

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKSİMAL VE SUBMAKSİMAL EGZERSİZLERDE İNSAN VÜCUDUNUN
ISIL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalı Programı

Yüksek Lisans Tezi

Görkem Aybars BALCI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Muzaffer ÇOLAKOĞLU

2. DANIŞMAN

Doç. Dr. Tahsin BAŞARAN

İZMİR

2013

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKSİMAL VE SUBMAKSİMAL EGZERSİZLERDE İNSAN VÜCUDUNUN
ISIL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalı Programı

Yüksek Lisans Tezi

Görkem Aybars BALCI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Muzaffer ÇOLAKOĞLU

2. DANIŞMAN

Doç. Dr. Tahsin BAŞARAN

İZMİR

2013

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

(Adı Soyadı)

(İmza)

Başkan :
(Danışman)

Prof.Dr.B.Muzaffer ÇOLAKOĞLU

Üye :
(2. Danışman)

Doç.Dr.Tahsin BAŞARAN
(2.Tez Danışmanı)

Üye :

Prof.Dr.Serhan KÜÇÜKA

Üye :

Prof.Dr.Cem Şeref BEDİZ

Üye :

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZKAYA

Yüksek Lisans Tezinin kabul edildiği tarih: 20.12.2013

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bana yol gösteren, tüm eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen tez danışmanın ve çok değerli hocam Prof. Dr. Muzaffer ÇOLAKOĞLU' na,

Tez çalışmamın başından sonuna kadar olan destekleriyle hep yanımda olan çalışmanın ikinci danışmanı saygı değer hocam Doç. Dr. Tahsin BAŞARAN' a,

Tez çalışmam sücesindeki tüm yardımlarından dolayı değerli arkadaşım Oya YİĞİTTÜRK' e ve Özgür SOKAT' a,

Değerli desteklerinden dolayı Yrd. Doç. Dr. Engin YILDIZTEPE' ye, kıymetli arkadaşlarım Arş. Gör. Yasin YÜZBAŞIOĞLU' na, Okt. Ramazan AYDINOĞLU' na, Şefika Pelin BAL' a ve Deniz EROĞLU' na,

Manevi desteğini ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen çok sevdiğim hocalarım; Yrd. Doç. Dr. Faruk TURGAY' a, Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZKAYA' ya ve Arş. Gör. Dr. Bülent YAPICIOĞLU' na,

Çalışmaya gönüllü olarak katılan tüm sporculara,

Hayatıma olan tüm desteğinden dolayı Zeynep Selin ACAR' a,

Son olarak hayatım boyunca hep yanımda olan sevgili aileme,

En İçten Teşekkürlerimi Sunarım...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLOLAR DİZİSİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİSİ	VIII
GRAFİKLER DİZİSİ	IX
RESİMLER DİZİSİ	X
KISALTMALAR	X
BÖLÜM I	1
GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER	1
1.1. GİRİŞ	1
1.1.1. Araştırmanın Amacı	6
1.1.2. Hipotezler	6
1.1.3. Sayıtlar	7
1.1.4. Araştırmanın Önemi	7
1.1.5. Sınırlılıklar ve Karşılaşılan Güçlükler	8
1.1.6. Tanımlamalar	8
1.2. GENEL BİLGİLER	12
1.2.1. İnsan Vücudunun Termal Sistemi	12
1.2.2. Bazal Metabolizma	13

1.2.3. İnsanda Isı Kaybı Mekanizması	15
1.2.3.1. Vazodilatasyon Yoluyla Isı Kaybı	16
1.2.3.2. Terleme Yoluyla Isı Kaybı	16
1.2.3.3. Solunum Yoluyla Isı Kaybı	17
1.2.4. İnsanda Isı Üretimi Mekanizması	17
1.2.4.1. Vazokonstriksiyon Yoluyla Isı Üretimi	18
1.2.4.2. Metabolik Değerdeki Artış ve Titreme Yoluyla Isı Üretimi	18
1.2.5. İnsan Termoregülasyonunun Modellenmesi	18
1.2.6. Giyimin Etkisi	20
1.2.7. Maksimal O ₂ Kullanım Kapasitesi (Aerobik Güç)	20
1.2.8. Egzersize Dolaşımsal Uyum ve Termoregülasyon	21
1.2.9. Kas Metabolizması ve Fonksiyonu	22
BÖLÜM II	22
GEREÇ VE YÖNTEM	24
2.1. Araştırmanın Tipi	24
2.2. Kullanılan Gereçler	24
2.2.1. Cihazlar	24
2.2.2. İklimlendirme Odası	25
2.3. Kullanılan Yöntemler	26

2.3.1. Çalışma Yöntemi	26
2.3.1.1. Test Protokolünde Kullanılan Egzersizlerin Uygulamaları	27
2.3.2. Ölçüm Yöntemleri	29
2.4. Araştırmanın Yeri ve Zamanı	32
2.5. Araştırmanın Evreni	32
2.6. Çalışma Grubunun Belirlenmesi	32
2.7. Bağımlı ve Bağımsız Değişken	33
2.8. Veri Toplama Yöntemi ve Süresi	33
2.9. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme Teknikleri	34
2.10. Süre ve Olanaklar	34
2.11. Araştırma Etiği	34
BÖLÜM III	35
BULGULAR	35
BÖLÜM IV	49
TARTIŞMA	49
BÖLÜM V	56
SONUÇ VE ÖNERİLER	56
BÖLÜM VI	58
ÖZET	58

ABSTRACT	59
BÖLÜM VII	60
YARARLANILAN KAYNAKLAR	60
EKLER	72
EK:1 (ETİK KURUL ONAYI)	72
EK:2 (BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU)	73
ÖZGEÇMİŞ	77

TABLolar

Tablo 1: Çeşitli aktiviteler sırasındaki metabolik hızlar	14
Tablo 2: Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri	35
Tablo 3: Testler sırasındaki hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümü değerleri	35
Tablo 4: VO _{2maks} testi ve submaksimal egzersizdeki tüm bölgelerin deri sıcaklıklarının varyans analizi değerleri	36
Tablo 5 : T _{deri} 'nin submaksimal egzersizdeki regresyon formülleri	39
Tablo 6: VO _{2maks} testindeki ve submaksimal egzersizdeki T _{deri} değerleri	45
Tablo 7: VO _{2maks} testi ve submaksimal egzersizdeki T _{iç} değerleri	45

ŞEKİLLER

Şekil 1 : İnsanlarda termal kontrol merkezi ve fonksiyonu	13
Şekil 2: İnsan vücudunun çevre ile olan ısı etkileşimi	14
Şekil 3: İnsanlarda istirahat sırasında (A) ve egzersiz sırasında (B), termal kontrol merkezi ve fonksiyonu	16
Şekil 4 : Wyndham ve Atkin's modelinin şematik görünümü	19
Şekil 5: Test protokolünün zamansal akışı	27

GRAFİKLER

Grafik 1 : T_{deri} 'nin submaksimal egzersizdeki değişimi	36
Grafik 2 : Üst ekstremitelerin submaksimal egzersizdeki deri sıcaklığı değişimi	37
Grafik 3 : $T_{\text{göğüs}}$ ve T_{sirt} 'ın submaksimal egzersizdeki değişimi	38
Grafik 4 : Submaksimal egzersizdeki ölçülen T_{deri} 'nin tüm katılımcılar (1-11) ve ortalama (O) için regresyon çizimleri	41
Grafik 5 : T_{deri} 'nin $VO_{2\text{maks}}$ testindeki değişimi	42
Grafik 6: Üst ekstremitelerin $VO_{2\text{maks}}$ testindeki deri sıcaklığı değişimi	43
Grafik 7: $T_{\text{göğüs}}$ ve T_{sirt} 'ın $VO_{2\text{maks}}$ testindeki değişimi	43
Grafik 8: $T_{\text{iç}}$ 'in submaksimal egzersizdeki değişimi	44
Grafik 9: $T_{\text{iç}}$ 'in $VO_{2\text{maks}}$ testindeki değişimi	44
Grafik 10: KAH'nın $VO_{2\text{maks}}$ testindeki ve submaksimal egzersizdeki değişimi	46
Grafik 11: Submaksimal egzersizdeki mekanik iş ve metabolik değer miktarları	47
Grafik 12: $VO_{2\text{maks}}$ testindeki mekanik iş ve metabolik değer miktarları	47
Grafik 13: $VO_{2\text{maks}}$ testindeki ve submaksimal egzersizdeki toplam ısı enerjisi miktarları	48

RESİMLER

Resim 1 : İklimlendirme odasının içten ve dıştan görünümü	25
Resim 2 : Deneysel çalışma anından bir görüntü	26
Resim 3 : İç ve Deri sıcaklığı ölçer ekipmanlar	30
Resim 4 : Deri sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan analiz tekniği	31

KISALTMALAR

VO_{2maks}	: Maksimal oksijen tüketimi testi
KAH	: Kalp atım hızı
AZD	: Algılanan zorluk derecesi
SDO	: Solunum değişim oranı
CO_2	: Karbondioksit
O_2	: Oksijen
Qo_2	: Oksijen tüketiminin hacimsel debisi
VCO_2	: Karbondioksit üretimi
VO_2	: Oksijen tüketimi
RPM	: Dakikadaki devir sayısı
VYO	: Vücut yağ oranı
T_{deri}	: Deri sıcaklığı

$T_{iç}$: Vücut iç sıcaklığı

$\dot{V}O_{2maks}$: Vücutun kilogramı başına tüketilen oksijen miktarı

SE : VO_{2maks} 'ın %60 şiddetine denk gelen submaksimal egzersiz

W : Watt

M : Metabolik değer

A_D : Vücut yüzey alanı

η : Mekanik verimlilik

VKI : Vücut kitle indeksi

Kal : Kalori

$T_{sol-biceps}$: Sol biceps brachii kasının yüzey sıcaklığı

$T_{sağ-biceps}$: Sağ biceps brachii kasının yüzey sıcaklığı

$T_{sağ-triceps}$: Sağ triceps brachii kasının yüzey sıcaklığı

$T_{sol-triceps}$: Sol triceps brachii kasının yüzey sıcaklığı

$T_{baş}$: Baş bölgesinin yüzey sıcaklığı

$T_{göğüs}$: Göğüs bölgesinin yüzey sıcaklığı

T_{sirt} : Sırt bölgesinin yüzey sıcaklığı

BÖLÜM I

GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER

1. GİRİŞ

İnsan vücudundaki kas hücreleri bir motora benzer sistemde çalışmaktadır. Yaş, cinsiyet, fiziksel aktivite düzeyi, vücut ağırlığı ve vücut kas kütlesi gibi faktörlere bağlı olarak değişen günlük kalori ihtiyacı 1800-2700 kal. arasında olup antrene sporcularda 4000 kaloriden fazladır (21). Karbonhidrat, yağ ve protein gibi besinlerin yanması ile oluşan kimyasal enerji, yapılan egzersizin şiddeti ve kapsamına bağlı olarak belirli oranda mekanik enerjiye dönüşmektedir. Bir enerji girdisine gereksinim duyan bir arabanın motor sistemi veya bir elektrik güç üretim tesisinin genel adlandırılmasında kullanılan ısı makinesi terimi enerji girdisini besinlerden alan insan vücudu için de benzer şekilde kullanılabilir. Böylece bir sistem olarak ele alınabilecek insan vücudunun temel işlevlerini yerine getirmede, beyin, kalp ve karaciğer gibi organların çalışması ve bedensel aktivitelerde bulunabilmeleri için enerjiye gereksinimi vardı. Bu enerji, her biri bir ısı makinesi gibi çalışan yaklaşık 100 trilyon hücredeki biyokimyasal reaksiyonlardan sağlanır. Isı enerjisi bazı durumlarda depolanırken, önemli bir kısmı vücuttan çevreye salınır (71).

İnsanın içinde bulunduğu ortamdaki hava sıcaklığı, ortamı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığı, bağıl nem değeri ve hava akım hızı, dört temel çevresel faktör olarak insan vücudunun ısıl davranışını etkilemektedir. Bu aynı zamanda ısıl konforun sağlanması için gerekli çevresel dört faktör olarak da anılmaktadır.

Aktiviteye bağlı metabolik ısı üretimi ve giysiler ile oluşan etkileşime paralel ısı transfer mekanizmaları, insan vücudunda sürekli değişen koşullara göre yanıtlar oluşturmaktadır (70, 72). İnsanlardaki bu ısı düzenlenmesinin temel hedefi vücut iç sıcaklığını sabit seviyede tutmaktır. Termoregülatör merkez olan beynin sıcaklığı normal şartlarda yaklaşık 36,8°C'dir (40, 81). Bu sıcaklıkta meydana gelecek değişimler ve vücut iç sıcaklığı ayar değeri tarafından regüle edilerek meydana gelecek otonom ve davranışsal yanıtlarla insan vücudunun iç sıcaklığı düzenlenir. Metabolik aktiviteye bağlı oluşan ısı üretimi çeşitli yollarla transfer edilerek insan vücudunun yaklaşık olarak belirlenen koşullarda kalması sağlanır (71, 41, 9, 1). Herhangi bir yoğun aktivite ya da yüksek sıcaklığa maruz kalmayan insanda bile tüm termoregülatör sistemler, gün boyunca sıcaklık dengesini korumak için çalışır (71,6). Normal koşullar altında deri yüzey sıcaklığı 33-34°C'dir. Ortam sıcaklığının 45°C'den yüksek ya da 18°C'den düşük olması, insan vücudu için bir risktir ve bunun sonucunda iç sıcaklık yükselmeye ya da düşmeye başlar. Fakat buna karşılık deri sıcaklığında oluşabilecek 1-3°C'lik değişimler, insanı rahatsız etmez (7).

