etkileri. İstanbul Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi. 2011;3:142-6.
- Morehouse LE, Miller AT. Egzersiz Fizyolojisi. Akgün N, çeviri editörü. D. LaVonne Jaeger, ed. 6. Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları; 1973.
- Shinkai S, Shore S, Shek PN, Shephard RJ. Acute exercise and immune function. Relationship between lymphocyte activity and changes in subset counts. Int J Sports Med. 1992;13(6):452-61.[Crossref] [PubMed]
- Tvede N, Kappel M, Halkjaer-Kristensen J, Galbo H, Pedersen BK. The effect of light, moderate and severe bicycle exercise on lymphocyte subsets, natural and lymphokine activated killer cells, lymphocyte proliferative response and interleukin 2 production. Int J Sports Med. 1993;14(5):275-82.[Crossref] [PubMed]
- Nieman DC, Nehlsen-Cannarella SL, Markoff PA, Balk-Lamberton AJ, Yang H, Chritton DB, et al. The effects of moderate exercise training on natural killer cells and acute upper respiratory tract infections. Int J Sports Med. 1990;11(6):467-73.[Crossref] [PubMed]
- Nieman DC. Exercise, infection, and immunity. Int J Sports Med. 1994;15 Suppl 3:S131-41.[Crossref] [PubMed]
- Şenışık SÇ. Egzersiz ve Bağışıklık Sistemi. Spor Hekimliği Dergisi. 2015;50(1):011-020.[Link]
- Kakanis MW, Peake J, Brenu EW, Simmonds M, Gray B, Hooper SL, et al. The open window of susceptibility to infection after acute exercise in healthy young male elite athletes. Exerc Immunol Rev. 2010;16:119-37.[PubMed]
- Pedersen BK, Toft AD. Effects of exercise on lymphocytes and cytokines. Br J Sports Med. 2000;34(4):246-51.[Crossref] [PubMed] [PMC]

27. Campbell JP, Turner JE. Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan. *Front Immunol.* 2018;9:648.[Crossref] [PubMed] [PMC]
28. Edwards KM, Burns VE, Allen LM, McPhee JS, Bosch JA, Carroll D, et al. Eccentric exercise as an adjuvant to influenza vaccination in humans. *Brain Behav Immun.* 2007;21(2):209-17.[Crossref] [PubMed]
29. Brenner IK, Castellani JW, Gabaree C, Young AJ, Zamecnik J, Shephard RJ, et al. Immune changes in humans during cold exposure: effects of prior heating and exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1999;87(2):699-710.[Crossref] [PubMed]
30. Janský L, Pospíšilová D, Honzová S, Uličný B, Sráček P, Zeman V, et al. Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1996;72(5-6):445-50.[Crossref] [PubMed]
31. Cheng GJ, Morrow-Tesch JL, Beller DI, Levy EM, Black PH. Immunosuppression in mice induced by cold water stress. *Brain Behav Immun.* 1990;4(4):278-91.[Crossref] [PubMed]
32. Kokolus KM, Capitano ML, Lee CT, Eng JW, Waight JD, Hylander BL, et al. Baseline tumor growth and immune control in laboratory mice are significantly influenced by subthermoneutral housing temperature. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013;110(50):20176-81. [Crossref] [PubMed] [PMC]
33. Sundaresan G, Suthanthirarajan N, Namasi-vayam A. Certain immunological parameters in subacute cold stress. *Indian J Physiol Pharmacol.* 1990;34(1):57-60.[PubMed]
34. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey, ABD: Lawrence Erlbaum Associates;2013.
35. Hopkins W. A scale of magnitudes for effect statistics. *A New View of Statistics.* 2002. [Link]
36. LaVoy EC, McFarlin BK, Simpson RJ. Immune responses to exercising in a cold environment. *Wilderness Environ Med.* 2011;22(4):343-51.[Crossref] [PubMed]
37. McFarlin BK, Mitchell JB. Exercise in hot and cold environments: differential effects on leukocyte number and NK cell activity. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74(12):1231-6.[PubMed]
38. Cannon B, Nedergaard J. Brown adipose tissue: function and physiological significance. *Physiol Rev.* 2004;84(1):277-359.[Crossref] [PubMed]
39. Aarstad HJ, Gaudernack G, Seljelid R. Stress causes reduced natural killer activity in mice. *Scand J Immunol.* 1983;18(5):461-4.[Crossref] [PubMed]
40. Davis MS, Williams CC, Meinkoth JH, Malayer JR, Royer CM, Williamson KK, et al. Influx of neutrophils and persistence of cytokine expression in airways of horses after performing exercise while breathing cold air. *Am J Vet Res.* 2007;68(2):185-9.[Crossref] [PubMed]
41. Goundasheva D, Andonova M, Ivanov V. Changes in some parameters of the immune response in rats after cold stress. *Zentralbl Veterinarmed B.* 1994;41(10):670-4.[Crossref] [PubMed]
42. Won SJ, Lin MT. Thermal stresses reduce natural killer cell cytotoxicity. *J Appl Physiol* (1985). 1995;79(3):732-7.[Crossref] [PubMed]
43. Shephard RJ, Shek PN. Cold exposure and immune function. *Can J Physiol Pharmacol.* 1998;76(9):828-36.[Crossref] [PubMed]
44. Berglund B, Hemmingson P. Infectious disease in elite cross-country skiers: a one-year incidence study. *Clin Sports Med.* 1990;2:19-23.[Link]
45. Tomasi TB, Trudeau FB, Czerwinski D, Erredge S. Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J Clin Immunol.* 1982;2(3):173-8.[Crossref] [PubMed]
46. Sabiston BH, Livingstone SD. *Investigation of Health Problems Related to Canadian Northern Military Operations.* Downsview, Ontario. 1st ed. Canada: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine; 1973.
47. StRose J, Allen C, Myles W, Sabiston B, Brown T, Anderson P, Livingstone S. A study of energy expenditure, dehydration and health in Canadian troops during a spring exercise in the subarctic: Exercise Northern Ramble (Effects of adverse Northern environment on human physiology and performance under military exercise conditions). 1972.
48. Shephard RJ, Rode A, eds. *Observations on the Soviet/Canadian Transpolar Ski Trek (Vol. 33).* Basel; New York: Karger; 1992.
49. Mochizuki K, Miyauchi R, Misaki Y, Kasezawa N, Tohyama K, Goda T, et al. Associations between leukocyte counts and cardiovascular disease risk factors in apparently healthy Japanese men. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2012;58(3):181-6.[Crossref] [PubMed]
50. Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiol Rev.* 2000;80(3):1055-81. [Crossref] [PubMed]