İnsan vücudu iç sıcaklığı, pasif haldeyken öncelikle deri sıcaklığı ve dış çevre ile ilişkilidir. Soğuk hava ortamında vücut, ısı balansını sürekli ayarlamak durumundadır. Otonomik merkezler öncelikli olarak vazokonstriksiyon yoluyla ısı kaybını azaltmaya çalışılırken, metabolizma hızını artırarak ısı üretimini yükseltmeye çalışırlar. Davranışsal yanıtlar da bu regülasyona destek olur. Dolayısıyla büzüşerek ısı transfer yüzey alanını azaltmak, ısı kaybını azaltmaya yönelik istem dışı bir harekettir. Bu yeterli olmadığı takdirde, titreme yoluyla metabolik ısı üretimi artış göstermektedir. Titreme yoluyla ısı üretimi çevresel faktörlerin dışında, bireyin fitness seviyesine, vücut kompozisyonuna ve dinlenim

metabolik değerine göre de değişiklik göstermektedir (27). Soğuk hava koşullarında deri sıcaklığında azalma meydana gelirken iç sıcaklık sabit kalmaktadır. Dış ortam sıcaklığının 10°C'ye kadar azaldığı ortam şartlarında, i sıcaklığın, bir süre için, azalan deri sıcaklığı ile birlikte değişmediği gösterilmiştir (83).

Deri sıcaklık değişimleri termoreglasyonda en önemli düzenleyici faktörken, metabolik değer artışı da önemli bir mekanizmadır. 3 saat boyunca 16°C'deki bir ortamda hareketsiz bırakılan kadınlarda ölçülen metabolik değer, daha önce 22°C'de termonötral koşullarda ölçülen değere göre %5 daha yüksek bulunmasına rahmen iskelet kaslarının EMG aktivitesinde anlamlı bir artışa rastlanmamıştır (1). Benzer bir çalışmada, 15°C'de soğuk ortamda ve 22°C'deki termonötral koşullarda -yaz ve kiş aylarında- bir saat boyunca izlenen metabolik değerler yazın %7, kişin %10,5 yüksek bulunmuştur (2). Deri altı yağ dokusu izolasyon görevi görerek ısı kaybını zorlaştırır (70, 72). Yapılan bir çalışmada, soğuk su içinde her 1 mm'lik deri kalınlığı artışının, hissedilen su sıcaklığını 1,5°C arttırdığı hesaplanmıştır (39). Benzer şekilde yağ oranının yaz aylarında kiş aylarındakine oranla %1,5 daha düşük olduğu gösterilmiştir (2). Bir soğuk ortam çalışmasında, ısı konfor koşullarında 76 Watt (W) olan metabolik değerin, soğuk ortama geçiş sonrası 88 W değerine kadar yükseldikten sonra bir plato verdiği ve hemen akabinde başlayan titreme yoluyla 96 W'a çıktığı gösterilmiştir (3). Bu sonuç, titremenin metabolik değerin artışında devreye giren son sistem olduğunu göstermektedir. Soğuk havada insan vücudunu ısı kaybına karşı koruyan diğer bir faktör ise kıyafettir. Basit bir kıyafet dış ortamla deri arasındaki ısı transferini azaltarak, deri yüzey sıcaklığı ve i sıcaklığın korunmasına yardımcı olmaktadır. Kıyafetli ve kıyafetsiz olarak düzenlenen bir çalışmada, 5°C'de

20 dakika boyunca kıyafet giymeyen katılımcıların iç sıcaklık değerleri 1°C daha azalmıştır.

İnsan vücudu çok da verimli olmayan bir ısı makinasına benzetilebilir. Günlük aktivitede besinlerden gelen enerjinin yalnızca %10-20'si mekanik enerjiye aktarılırken, kalan kısım depolanır ya da ısı olarak transfer edilir. Egzersizle birlikte ısı üretimi metabolik oran artışından dolayı artmaktadır (21). Hipotermik ortamda egzersiz yapan insan vücudunda hipotermi oluşumuna karşı ısı üretimi, koşu hızına bağlı olarak eksponansiyel olarak artış göstermektedir (87). Düşük hava sıcaklığı, egzersiz performansı açısından olumlu veya olumsuz sonuçlar doğurabilir. İdeal hipotermik ortam olan 7-14°C, uzun mesafe koşularında oluşan yüksek metabolik ısının çevreye transferini kolaylaştırarak performansı olumlu etkiler (87). Yüksek düzeydeki bu tür egzersizlerde, dehidrasyon ve hipertermi bir risk oluşturmaktadır ve termonötral koşullara göre ısı transferi yüksek olacağından; bu durum bireye avantaj sağlayacaktır (55). Bunun yanı sıra benzer sıcaklıklarda fakat 16-40 km·sa⁻¹ hızda esen rüzgarla yapılan bir maraton koşusunda, iç sıcaklığın 34,4°C 'ye düştüğünü gösteren hipotermik vakalar da vardır (55). Dolayısıyla hava akım hızı sıcaklıkla birlikte değerlendirilmesi gereken önemli bir etkidir.

Pasif haldeyken sıcak strese maruz kalındığında, vazodilatasyon yoluyla artan deri kan akımının termoregülasyonda dominant rol oynadığı bilinmektedir (57, 35). Ancak egzersiz durumunda, eforun yoğunluğuna bağlı olarak iskelet kaslarının ve kalbin kan akım ihtiyacı artmaktadır. Dolayısıyla bu yolla ısı kaybı sınırlıdır (57,35). Egzersiz durumunda, insan vücudu iç sıcaklığı 39,5-40°C'ye kadar artmakta ve sistem bunu tolere edebilmektedir (65, 34, 17). Fakat istirahat koşullarında 41°C'ye kadar yükselen iç sıcaklık gösterilmiştir (16, 23, 24). Bu da, iç sıcaklığın egzersiz

için sınırlayıcı bir faktör olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, özellikle, belirli koşu hızlarında yapılan egzersizlerde iç sıcaklığın 41°C ve üzerine çıktığı gösterilmiştir (56, 26). Bu sonuçlar, egzersizde ulaşılabilecek maksimum iç sıcaklığının, kişinin performans seviyesiyle ilişkili olduğunu göstermektedir (18).

Isıl stres artışı, ulaşılan maksimal oksijen tüketimi (VO_{2maks}) düzeylerini olumsuz etkilemektedir. Termoregülasyonun sağlanmasında artan deri sıcaklığı minimal etki gösterirken, iç sıcaklığın deri sıcaklığına paralel artış göstermesi VO_{2maks} düşüşüyle doğrudan ilişkilidir (84). Görece sıcak streste yapılan VO_{2maks} testlerinde %27'ye varan oranlarda düşüş gösteren çalışmalar mevcuttur (75, 52, 82, 78). Benzer şekilde farklı sıcaklıklardaki (25-35-45°C) VO_{2maks} testlerinde, sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak testin sonlanma zamanında ve ulaşılan VO_2 değerlerinde düşüş saptanmıştır (84). Bu düşüş arterio-venöz oksijen farkındaki düşüşten kaynaklanmaz. Deri damarlarındaki vazodilatasyon yoluyla artan deri kan akımı, aktif iskelet kaslarına gönderilen kan akımını azaltır. Bu sayede diyastol sonu kan hacmindeki azalmaya bağlı olarak kalp atım hacmi düşer. Kalp atım sayısının bu düşüşü kompanse edememesinden dolayı düşüğe geçen kardiyak çıktı ulaşılan maksimal oksijen tüketimi değerlerini düşürür (78, 93, 36). Benzer şekilde sıcak havadaki VO_{2maks} test sürelerinde, termonötral koşullara göre anlamlı düşüşler olduğu bulunmuştur (36, 69, 28). Söz konusu bulgular, ortam sıcaklığından olumsuz etkilenen termoregülasyon mekanizmalarıyla birlikte birçok algısal ve fizyolojik yanıtta olumsuz etkilenen motivasyon durumunun dayanıklılık performansına oldukça etkili olduğunu göstermektedir (11).

Bununla birlikte VO_{2maks} şiddetinin altındaki sabit yüklerle yapılan egzersiz performanslarının, sıcak stresten etkilendiği gösterilmiştir (5, 4, 25, 86, 90). 20°C'de

VO_{2maks}'ın %65'ine denk gelen şiddetlerde yapılan kesintisiz egzersizlerde performansın 5°C'de yapılan egzersize göre arttırdığı, ancak deri sıcaklığının iç sıcaklığı regüle etmede yeterli olmadığı gösterilmiştir (29). Aynı şartlarda gerçekleştirilen egzersizde glikojenoliz 20°C'de gerçekleştirilen egzersize kıyasla daha yüksek bulunmuştur (29). Benzer şekilde submaksimal yüküyle gerçekleştirilen zamana karşı yüksek sıcaklıktaki (32-40°C) egzersizlerde, termonötral ve düşük sıcaklıklara göre (20-5°C) kas katılımının ve güç çıktısının azaldığı; laktat konsantrasyonunun, deri ve iç sıcaklığının ise arttığı gösterilmiştir (4, 74, 86). Yüksek şiddetteki sabit yüklü egzersizlerde iç sıcaklığı regüle etmede sıvı alımı oldukça önemlidir. Egzersiz sırasında yeterli sıvı alımı, iç sıcaklığı azaltarak egzersiz süresini uzatır (61). Alınan sıvının soğuk oluşu iç sıcaklığı daha fazla azaltarak egzersiz performansını olumlu yönde etkilemektedir (15, 85).

1.1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı ısı kamera kullanılarak gövdede ölçülen deri sıcaklıklarının kademeli VO_{2maks} testi ve VO_{2maks}'ın %60'ı şiddetindeki sabit yüklü submaksimal egzersizdeki ısı davranışını incelemektir.

1.1.2. Hipotez

1) Kademeli VO_{2maks} testi ve sabit yüklü submaksimal egzersizdeki alınan deri sıcaklığı yanıtları arasında pozitif lineer bir ilişki vardır ($r \leq 0.85$; $p \leq 0.05$).

2) Submaksimal egzersizdeki sırasındaki deri sıcaklığı değişimleri benzerdir ($p \leq 0.05$) ve bu deri sıcaklığının önemli bir parametre olduğunu gösterir.

1.1.3. Sayıtlar

- Sirkadiyen ritim değişimleri, merkezi sinir sistemi'nin hazır bulunuşluk düzeyi, ısı, nem, vb. faktörlerin çalışma sonuçlarına etkilerini minimize etmek amacıyla, testlerin her katılımcı için günün aynı saat dilimlerinde yapıldığı kabul edildi.
- Tüm testlerin 20-22°C ve %55-65 bağıl neme sahip standart ortam koşullarında gerçekleştirildiği kabul edildi.
- Test prosedürü, araştırmacı tarafından gösterilip, gönüllü olur formu imzalatıldıktan sonra, testlerin gözetim altında gerçekleştirildiği kabul edildi.
- Katılımcıların tüm performans testlerini aynı standartlarda gerçekleştirdiği ve aynı şekilde motive edildiği kabul edildi.
- Katılımcıların en az dört yıllık spor geçmişine sahip oldukları ve halen düzenli antrenman yapan sporcular oldukları kabul edildi.

1.1.4. Araştırmanın Önemi

Araştırmada, yapılan çalışmadan elde edilecek sonuçlara göre, farklı yüklenme şiddetlerindeki egzersizlerde oluşacak farklı ısıl davranışlar ortaya konularak, farklı bölgelerdeki deri sıcaklığı değişimleri incelenecektir. Ölçülen farklı bölgelerin deri sıcaklıkları arasında egzersiz yüküne karşılık gelecek en yüksek ilişki düzeyine sahip bölgeler belirlenecektir. Eğer hipotezlerimiz doğrulanırsa, insan vücudunun ısıl davranışlarının, ayırt edici özelliklerinin olduğu ve sportif performans testlerinde takip edilmesi gereken önemli bir kriter olabileceği ilk kez vurgulanmış olacaktır.

1.1.5. Sınırlılıklar ve Karşılaşılan Güçlükler

Çalışmaya dahil edilme kriteri olarak kabul edilen $45 \text{ mL} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \dot{V}O_{2\text{maks}}$ kullanım düzeyi, testler sırasında oluşan hafif düzeydeki eklem ağrıları, vb. rahatsızlıklar ile iklimlendirme laboratuvarının yapılması aşamasında oluşan gecikmeler, laboratuvarında henüz bir otomasyon kontrolü yapılamadığından, dış ortam koşulları test seanslarının hedeflenen koşullar ile yapılmasını aksatması, ısı kamera yöntemi ile belirlenen deri sıcaklıkları analizinin uzun bir süreç gerektirmesi çalışma ekibimizin karşılaştığı güçlükler olarak kabul edilebilir.

1.1.6. Tanımlamalar

a) Termoregülasyon: Vücut sıcaklığını ideal sınırlar içinde koruyan sistemlerin tümüdür. İnsan vücudunun termoregülasyonu; kıyafet giyip çıkarmak, duruş şekli değişimleri, hareket etmek ve dış çevreden korunmak gibi davranışsal faktörlerle, pozitif ve negatif yönlü ısı transferinin sağlandığı fizyolojik sistemlerin tamamıdır. Her iki sistem de değişen koşullara karşı insan vücudunun konforunu sağlamak için birlikte çalışmaktadır (73).

b) Hava Sıcaklığı: Hava sıcaklığı insan vücudu ve hava arasındaki ısı akışını belirleyen insan vücudunu çevreleyen havanın sıcaklığı olarak tanımlanabilmektedir. Isı değişimi bir kişi ile hava arasındaki kesintisiz bir süreçtir. Hava sıcaklığı konveksiyon yolu ile havaya geçen ısı oranını belirler (72).

c) Bağıl nem: Deney ortamı havasında bulunan su buharının, mevcut sıcaklığa karşılık gelen havanın taşıyabileceği maksimum su buharına oranı olarak tanımlanan bağıl nem, insan vücudundaki buharlaşma ile ısı atımının önemli bir parametresidir.

Nem miktarı ısı transferini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, kuru hava derideki nemi hızlıca absorbe edebilir ve hızlı bir buharlaşma sonucu vücut etkili olarak soğutulur. Konfor bağıl nem değeri tüm yıl %20'nin üzerinde, yazın %60'ın ve kışın %80'in altında olmalıdır (72).

d) Radyan Sıcaklığı: Deney odasının iç kısmını çevreleyen yüzeylerin sıcaklığıdır ve ısı ışınımıyla insan vücudundan ısı transferinde önemli bir etkiye sahiptir. Cisimler arasında ısı ışınımıyla transfer edilir ve sıcak cisimden soğuk cisme doğru net bir ısı transferi meydana gelir. Bunun miktarı iki cismin mutlak sıcaklıklarının dördüncü kuvvetlerinin arasındaki farka bağlıdır (72).

e) Hava Hızı: Hava hareketi, vücuttan dışarıya doğru ısı transfer mekanizmasında önemli bir etkiye sahiptir. Hava hareketi vücutta ısı akışında etkilidir ve bundan dolayı vücut sıcaklığı hem taşınım hem de buharlaşma yoluyla değişebilir. Sonuç olarak, vücudun etrafında hareket eden havanın, hızı ve yönü vücut iç sıcaklığının termoregülasyonu üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. İnsan hareketsiz durumdayken konfor aralığı 0,37 ile 1,10 m/sn'dir. 1,10 m/sn ile 3,66 m/sn civarında hava hareketi rahatsız edebilmektedir fakat aktivite seviyesine bağlı olarak normal düzeyde hissedilebilir. 3,66 m/sn üzerinde hava hareketi ise rahatsız edici boyutlardadır (72).

f) Isı Transferi: Sıcaklık farkından kaynaklanan enerji transfer şeklidir. Isı transferi terimi bu çalışmada insan vücudu ile deney odasındaki ortam arasında meydana gelen ısı akışı için kullanılarak; ısı ışınım ve ısı taşınım (buharlaşma ile birlikte) hesaplamalarını içerecektir. Burada, toplam ısı transferinde çok düşük bir

etkisi olan temas yoluyla iletimsel ısı transferi (katılımcıların temas ettikleri bisiklet selesi ve pedallarla olan ısı etkileşim) ihmal edilmiştir.

g) Termonötral ve Hipotermik Ortam Koşulları: Hareketsiz bir şekilde kapalı bir ortamdaki birey için genellikle yaklaşık 21°C sıcaklık %50-60 bağıl nem şartlarıdır (6, 70). Genellikle 15°C'nin altındaki sıcaklık seviyesi hipotermik koşullar olarak kabul edilmektedir.

h) İnsan Vücudundaki Isı Denge Denklemi:

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S$$
$$= (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr}) \quad (\text{Eşitlik 1.1}) \quad (8)$$

M : metabolik ısı üretim, W/m²

W : mekanik iş, W/m²

q_{sk} : deri yoluyla oluşan toplam ısı kaybı, W/m²

q_{res} : solunum yoluyla oluşan toplam ısı kaybı, W/m²

S : vücutta depolanan ısı enerjisi, W/m²

C + R : taşınım ve ışınlama deri yoluyla oluşan ısı kaybı, W/m²

E_{sk} : deri yoluyla buharlaşan toplam ısı kaybı, W/m²

C_{res} : solunum yoluyla oluşan duyulur ısı kaybı, W/m²

E_{res} : solunum yoluyla oluşan gizli ısı kaybı, W/m²

S_{sk} : deri kompartmanında depolanan ısı, W/m²

S_{cr} : vücut kompartmanında depolanan ısı, W/m²

i) Vücut Yüzey Alanı: İnsan vücudunun ısı dengesinde direkt rol oynayan faktörlerden biridir. Toplam vücut yüzey alanı genellikle DuBois denkleminde hesaplanmaktadır (22).

$$A_D = 0.202 \cdot m^{0.425} L^{0.725} \quad (\text{Eşitlik 1.2}) \quad (22)$$

Denkleme göre kişinin kütlesine ve boyuna bağlı olarak tanımlanan ve insan vücudunun çıplak durumdayken yüzey alanını veren bir bağıntı geliştirilmiştir. Burada “m” kg cinsinden kişinin kütlesi, “L” ise metre cinsinden boyunu göstermektedir. Bu deneysel çalışmada, DuBois yüzey alanı, deney öncesinde yapılan antropometrik ölçümler sonucunda hesaplanan kütle ve boy verilerinden hesaplandı (22).

j) Metabolik Değer: Metabolik değer, organizmada metabolik aktiviteye bağlı oluşan biyokimyasal enerjinin miktarıdır ve vücudun birim zamanda tükettiği enerji olarak ifade edilebilir. Metabolizma adı verilen bu yüksek düzeydeki aktivitenin sonucunda insan vücudu yaklaşık olarak 36,2°C’de tutulmaktadır. Birim yüzey alanı için birim zamanda insan vücudunda üretilen enerji miktarı,

$$M = [21 (0,23 \text{ SDO} + 0,77)Q_{O_2}] / A_D \quad (\text{Eşitlik 1.3}) \quad (67)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada “M” metabolik değeri ifade eder ve birimi W/m^2 ’dir. SDO, üretilen CO_2 ile tüketilen oksijenin (O_2) molar değerlerinin oranıdır (V_{CO_2}/V_{O_2}). Q_{O_2} ise oksijen tüketiminin hacimsel debisidir (mL/s). SDO ve Q_{O_2} değerleri gaz analizöründen alınan ölçüm sonuçlarına dayalı olarak verilmiştir (67).

k) Mekanik Verimlilik: Üretilen metabolik değer in yapılan mekanik işe oranıdır.

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (\text{Eşitlik 1.4})$$

Burada “ η ” mekanik verimliliğdir. “W” iş’i, “M” ise metabolik değeri temsil etmektedir. Uyku durumunda mekanik verim değeri ihmal edilebilecek kadar

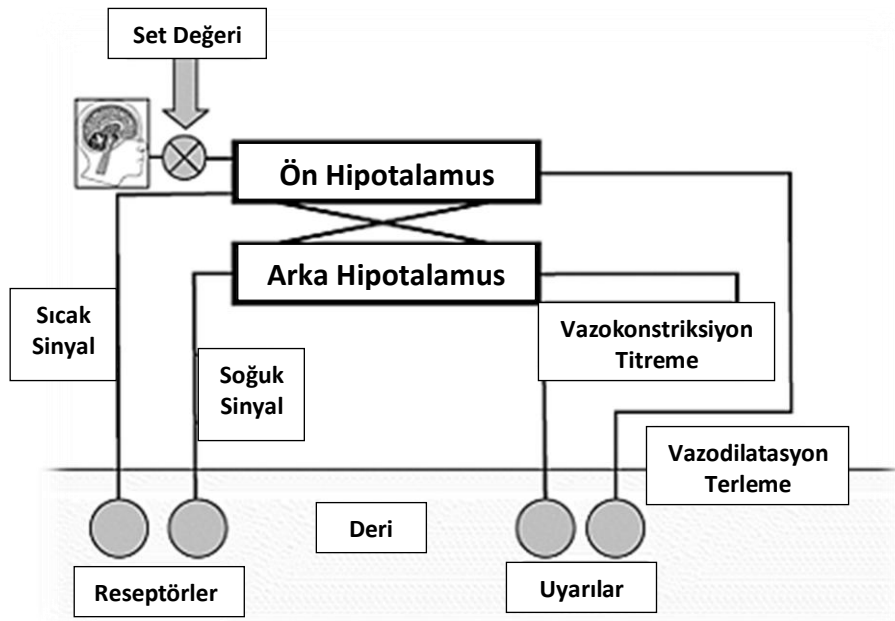
düşükken, ağır antrenman koşullarında bu değer %25 seviyesine kadar yükselmektedir (33).

1.2. GENEL BİLGİLER

1.2.1. İnsan Vücudunun Termal Sistemi

Hipotalamusun perioptik alanı, insan vücudunun ısı düzenlenmesinin kontrol merkezidir. Arteriyel kan sıcaklığı ısı düzenlenmenin belirleyici kontrol noktasıdır. Isı transferinin yönü yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğrudur. İç sıcaklık yüksekse daha düşük olan sıcaklığa sahip deriye doğru akar. Deriye ısı transferinin yüksek hızda kalabilmesi için; vücut etrafında hareket eden hava hızının yüksek olması, deri kan akımının azalmaması, dış ortam sıcaklığının, neminin ve güneşin radyasyon etkisinin düşük olması gerekir (73). Hipotalamus, merkezi termistörler sayesinde arteriyel kan sıcaklığının ısı düzenlemesinde önemli rol almaktadır. Hipotalamus, bu sensörlerin yanısıra deri, mide ve omurilik gibi bölgelerdeki sensörler sayesinde farklı alanlardan ısı bilgileri alır. Genel olarak vücut sıcaklık dengesi 35-39°C arasında olmalıdır. Bu sınırların dışı, insan vücudundaki bazı bölgelerde hasar yaratabilecek tehlikeydedir. Örneğin; beyinde 36,8°C olması gereken sıcaklığın değişmesi, telafisi olmayan sonuçlara sebebiyet verebilir (70, 73). İç sıcaklık yaklaşık olarak 36,2°C'dir ve değişimleri vücut hakkında bize genel bir bilgi vermektedir. Fakat bu sıcaklık değeri sürekli sabit değildir. Sıcaklık değişimleri vücuttaki sıcaklık ayar mekanizmasını etkileyerek ısı düzenlemeyi bozmaktadır. Termistörler tarafından alınan veriler doğrultusunda ön ve arka hipotalamusa bağlı ısı üretimi ve kaybı mekanizmaları devreye girerler. Değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilmek için çevre ile ısı transferi ve ısı üretimi mekanizmaları, değişim

göstermektedir (Şekil 1) (81, 70). Deri sıcaklığı ısı düzenlenmesindeki en önemli düzenleyicidir. Normal koşullarda 33°C olan deri sıcaklığı, rahatsız edici soğuk hissedilen ortamlarda 31°C ölçülmüş, aşırı derecede soğuk hissedilen ortamlarda 29°C civarına düşmüştür (20). İstirahat koşullarında 21-22°C olan konfor sıcaklığı, yüksek metabolik ısı üretimine neden olan aktivitelerde 15°C'nin altındaki sıcaklıklardır. Bu şartların bireyin performansını ve konforunu olumlu etkilediği bilinmektedir (6, 20).



Şekil 1: İnsanlarda termal kontrol merkezi ve fonksiyonu (58).

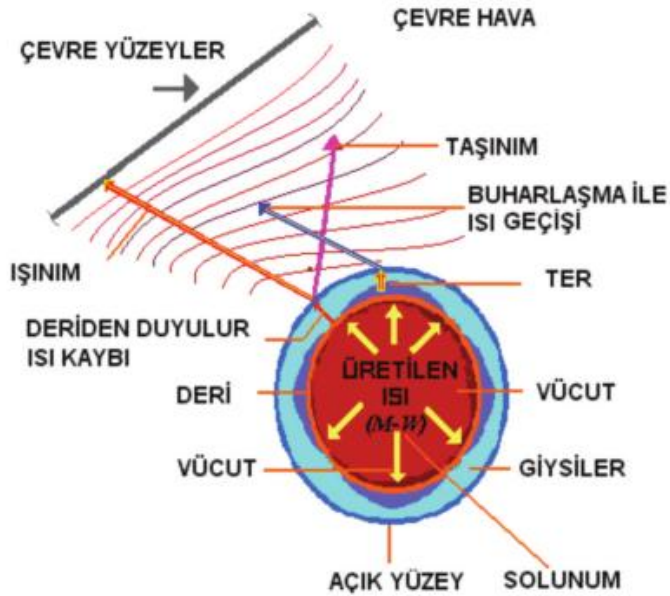
1.2.2. Bazal Metabolizma

Herhangi bir aktivitenin olmadığı istirahat durumundaki insan vücudunun hayati fonksiyonlarının yerine getirilmesi için gerekli olan metabolizma hızı, bazal metabolizma olarak adlandırılır. Termonötral koşullarda, ortalama bir erkek (30 yaş, 70 kg, 1.73 m boy) için yaklaşık olarak 84 W'dır. Bu değer kişinin yaşına, cinsiyetine, vücut yağ ve kas oranına göre değişiklik göstermektedir (77). Düşük aktivite oranına sahip sedanter ortalama bir bireyin ısı üretimi yaklaşık 100 W

civarındadır. Antrene sporcularda bu değer 2000 W'ı aşabilmektedir (21). Çeşitli aktiviteler sırasındaki metabolik hız değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Aktivite	Metabolik hız (W/m ²)
Uyuma	40
Oturmuş, sakin	60
Ayakta, rahat	70
Ofis görevlisi	70-80
Ayakta dosyalama	80-100
Ev temizleme	115-140
Yürüme (4.83 km/sa)	150
Ağır makine işi	235
Dans etme	140-255
Basketbol	290-440
Güreş, yarışma	410-505

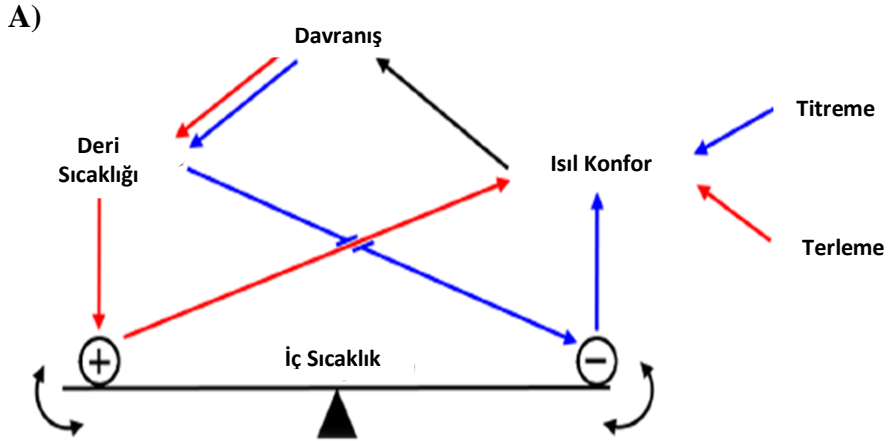
Tablo 1: Çeşitli aktiviteler sırasındaki metabolik hızlar (70).



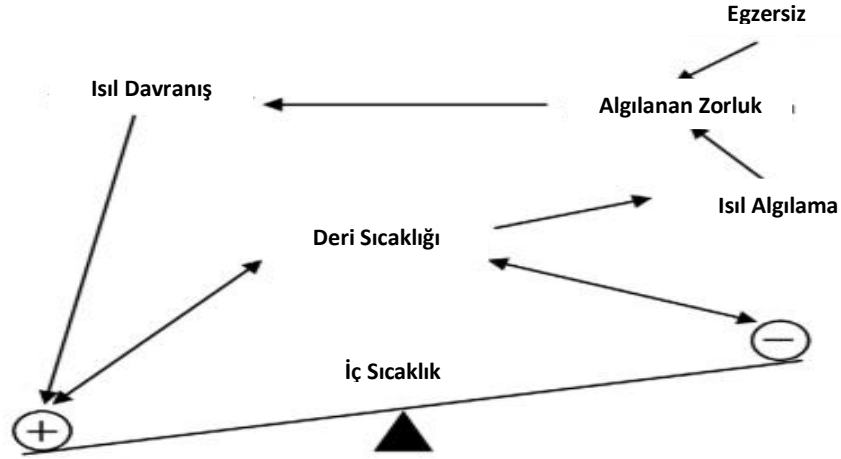
Şekil 2: İnsan vücudunun çevre ile olan ısıl etkileşimi (70)

1.2.3. İnsanda Isı Kaybı Mekanizması

Isı kaybı mekanizması, insan vücudunda yüksek sıcaklığa bağlı oluşabilecek herhangi bir hasara karşı korunmak için oluşmuş bir mekanizmadır. Vücuttan ısı kayıp hızı, metabolik ısı üretim hızının altına düşerse ısı kaybı mekanizması devreye girer. Isı kaybı mekanizmaları; temas durumunda iletimle, taşınım (buharlaşma da dahil) ve ışınım mekanizmaları kullanılarak deri yoluyla gerçekleşmektedir (Şekil 2). Tüm bu mekanizmalar çoğu zaman hep birlikte devreye girebilmektedir. İstirahat durumunda ısı konfordaki değişime bağlı olarak deri sıcaklık değişimleri en önemli ısı düzenleyici görevini üstlenirken, egzersiz yükü altında artan ısı üretimi nedeniyle iç sıcaklıktaki denge, deri sıcaklık değişimleri ile sağlanamamaktadır. Özellikle artan egzersiz yüküyle birlikte ısı kaybı mekanizmalarının yetersiz kalması sonucunda iç sıcaklığın artışı kaçınılmaz olmaktadır (Şekil 3).



B)



Şekil 3: İnsanlarda istirahat sırasında (A) ve egzersiz sırasında (B), termal kontrol merkezi ve fonksiyonu (58).

1.2.3.1. Vazodilatasyon Yoluyla Isı Kaybı

İstirahat koşulundaki iç sıcaklığın sabit tutulmasındaki en önemli mekanizma deri üzerinden gerçekleşen ısı kaybıdır (Şekil 3) (58). Deri altında bulunan damarların genişlemesi yoluyla bu alanlara ulaşan kan deride göllenme oluşturularak ısı transferi sağlanır. Böylece iç sıcaklığın düşürülmesi gereken durumlarda, vücut iç ortamından deriye ısı transferi kan yoluyla gerçekleşmektedir. Normal şartlardaki deri kan akımı, bu yolla yaklaşık 15 kat artabilmektedir [$1.7\text{mL}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ - $25\text{mL}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$]. Kan ile taşınan iç ısı dışarıya, temas, taşınım, ışıınım ve terleme yoluyla transfer edilebilmektedir (Şekil 2) (70, 21, 20). Bu nedenle iç sıcaklığın azaltılması gereken durumlarda deri kan akımı arttırılarak deri sıcaklığı iç sıcaklığa yaklaşmaktadır. Deri sıcaklığının iç ortam sıcaklığına yaklaşması ise taşınım ile olan ısı transferini azaltır.

1.2.3.2. Terleme Yoluyla Isı Kaybı

İnsan vücudunda, vücut içinden dışına öncelikli olarak iletim ve taşınım yoluyla transfer edilen ısı, ortam sıcaklığına ve sıcak stresin boyutuna bağlı ağırlıklı

olarak taşınım ve buharlaşma yoluyla ve ışınım ve iletim ile transfer edilir (Şekil 2). Bu metabolik değerdeki artışa paralel, iç sıcaklıktaki yüksekliğe ve ortam koşullarına göre belirlenir. İnsan vücudundaki ter bezleri hipotalamik uyarılar ile sempatik motor sinirler tarafından aktif hale geçirilir. 1gr sıvının deriden buharlaştırılması 0,56kcal'ye denk ısı uzaklaştırır. Terlemenin boyutu yeterli gelmezse, terleme yüzey alanı genişletilmeye çalışılır. Fakat dış ortam nemi yüksek ise, buharlaşma zorlaşacağından etkili bir ısı transferi gerçekleşmez ve eğer ortam ve çevreleyen yüzey sıcaklıkları da yüksek ise diğer ısı transfer mekanizmaları da yetersiz kalacağından iç sıcaklıkta tehlikeli artışlar meydana gelebilir (32). İdeal ortam şartlarında bir kişi buharlaşma ile ortalama 730W'a kadar ısı kaybedebilir, bu da yaklaşık 1L/saat'lik buharlaşma hızına denk gelmektedir. Benzer koşullar altında buharlaşma olmaksızın, deri üzerinden buharlaşmadan akan sıvı ile terleme de hesaplanırsa, ortalama bir insan 2L/saat'lik sıvı kaybedebilir (20).

1.2.3.3. Solunum Yoluyla Isı Kaybı

İnsan vücudundan yaklaşık olarak ısı kaybının %10'u solunum yoluyla gerçekleşmektedir. Solunum sırasında solunulan hava ile duyulur ve gizli ısı transferi olur (Şekil 2). Solunum sırasında alınan nefes dışarıya verilirken, iç sıcaklığa yakın ve neredeyse doymuş hava (su buharına tamamen doymuş) olarak dışarı çıkar. Dış ortam sıcaklığı ve solunum debisindeki değişimler bu yolla ısı kaybını etkilemektedir (62, 20).

1.2.4. İnsanda Isı Üretimi Mekanizması

Vücuttan kaybedilen ısı metabolik ısı üretiminden fazla olabilir. Aşırı ısı kaybı nedeniyle bozulan termoregülasyona karşı vücudun ilk savunması deri sıcaklığını

düşürmektir (Şekil 3) (20). İç sıcaklıktaki 0,5°C sıcaklık düşüşleri önemsenebilirken, 2,6°C'lik bir düşüş aşırı şekilde rahatsızlığa yol açarak vücut sıcaklık ayar mekanizmasına zarar verir. Yaklaşık olarak 28°C'nin altına düşen iç sıcaklık ölümcül olabilmektedir. Bu şekilde iç sıcaklık düşerek hipotalamik merkezin devreye girdiği durumlarda, ısı kaybı mekanizmasında olduğu gibi, bir ya da daha fazla mekanizma devreye sokularak ısı üretimi meydana getirilir (70, 51).

1.2.4.1. Vazokonstriksiyon Yoluyla Isı Üretimi

Deri damarları dış ortam ile sürekli ısı transferi yapmaktadır. İç sıcaklık ideal seviyenin altına inerse, deri damarları kasılarak deri kan akımını minimale indirir. Bunun sonucunda deri sıcaklığı düşmeye başlar ve dış ortamla ısı transferi azalır (Şekil 3) (51).

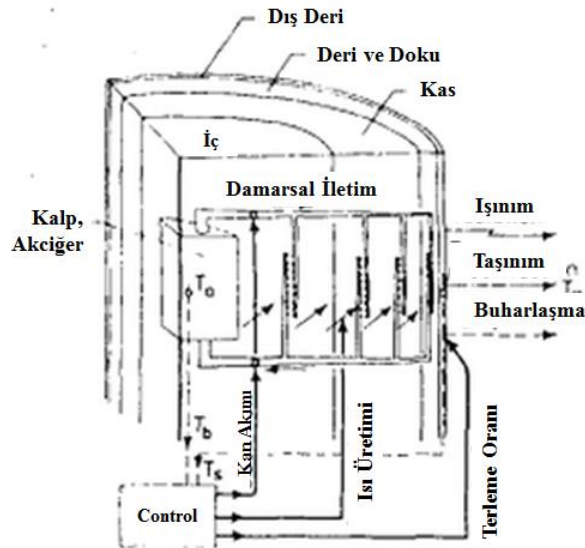
1.2.4.2. Metabolik Değerdeki Artış ve Titreme Yoluyla Isı Üretimi

Vazokonstriksiyon ısı üretiminde yetersiz kalır ve iç sıcaklık yükselmezse, metabolik değerdeki artış kas gerginliği artış yolu ile oluşturulur. Katekolaminler ve tiroid hormonu bu artışta önemli rol üstlenmektedir (76). Ancak bu da yeterli gelmezse, deri üstündeki tüyleri dikleştirilen kaslar aktive olarak titreme başlatılır. Kas tonusunun artması ve kısa kasılmaları sonucu oluşan titreme ısı üretimine yol açmaktadır. İlk başlarda küçük kas gruplarında yavaşça başlar ve metabolik ısı üretimi hızlı bir şekilde iki katına çıkarılır. Fakat bu da yetersiz kalırsa, Daha büyük kas grupları ile birlikte metabolik değerde normal koşula göre 5-6 kat artış görülebilir (Şekil 3) (73, 20).

1.2.5. İnsan Termoregülasyonunun Modellenmesi

İnsan vücudunun dış çevreye karşı oluşturduğu ısı dengesi birçok araştırmacı

tarafından modellenerek günümüze kadar geliştirilmiştir. Modellemenin amacı, fizyolojik ve metabolik özellikleri göz önüne alıp hesaplayarak, değişken çevre koşullarına göre matematiksel çıkarımlar sağlayarak, kullanılabilir en uygun insan ısı sistem modelini bulmaktır. Böylece değişken çevre ve metabolik koşullara göre ısı düzenlenmesi hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir. İlk çalışmalardan birisi olarak Pennes insan vücudunu tek bir elemanı baz alarak modellemiştir (94). 1948 yılındaki bu modelde önkol üzerinde ısı hesaplamaları yapılmıştır. Model, oluşan ısı üretimini kan aracılığıyla ve taşınım/temas mekanizmaları ile insan vücudunun dış katmanlarına aktarma ve buradan da temas, taşınım (buharlaşma da dahil) ve ışıınım yoluyla gerçekleşir. Burada insan ön kolu, silindirik formda modellenmiştir. Daha sonra tüm insan vücudunu kapsayan modellemeler de yapılmıştır. Bu modeller, birçok iç içe geçmiş tabakadan oluşan, çok daha kompleks ve bilgisayar teknolojisi kullanılarak yapılan modellerdir (94). Wyndham ve Atkin's (Şekil 4), Crosbie ve Gagge modelleri en çok bilinenlerdendir. Son dönemde ise kişiselleştirilmiş ya da özel bir gruba ait modellemeler yaygın hale gelmiştir (97).



Şekil 4: Wyndham ve Atkin's modelinin şematik görünümü (73).

Wyndham ve Atkin's modeline göre insan vücudu içte tek bir silindirdir ve birçok iç içe geçen ince katman tarafından ayrılmıştır. Silindirin çevresindeki katman; ışıınım, konveksiyon ve buharlaşma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının tamamını göstermektedir (Şekil 4).

1.2.6. Giyimin etkisi

Bir deri gibi yalıtım görevi gören giysiler, ısı kaybını azaltmak için kullanılmaktadır. Ancak egzersiz ile artan metabolik değer, egzersiz sırasında ve sonrasında aynı şekilde yalıtım görevini gören giysinin çıkarılmasıyla da ısı kaybı sağlanır. Deriden taşınım ve ışıınım yoluyla gerçekleşen duyulur ısı kaybı ve buharlaşma yoluyla gerçekleşen gizli ısı kaybı; ortam sıcaklığı ile deri ve çevre yüzeylerinin sıcaklıklarına, cildin ıslaklığına ve ortam bağıl nemine göre değişmektedir. Giysiler yalıtım görevi görerek duyulur ve gizli ısı kayıplarını etkilemektedir (Şekil 2). Isı, giyinik deriden, önce giysiye sonra çevreye aktarılır. Duyulur ısı transferinin yanında giysi, buharlaşma yoluyla ısı transferine de direnç göstermektedir. Giyinik vücuttaki buharlaşma hızı giysinin nem geçirgenliğine bağlıdır (20).

1.2.7. Maksimal O₂ Kullanım Kapasitesi (Aerobik Güç)

Maksimal O₂ kullanımı (VO_{2maks}), Hill ve Lupton tarafından 1923'de ortaya atılan ve kişinin bir dakikada kullandığı maksimum oksijen miktarını ifade etmektedir. VO_{2maks} genellikle, bireyin bir dakikada kilogramı başına mililitre cinsinden tükettiği maksimal oksijen miktarı olarak (O₂·mL·dk⁻¹·kg⁻¹) ifade edilir.

$$VO_{2maks} = Sv \cdot n \cdot (a-v)O_2 \text{ farkı} \quad (\text{Eşitlik 1.4})$$

Sv: Kalbin bir seferde pompaladığı kan miktarı (atım volümü)

n: Kalbin bir dakikadaki atım sayısı (atım sayısı)

(a-v)O₂ farkı: Dokuya gelen kanın ve çıkan kandaki O₂ miktarının farkıdır.

Dokunun ve genelde vücudun tüm dokularının kullandığı O₂ miktarını gösterir.

Aerobik güç, dayanıklılık sporlarında performansı etkileyen en önemli faktördür. Yüksek şiddetli bir egzersizi sürdürebilmek için yüksek bir aerobik güce ihtiyaç vardır. Uygun antrenmanlar ile bu kapasite arttırılabilir (64).

1.2.8. Egzersize Dolaşım Uyum ve Termoregülasyon

Dolaşım sistemi vücutta gerekli maddeleri taşıyarak aktif dokulara gerekli kanı sağlayan sistemdir ve enerji ihtiyacına göre dolaşım hızı artış göstermektedir. Temel görevi kanı vücuda pompalamak olan kalp, metabolizma faaliyetleri sonucunda oluşan artık ürünlerin de vücuttan uzaklaştırılması, vücut ısısının düzenlenmesi, asit-baz dengesinin korunması, hormonlar ve enzimlerin vücudun gerekli bölgelerine taşınması gibi görevleri yapar. Bebeklerde 130 olan dinlenme kalp atım sayısı, yetişkinlerde 70-80 aralığındadır ve bu değer antrenmanlı bireylerde 30'a kadar inebilmektedir. Artan enerji ihtiyacı ile kardiyak çıktı; kalp atım sayısının ve kalbin bir vuruşta attığı kan miktarının (kalp atım hacmi) artması ile artış gösterir. Bu artış; iskelet, kalp ve solunum kaslarının ihtiyacının artmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle egzersiz yükü arttıkça kan dolaşımı hızlanır (64).

Görece yüksek sıcaklıkta yapılan orta şiddetli uzun egzersizler sırasında, dolaşım sistemi; atım volümünün düşüşü, kan volümündeki, kan basıncındaki, kardiyak çıktındaki değişimler ve maksimal nabza ulaşamama gibi nedenlerle, ciddi şekilde etkilenmektedir (53). Bu yüzden dolaşım sistemine yapılabilecek en büyük tahribat yüksek sıcaklık ile egzersiz kombinasyonundan oluşmaktadır. En önemli

sınırlayıcı faktör; düzensiz kan basıncı, ısı kaybı için artan deri kan akımı nedeni ile azalan kardiyak çıktıdır (35, 79). Deri kan akımı iç sıcaklık 38°C'a ulaştığı zaman yüksek seviyelere çıkmaktadır. Deri kan akımı, dehidrasyon durumu söz konusu olmadığı zamanlarda yeterli düzeyde çalışmaktadır. Aksi durumda kan, daha fazla ihtiyacı olan dokular tarafından kullanılır (38).

Yaklaşık %2'den fazla dehidrasyon olması halinde, kan hacmi azalır ve iskelet kaslarına kan akımı azalarak, perfüzyon basıncının düşmesine neden olur. Bu durumda iskelet kaslarının egzersizde ihtiyacı olan kan akımını karşılayabilmek üzere deri kan akımı azaltılır. Böylece iskelet kaslarına kan akımının istenilen seviyelere çıkması sağlanmaya çalışılır (37). Termonötral koşullarda yaklaşık 30 dakikaya kadar yapılan, 60% VO₂ yükü ile gerçekleştirilen egzersizlerde, kas kan akımı değişmemektedir (66).

1.2.9. Kas metabolizması ve fonksiyonu

Kasların mekanik performansı büyük oranda çoğu biyolojik süreçler gibi sıcaklıktan etkilenmektedir. Vücut sıcaklığı değiştiği zaman kaslar tarafından üretilen kasılma, gevşeme, kuvvet ve güç çıktısı oranları değişmektedir (8). Doku sıcaklığı ve metabolik prosesler arasındaki ilişki Q₁₀ denilen bir sıcaklık oranı ile tanımlanmaktadır. Q₁₀, 10°C'lik pozitif sıcaklık değişiminin bir fonksiyonu olarak meydana gelen reaksiyon hızındaki artışı ifade etmektedir. Pozitif termal bağlılık, Q₁₀ 1.0'den büyük olduğunda meydana gelmektedir. İskelet kasının çoğu mekanik (kasılma hızı) ve kimyasal (enzimatik) reaksiyonlarının sıcaklık bağımlılıkları sırasıyla 2.0-3.0'tür (88). Fakat Q₁₀ etkisi sıcak stres artışının yorgunluk oluşturması durumunda, hipertermi süresince yararlı olamayacaktır (30). Uzun süren yüksek

şiddetli egzersizlerdeki yorgunluk, kas glikojeninin azalması ile oluşmaktadır. Egzersiz sırasında kas sıcaklığı yükselmesinin glikojenoliz, glikoliz ve yüksek enerjili fosfat degradasyonunu arttırdığı ve bunun egzersizle bağlantılı ATP dönüşüm hızındaki artışla ve/veya ATP resentezine anaerobik/aerobik katılımdaki değişikliklerle ilişkili olabileceği belirtilmiştir (29, 31). Sargeant ve arkadaşları (1987), kas sıcaklığında her 1°C'lik artışın, güç üretimini ortalama %4 arttırdığını ortaya koymuşlardır (80). Kas sıcaklığının yükselmesinde oksidatif adaptasyonlar veya mitokondrial biyogenez değişimi belirlenmemiştir (88).

BÖLÜM II

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Tipi

Bu araştırma, dış ortamdan yalıtılarak özel olarak tasarlanan iklimlendirme odasında, belirlenen ortam şartlarında ve egzersiz yüklerinde katılımcılara uygulanıp elde edilen verilerin karşılaştırılması ve sonuca varılması amacıyla uygulanan ölçümlerden oluşan deneysel bir araştırmadır.

2.2. Kullanılan Gereçler

2.2.1. Cihazlar

Cihaz Adı	Marka
Gaz Analizörü	Cosmed Quark b ² , Cosmed srl, Roma, İtalya
Telemetrik Nabız Ölçer	Polar RS 400, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandiya
Baskül	Seca 767, Hamburg, Almanya
Bisiklet Ergometrsi	Monark 834, İsveç
Termal Kamera	Testo 875-1 ThermaCAM, Almanya
Hava Akım Hızı Ölçer	Testo 400– H1, Almanya
Sıcaklık ve Nem Ölçer	Testo 177-T3, Almanya
Skinfold Kaliperi	Holtain Ltd, Crosswell, Wales
İç Sıcaklık Ölçer	Vital Sense, Hollanda
Dijital Barometre	TFA Dostmann, Almanya



Resim 1: İklimlendirme odasının içten ve dıştan görünümü

2.2.2. İklimlendirme Odası

İklimlendirme Odası 6 m uzunluk, 4 m genişlik ve 3 m yükseklik boyutlarındadır. Odanın soğutması oda içerisindeki buharlaştırıcı ile ısıtması ise odanın üstüne yerleştirilmiş elektrikli ısıtıcı ile gerçekleştirilmektedir. Buraya aynı zamanda buharlı bir nemlendirici de entegre edilmiştir. Isıtma, soğutma ve nemlendirme süresince taze hava beslemesi yoktur ve bunun için ayrıca bir enerji geri kazanım ünitesi yine odanın üzerine yerleştirilmiştir. Sistem -5°C $+40^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, %25-95 bağıl nem, $>20\text{ O}_2$ ve $\leq 450\text{ppm CO}_2$ şartlarını uygun dış koşullar dahilinde sağlayabilmektedir (Resim 1).

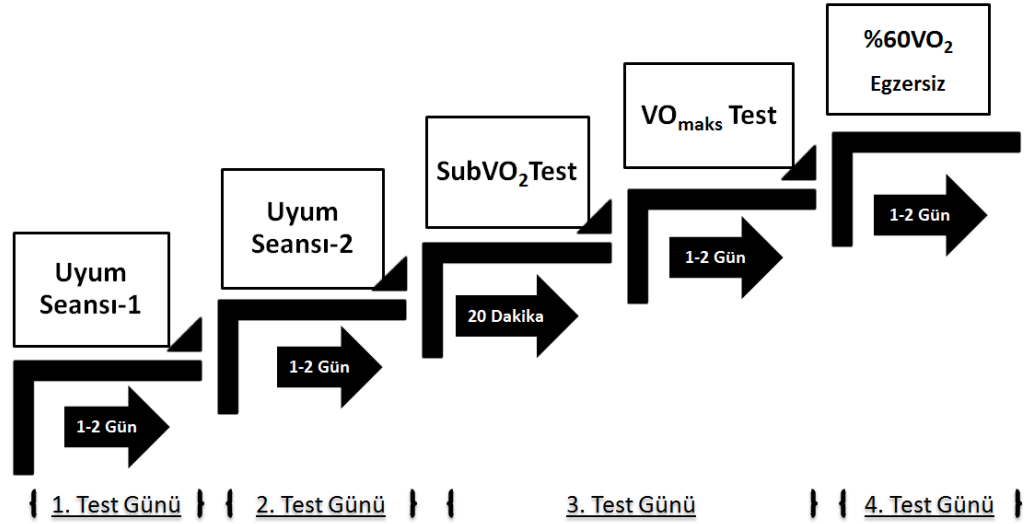
2.3. Kullanılan Yöntemler

2.3.1. Çalışma Yöntemi

Çalışmada öncelikle tüm katılımcıların testlerin gerçekleşeceği iklimlendirme laboratuvarına, bisiklet ergometresine, çalışma grubuna ve test protokollerine alışması için iki uyum seansı yapılmıştır. Katılımcı sporculara uyum seanslarından 24-48 saat sonrasında ilk test günü için geldiğinde, öncelikle tüm antropometrik ölçümleri yapılarak 20 dakika ara ile submaksimal ve VO_{2maks} testleri uygulandı. Bu testlerden 24/48 saat sonrasında katılımcılar tekrar çağırılarak, bir adet VO_{2maks} 'ın %60'ına denk gelen yük ile bisiklet ergometresinde 20 dakikalık sabit yüklü submaksimal egzersiz (SE) uygulandı. Katılımcılar toplam dört test günü iklimlendirme odasına çağırıldı (Şekil 5). Katılımcılar daha geniş bir vücut yüzeyinin termografik görüntülemesi için laboratuvar testlerine sadece şort, kısa çorap ve spor ayakkabı ile alındı (Resim 2).



Resim 2: Deneysel çalışma anından bir görüntü



Şekil 5: Test protokolünün zamansal akışı

2.3.1.1. Test Protokolünde Kullanılan Egzersizlerin Uygulamaları

a. Uyum Seansları

Katılımcıların genel olarak teste uyumu ve antropometrik ölçümleri amacıyla yapılan ilk uyum seansının ardından yapılan ikinci uyum seansında, bisiklet ergometresinde 90 devir hızında, tahmini 60-80W yükler kullanılarak başlanılan, yük artışlarının 20-30W olduğu, her biri 5 dakikadan oluşan 4 basamaklı kademeli bir testtir. İkinci uyum seansının ana amacı submaksimal testin başlangıç yükünü tahmin etmektir. Test süresince, oksijen tüketimi (VO_2), karbondioksit üretimi (VCO_2), solunumsal değişim oranı (SDO), kalp atım hızı (KAH) ve algılanan zorluk derecesi (AZD) sürekli kaydedildi.

b. Submaksimal VO_2 Testleri

Submaksimal testlere, ikinci uyum seansından hesaplanan veriler ile maksimal KAH'nın yaklaşık olarak %50'sine denk gelen yük ile başlanıldı. Her biri 5 dakikadan oluşan 4 basamaklı kademeli testte, her bir kademedede 20-40W yük artışları yapıldı. Yük artışları test sonunda katılımcıların Karvonen yedek nabız

formülüne göre maksimal nabız yedeğinin %80'ini geçmeyen ve anaerobik eşik dolaylarında ulaşılması hedeflendi. Test başlamadan önce ve test sırasında kesintisiz olarak KAH, VO₂, VCO₂ ve SDO kaydedildi. Ayrıca her kademenin son 15 saniyesinde AZD tespit edildi.

c. Maksimal VO₂ Testleri

Submaksimal-VO₂ testinden sağlanan veriler doğrultusunda hesaplanan, maksimal kalp atım yedeğinin yaklaşık olarak %70'ine karşılık gelen yük ile başlanarak, yük artışları 4., 6., 8., 10., 11+ dakikalarda yapıldı. Yük artış miktarları ilk basamak için 45W, diğer basamaklar için ise 36W-27W kullanıldı. Testin öncesinde ve test sırasında kesintisiz olarak VO₂, VCO₂, KAH, SDO, deri sıcaklığı (T_{deri}) ve iç sıcaklık (T_{iç}) kaydedildi, kademelerin son 30 saniyeleri ortalamaları tüm parametreler için hesaplandı. Testler bisiklet ergometresi kullanılarak, dakikada 90 pedal devir hızında (rpm) gerçekleştirildi. Bitkinlikle sonuçlanan her VO_{maks} testi için; a) 1.10 ve üzeri SDO, b) maksimal nabızın %90'ının üzerinde KAH cevabı, c) AZD'de 19-20 değerleri, d) 60 rpm hızın altında 5 saniyeden uzun kalma VO_{maks} testini sonlandırma kriterleri olarak kabul edildi.

d. %60VO_{2maks} Şiddetinde Submaksimal Egzersiz

VO_{2maks} ve submaksimal-VO₂ testlerinden hesaplanan %60VO_{2maks}'lik düzeye denk gelen yük ile bisiklet ergometresinde 90 rpm'lik hız takip edilerek 20 dakikalık sabit yüklü egzersiz seansı gerçekleştirildi. Ortam şartları diğer seanslarda olduğu gibi termonötral koşullar kullanıldı. VO₂, VCO₂, KAH, SDO, T_{deri} ve T_{iç} parametreleri her iki dakikada bir kaydedildi.

2.3.2. Ölçüm Yöntemleri

a. Boy ve Vücut Ağırlığı: Katılımcıların boy ve vücut ağırlıkları, şort-tişört ile ve ayakkabısız olarak, Seca 767 (Hamburg, Almanya) kullanılarak ölçüldü.

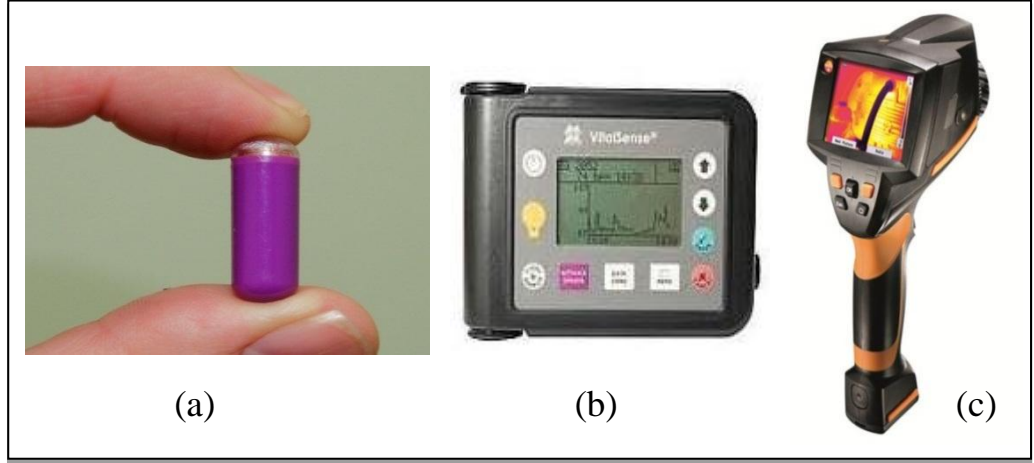
b. Vücut Kitle İndeksi ve Yağ Oranı Ölçümü: Vücut Kitle İndeksi (VKİ) aşağıda belirtilen formüle göre hesaplandı.

$$VKİ = \text{Ağırlık (kg)} / (\text{boy, m})^2 \quad (\text{Eşitlik 2.1})$$

Yağ oranı için ise; deri kıvrım kalınlığı ölçümleri iki kez yapılmış ve göğüs, midaksillar, triseps, subskapula, suprailiak, abdomen ve uyluk bölgelerinden alınan deri kıvrım kalınlığı ölçümlerinin ortalaması Jackson ve Pollock formülü kullanılarak vücut yağ yüzdesi hesaplanmıştır (46).

c. Ortam Sıcaklık ve Nem Ölçümü: Deney süresince sıcaklık ve nem ölçümleri, deney odası içerisindeki 3 farklı bölgeden ölçüm aralığı -25 ile +70°C ölçüm hassasiyeti $\pm 0.4^\circ\text{C}$, olan kayıt cihazları ile ölçülerek ortalamaları alındı. Ayrıca deney odası yüzeyine bağlanılan aparat vasıtasıyla duvar iç yüzey sıcaklıkları ölçülerek sürekli kaydedildi.

d. Ortam Basınç ve Hava Hızının Ölçümü: Deney süresince basınç ve hava hızı ölçümleri deney odası içerisindeki bir noktadan gerçekleştirildi. Ölçüm aralığı 0.3 - 90.0 m/sn, hassasiyeti ± 0.5 olan cihaz ile gerçekleştirilen hava akım hızı ölçümü için katılımcıya en yakın bir bölge tercih edilerek tüm sonuçlar kaydedildi.

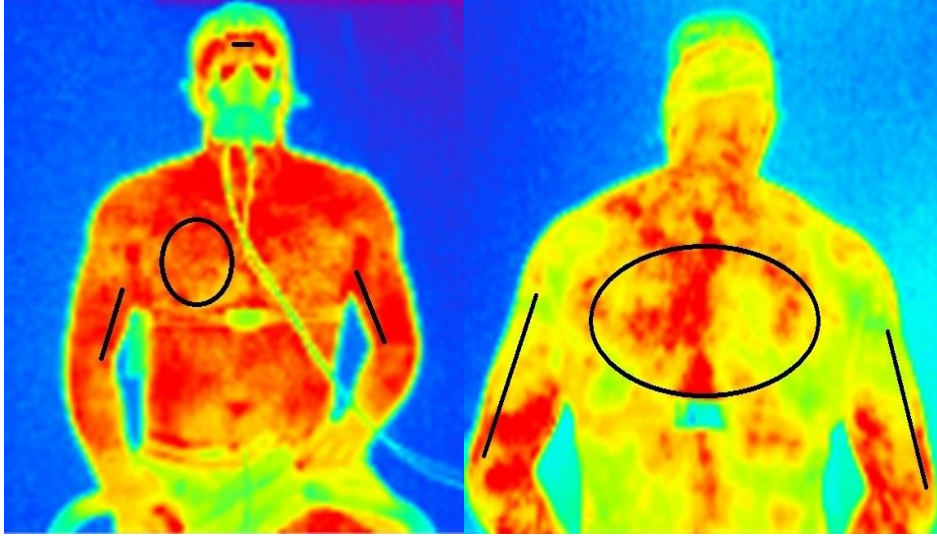


Resim 3: İç ve Deri sıcaklığı ölçer ekipmanlar

e. İç ve Deri Sıcaklığı Ölçümü: Deri sıcaklığı ölçümleri 160x120 piksel çözünürlüğe ve < 80 mK (0.08°C) termal duyarlılığa sahip bir infrared ısı kamera ile gerçekleştirildi (Resim 3c). Testler sırasında deneğin iki dakikada bir, 150 cm önünden-arkasından, 90° lik açı ile ölçümleri yapıldı. Termal kamera ölçümleri 0.95 emisyon oranı ayarlanarak ve bilgisayar yazılımı kullanılarak analizleri yapıldı (Resim 3). Göğüs bölgesi ($T_{\text{göğüs}}$) ve sırt bölgesi (T_{sirt}) bölgelerinden oval çizim ile sıcaklıkların alan ortalaması, sağ biceps brachii kası ($T_{\text{sağ-biceps}}$), sol biceps brachii kası ($T_{\text{sol-biceps}}$), sağ triceps brachii kası ($T_{\text{sağ-triceps}}$), sol triceps brachii kası ($T_{\text{sol-triceps}}$) ve baş ($T_{\text{baş}}$) bölgelerinde düz çizgi üzerindeki sıcaklıkların ortalamaları kaydedildi (Resim 4). 7 bölgeden alınan ölçümler sonrasında yapılan varyan analizi ölçümleri sonrası T_{deri} 'yi belirlemede aşağıdaki eşitlik kullanıldı.

$$T_{\text{deri}} = (T_{\text{göğüs}} + T_{\text{sirt}})/2 \quad (\text{Eşitlik 2.2})$$

İç sıcaklık ölçümleri, sürekli telemetrik olarak veri aktarabilen yutulabilir sıcaklık sensörleri (Resim 3a) ve bu sensörlerin veri aktardığı veri kayıt cihazıyla (Resim 3b) gerçekleştirildi. Katılımcılar deney odasından gelişi itibariyle sensörler yutturularak tam 1 saat sonra egzersize başlanmaları sağlandı (Resim3).



Resim 4: Deri sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan analiz tekniği

f. Solunum Gaz analizi

Laboratuvardaki tüm testler sırasında solunum gazlarının analizi için breath by breath gaz analizörü ile VO_2 , VCO_2 ve SDO değerleri incelendi. Her test öncesinde Quark b² sistemi üretim şartnamesinde belirtilen talimatlar doğrultusunda kalibre edildi ve üretici firmanın belirttiği özelliklerde kalibrasyon gazları kullanıldı.

g.Vücut Yüzey Alanın Hesaplanması:

$$A_D = 0.202 \cdot m^{0.425} L^{0.725} \quad (\text{Eşitlik 1.2}) \quad (22)$$

Denkleme göre kişinin kütlesine ve boyuna bağlı olarak tanımlanan ve insan vücudunun çıplak durumdayken yüzey alanını veren bir bağıntı geliştirilmiştir. Burada ‘m’ kg cinsinden kişinin kütlesi, ‘L’ ise metre cinsinden boyunu göstermektedir.

h.Metabolik Değerin Hesaplanması:

$$M = [21 (0.23 SDO + 0.77)Q_{O_2}] / A_D \quad (\text{Eşitlik 1.3}) \quad (67)$$

Burada ‘‘M’’ metabolik değeri ifade eder ve birimi W/m²’dir. SDO, üretilen CO₂ ile tüketilen O₂’nin molar değerlerinin oranıdır (VCO₂/VO₂). Qo₂ ise oksijen tüketiminin hacimsel debisidir (mL/s). SDO ve Qo₂ değerleri gaz analizöründen alınan ölçüm sonuçlarına dayalı olarak verilmiştir.

1. Mekanik Verimliliğin Hesaplanması:

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (\text{Eşitlik 1.4})$$

Bu denkleimde ‘‘W’’ iş’i, ‘‘M’’ ise metabolik değeri temsil etmektedir.

i. Isıl Enerjinin Hesaplanması:

$$I = [(M - W) \times t] / 1000 \quad (\text{Eşitlik 2.3})$$

Bu denkleimde ‘‘I’’ (kJ) ısıl verimliliği, ‘‘t’’ ise (sn) süreyi temsil etmektedir

2.4. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma, Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu İklimlendirme laboratuvarında, Mart 2013 tarihine kadar ölçüm seansları, sonrasında ise analiz ve yazımı yapıldı.

2.5. Araştırmanın Evreni

Çalışmaya en az beş yıllık antrenman geçmişine sahip, dayanıklılık antrenmanı yapan (6-8 saat/hf), 11 erkek sporcu katılmıştır.

2.6. Çalışma Grubunun Belirlenmesi

Çalışmamıza katılan kişilerde aranan kriterler:

- Erkek olmak,

- 18-30 yaş aralığında olmak,
- En az beş yıllık spor geçmişine sahip sporcu olmak,
- Haftada en az üç gün, düzenli dayanıklılık antrenmanı (6-8 saat/hf) yapıyor olmak,
- $45 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dk}^{-1}$ $\text{VO}_{2\text{maks}}$ düzeyi ve üzerinde aerobik güce sahip olmak,
- Sigara ve alkol alışkanlığı olmamak,
- Herhangi bir sistemik hastalık veya sakatlığı bulunmamak,
- Fiziksel performansı, enerji metabolizmasını etkileyebilecek yasal veya yasal olmayan ergojenik yardımcı ya da ilaç kullanmıyor olmak,

Yukarıdaki kriterlere uygun katılımcı adaylarına, gönüllü olur formu okundu, testleme prosedürlerinin detaylarına, bu prosedürlerin kendilerine sağlayacağı fayda ve olası zararlara ait konular açıklandı, konu ile ilgili soruları cevaplandı, metni tam olarak okumaları istendi. Gönüllü olur formunu imzalayanlar çalışmaya dahil edildi (Ek-2). İklimlendirme odasının tamamlanması ile birlikte uzun süren pilot çalışmalar sonrasında katılımcılar çalışmaya alınarak testler başlatıldı. Katılımcıların spor geçmiş ortalamaları $9,9\pm 2,8$ yıldır. Katılımcılar ölçümlerden en az iki gün öncesinden itibaren ağır egzersizler yapmamaları bildirilerek, testlerden en az 2,5 saat önce yemek yemeleri istendi.

2.7. Bağımlı ve Bağımsız Değişken

Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler VO_2 , VCO_2 , AZD, KAH, SDO, T_{deri} ve $T_{\text{iç}}$ 'tir.

2.8. Veri Toplama Yöntemi ve Süresi

Araştırmada kullanılacak veriler 20 haftalık bir sürede, araştırmacı tarafından toplandı.

2.9. İstatistiksel Analizler ve Değerlendirme

Verilerin analizinde sporculara ait fiziksel özellikler, antropometrik özelliklere ilişkin tanımlayıcı istatistikler hesaplandı. Verilerin normal dağılım varsayımına uyup uymadığını incelemek amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulandı. Shapiro-Wilk testi sonucunda veriler normal dağılım gösterdiğinden parametrik ölçümler kullanıldı. Levene testi uygulanarak, katılımcıların verilerinin değişim düzeylerinin anlamlılığı incelendi. Tekrarlanan ölçümler için varyans analizi yapıldıktan sonra post-hoc olarak LSD ve korelasyon analizlerinde Pearson r kullanıldı.

Verilerin istatistiksel analizinde Verilerin analizinde Statistical Package for Social Sciences (version 20.0; SPSS Inc., Chicago, IL) istatistik programı kullanıldı ve anlamlılık olarak $p \leq 0.05$ düzeyi kabul edildi.

2.10. Süre ve Olanaklar

Araştırma 2009 yılında planlanmış olup 02.03.2009 tarihinde etik kurul raporu alındı. Bu aşamadan 01.03.2013 tarihine kadar veriler araştırmacı tarafından toplandı. Geriye kalan süre verilerin analiz ve tez yazımı için kullanıldı. 20.12.2013 tarihinde tezin savunması için tarih alındı ve aynı tarihte kabul edildi.

Bu tez çalışması, 10-BESYO-003 numaralı BAP projesi tarafından desteklenmiştir.

2.11. Araştırma Etiği

Araştırma, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (02.03.2009 tarih ve 09-3/18 karar no) (Ek-1) gerekli onay alındıktan sonra yapıldı

BÖLÜM III

BULGULAR

Çalışmaya katılım gösteren gönüllülerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri (n=11)

	Ort.± SS	%CV	Min.	Maks.	Skew	Kurt
Yaş (yıl)	22,2±3,7	16,8	18	30	0.89	0.21
Boy (cm)	181±6,3	3,51	172	188	1.72	2.36
Kilo (kg)	73,8±6,9	9,28	62,2	85,3	-0.35	-0.21
Yüzey Alanı (m²)	1,93±0,1	5,45	1.78	2.11	0.08	-0.79
VYO (%)	12,6±4,2	33,3	7,1	20,5	0.29	-0.34
VKİ	22,6±2,1	9,46	19,6	26,3	0.20	-1.13
Spor yaşı (yıl)	9,9±2,8	28,7	5	15	0.89	0.75
VO_{2maks}	54±9,9	18,3	45,1	74,3	1.72	1.06

VYO: Vücut yağ oranı; VKİ: Vücut kitle indeksi, VO_{2maks}: Vücudun kilogramı başına tüketilen oksijen miktarı (ml·dk⁻¹·kg⁻¹).

Testler sırasında ölçülen ortalama ortam koşulları değerleri Tablo 3’de gösterilmiştir. Sonuçlara göre ortam koşulları hedeflenen ve kabul edilir sınırlar içindeydi. Hava akım hızı tüm seanslarda <1 m·s⁻¹ olarak ölçüldü.

Tablo 3: Testler sırasındaki hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümü değerleri

	Ortalama ± SS	%CV	Minimum	Maksimum	Skew	Kurt
SE-Hava (°C)	21,3±0,4	2,91	20,17	21,81	-1.91	4.81
VO_{2maks}-Hava (°C)	21±0,9	4,12	19,97	22,77	1.72	2.36
SE-Nem (%rh)	64,5±2,5	2,61	60,95	70,07	0.82	1.40
VO_{2maks}-Nem (%rh)	64,9±5,3	8,13	56,73	69,99	-0.70	-1.65

SE-Hava (°C) : SE’deki hava sıcaklığı değeri; VO_{2maks}-Hava (°C): VO_{2maks} testlerindeki hava sıcaklığı değeri; SE-Nem (%rh): SE’deki %bağıl nem miktarı; VO_{2maks}-Nem (%rh): VO_{2maks} testlerindeki %bağıl nem miktarı.

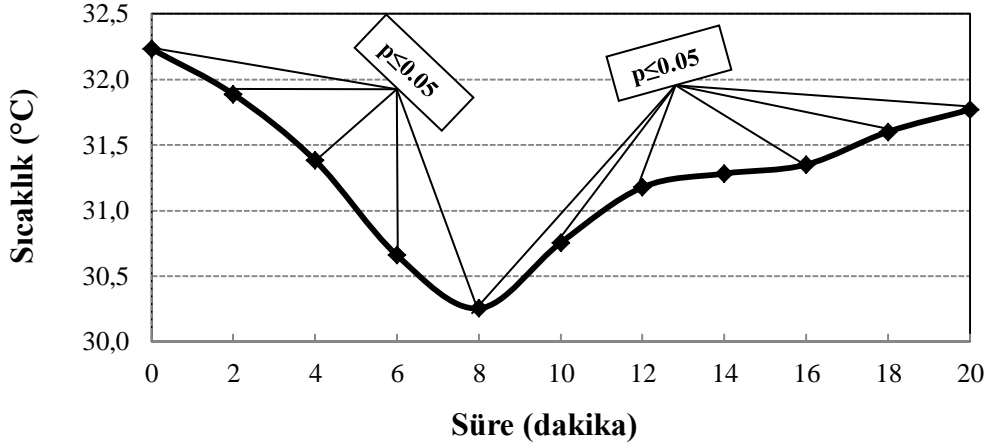
Tablo 4: VO_{2maks} testi ve submaksimal egzersizdeki tüm bölgelerin deri sıcaklıklarının varyans analizi değerleri

	Levene S.	P		Levene S.	p
T _{deri_ort} @SE	0.547	0.853	T _{sağ-biceps} @SE	2.151	0.026
T _{deri_ort} @VO _{2maks}	0.238	0.915	T _{sağ-biceps} @VO _{2maks}	0.481	0.749
T _{deri} @SE	0.378	0.954	T _{sol-biceps} @SE	1.662	0.099
T _{deri} @VO _{2maks}	0.145	0.964	T _{sol-biceps} @VO _{2maks}	0.774	0.547
T _{baş} @VO _{2maks}	0.844	0.504	T _{sağ-triceps} @SE	1.177	0.314
T _{baş} @SE	1.674	0.096	T _{sağ-triceps} @VO _{2maks}	0.233	0.919
T _{göğüs} @SE	0.926	0.512	T _{sol-triceps} @SE	0.548	0.852
T _{göğüs} @VO _{2maks}	0.829	0.602	T _{sol-triceps} @VO _{2maks}	1.297	0.284
T _{sirt} @SE	0.305	0.979	T _{sirt} @VO _{2maks}	0.547	0.860

*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; p>0.05

T_{deri_ort}@SE: Deri sıcaklığının SE'deki tüm bölgelerden alınan ortalama değerleri; T_{deri_ort}@VO_{2maks}: Deri sıcaklığının VO_{2maks} testindeki tüm bölgelerden alınan ortalama değerleri; T_{deri}@SE: Deri sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{deri}@VO_{2maks}: Deri sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri; T_{baş}@VO_{2maks}: Baş bölgesi sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri; T_{baş}@SE: Baş bölgesi sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{göğüs}@SE: Göğüs bölgesi sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{göğüs}@VO_{2maks}: Göğüs bölgesi sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri; T_{sirt}@SE: Sirt bölgesi sıcaklığının SE ortalama değerleri; T_{sağ-biceps}@SE: Sağ kol biceps bölge sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{sağ-biceps}@VO_{2maks}: Sağ kol biceps bölge sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri; T_{sol-biceps}@SE: Sol kol biceps bölge sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{sol-biceps}@VO_{2maks}: Sol kol biceps bölge sıcaklığının VO_{2maks} testindeki değeri; T_{sağ-triceps}@SE: Sağ kol triceps bölge sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{sağ-triceps}@VO_{2maks}: Sağ kol triceps bölge sıcaklığının VO_{2maks} egzersizindeki ortalama değerleri; T_{sol-triceps}@SE: Sol kol triceps bölge sıcaklığının SE'deki ortalama değerleri; T_{sol-triceps}@VO_{2maks}: Sol kol triceps bölge sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri; T_{sirt}@VO_{2maks}: Sirt bölgesi sıcaklığının VO_{2maks} testindeki ortalama değerleri.

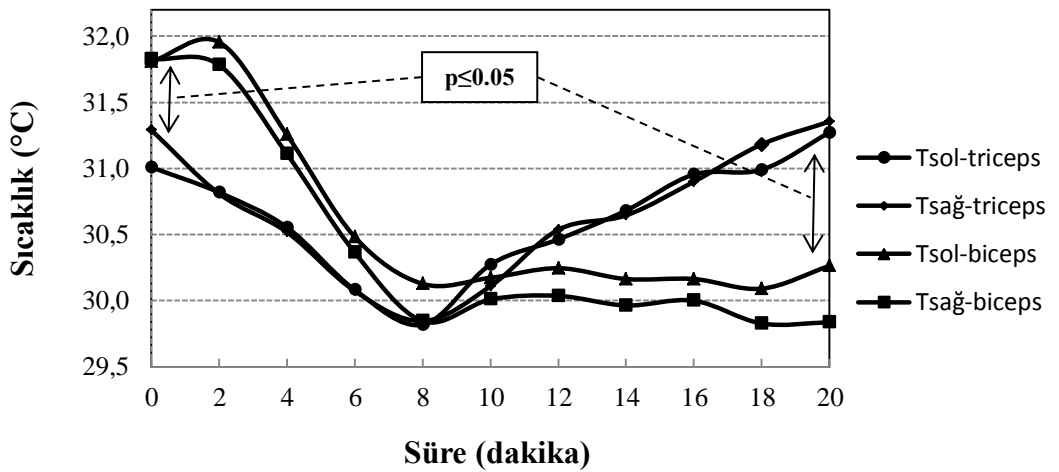
Katılımcıların tekrarlanan ölçümlerden elde edilen T_{deri} değerlerinin varyans analizi sonuçları aşağıda gösterilmiştir. Biceps brachii kasının yüzey ölçümlerinden elde edilen değerlerin varyans homojenliği testlerinde, katılımcılar arasındaki T_{deri} değişimlerinin benzer olmadığı gösterildi (p≤0.05). Diğer bölgelerden elde edilen T_{deri} değişimleri benzerdi (p>0.05) (Tablo 4).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 1: T_{deri}'nin submaksimal egzersizdeki değişimi

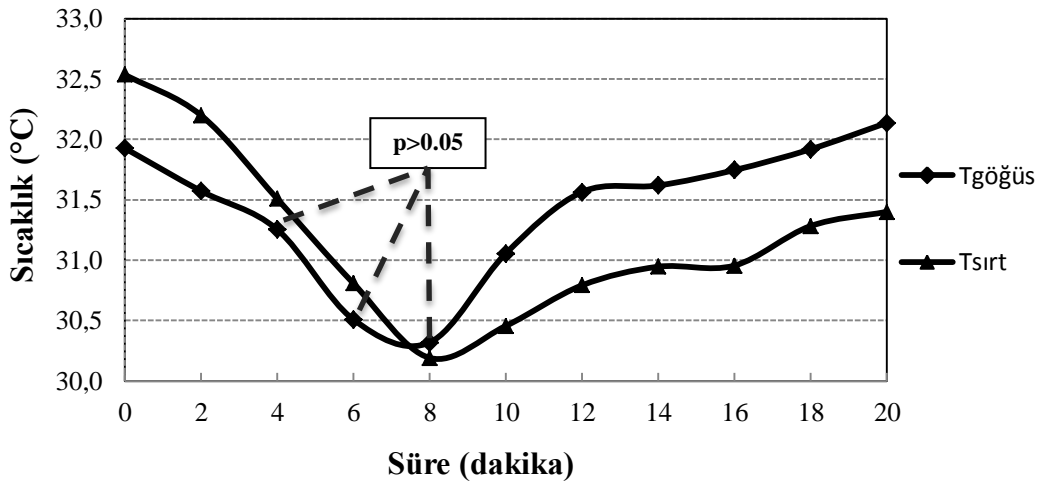
T_{deri}'nin 20 dakikalık SE'deki değerleri incelendiğinde; sekizinci dakikaya kadar anlamlı bir düşüş ve sonrasında test sonuna kadar anlamlı bir artış olduğu gösterildi ($p \leq 0.05$). Sekizinci dakika sonrası artış trendindeki 12.-14. ve 14.-16. dakikalara ait T_{deri} yanıtları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0.05$) (Grafik 1). Tüm katılımcılar bireysel olarak incelendiğinde; yedi katılımcı sekizinci dakikada, üç katılımcı altıncı dakikada ve bir katılımcı ise onuncu dakikada en düşük T_{deri} değerine ulaştı.



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 2: Üst ekstremitelerin submaksimal egzersizdeki deri sıcaklığı değişimi

SE sırasındaki; $T_{\text{sağ-biceps}}$, $T_{\text{sol-biceps}}$, $T_{\text{sağ-triceps}}$, $T_{\text{sol-triceps}}$ yanıtları incelendiğinde, egzersiz öncesinde triceps kasının, biceps kasma oranla daha yüksek yüzey sıcaklığına sahip olduğu görüldü ($p \leq 0.05$). Egzersizle birlikte her iki kas grubunda sekizinci dakikaya kadar T_{deri} değerleri düşüş gösterirken, triceps ve biceps kaslarının yüzey sıcaklıklarında sekizinci dakikada anlamlı bir fark yoktur ($p > 0.05$). Egzersizin devamında $T_{\text{sağ-triceps}}$ ve $T_{\text{sol-triceps}}$ değerleri egzersiz sonuna kadar arttı ($p \leq 0.05$). $T_{\text{sağ-biceps}}$ ve $T_{\text{sol-biceps}}$ değerleri ise sekizinci dakikadan egzersiz sonuna kadar benzer özellikler gösterdi ($p > 0.05$).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 3: $T_{\text{göğüs}}$ ve T_{sirt} 'ın submaksimal egzersizdeki değişimi

Deri sıcaklığını belirlemede kullanılan $T_{\text{göğüs}}$ ve T_{sirt} değerlerinin SE sırasındaki değişimleri incelendiğinde; egzersize T_{sirt} 'ın $T_{\text{göğüs}}$ 'e oranla $1,9$ °C daha yüksek başladığı görüldü ($p \leq 0.05$). Egzersiz bitiminde $T_{\text{göğüs}}$ değerleri, T_{sirt} 'a oranla $2,3$ °C daha yüksek sonlandı. Egzersiz başladıktan sonra ikinci dakikada T_{sirt} , $T_{\text{göğüs}}$ 'den anlamlı düzeyde yüksekti ($p \leq 0.05$). Dördüncü, altıncı ve sekizinci dakikalardaki fark ise anlamlı değildi ($p > 0.05$). 10. dakikadan itibaren tüm ölçüm zamanlarında $T_{\text{göğüs}}$, T_{sirt} 'dan anlamlı düzeyde yüksek olarak ölçüldü ($p \leq 0.05$) (Grafik 3).

Tablo 5: T_{deri}'nin submaksimal egzersizdeki regresyon formülleri

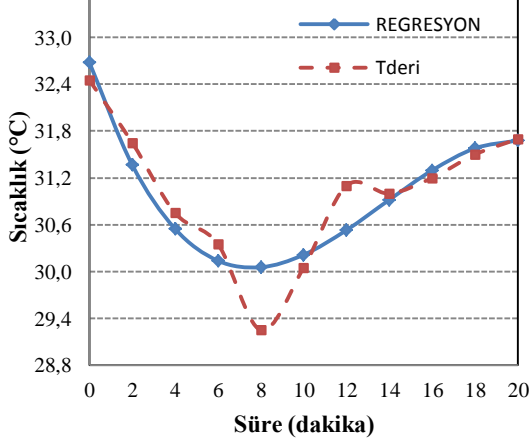
Katılımcı-1	$Y = 32,678 - 0,79433 * x + 0,072356 * x^2 - 0,0017568 * x^3$
Katılımcı-2	$Y = 31,947 - 0,32587 * x + 0,027994 * x^2 - 0,00066652 * x^3$
Katılımcı-3	$Y = 33,431 - 0,70614 * x + 0,068204 * x^2 - 0,0017106 * x^3$
Katılımcı-4	$Y = 32,756 - 0,81116 * x + 0,061662 * x^2 - 0,0013367 * x^3$
Katılımcı-5	$Y = 32,371 - 0,39299 * x + 0,043298 * x^2 - 0,0011995 * x^3$
Katılımcı-6	$Y = 30,946 - 0,23434 * x + 0,015793 * x^2 - 9,7125e-05 * x^3$
Katılımcı-7	$Y = 31,578 - 0,47594 * x + 0,039139 * x^2 - 0,0008462 * x^3$
Katılımcı-8	$Y = 33,463 - 0,68794 * x + 0,070185 * x^2 - 0,0019631 * x^3$
Katılımcı-9	$Y = 32,987 - 0,47294 * x + 0,045462 * x^2 - 0,0010866 * x^3$
Katılımcı-10	$Y = 31,679 - 0,25118 * x + 0,014008 * x^2 - 0,00010805 * x^3$
Katılımcı-11	$Y = 33,051 - 0,23936 * x + 3,6422e-05 * x^2 + 0,00042614 * x^3$
Ortalama	$Y = 32,445 - 0,49039 * x + 0,041638 * x^2 - 0,0009392 * x^3$

*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

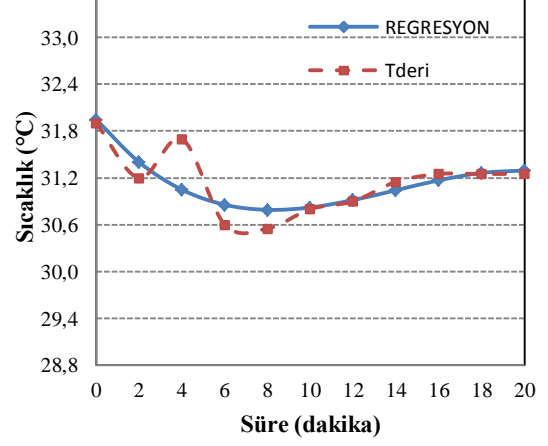
Y: Deri sıcaklığı, x: süre

SE'deki ölçülen T_{deri} için oluşturulan regresyon formülleri ile ortalama regresyona göre tüm sonuçlar fit edilmiştir. Bu sonuca göre katılımcılar arasındaki sıcaklık değişimleri anlamlı düzeyde farklıdır ($p \leq 0.05$) (Tablo4).

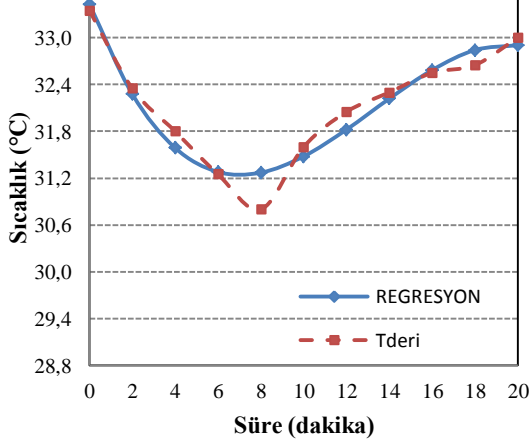
1) $Y = 32,678 - 0,79433 * x + 0,072356 * x^2 - 0,0017568 * x^3$



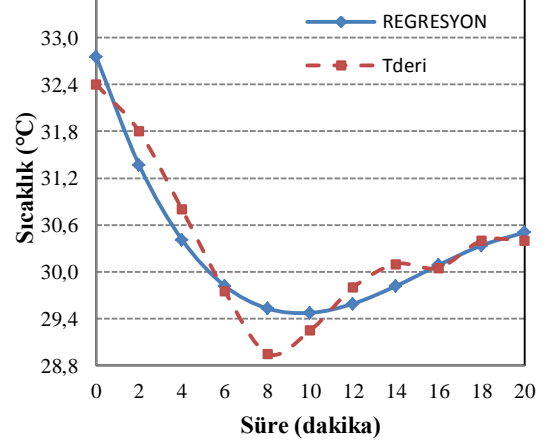
2) $Y = 31,947 - 0,32587 * x + 0,027994 * x^2 - 0,00066652 * x^3$



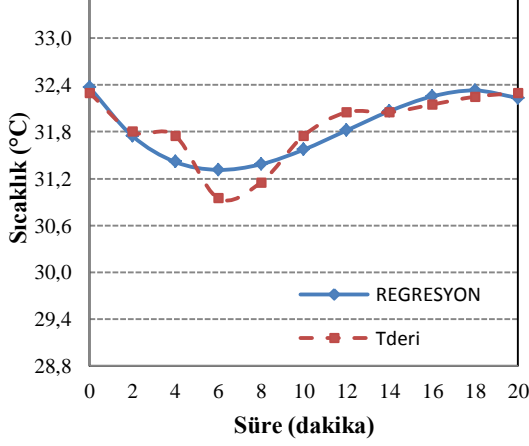
3) $Y = 33,431 - 0,70614 * x + 0,068204 * x^2 - 0,0017106 * x^3$



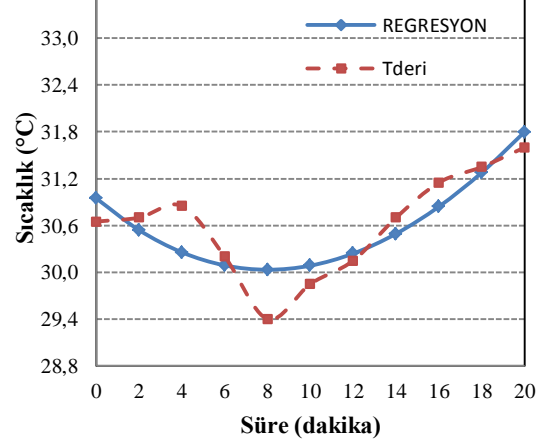
4) $Y = 32,756 - 0,81116 * x + 0,061662 * x^2 - 0,0013367 * x^3$

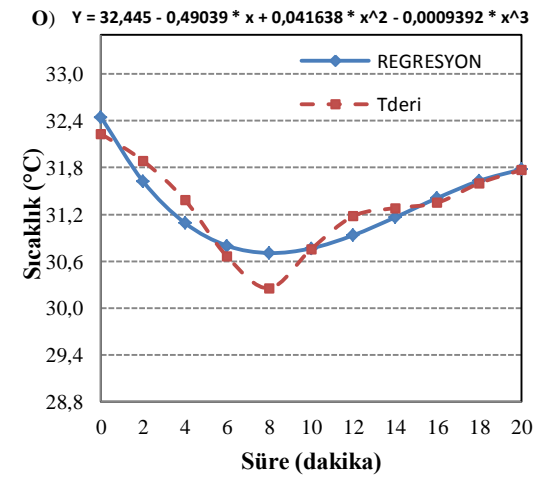
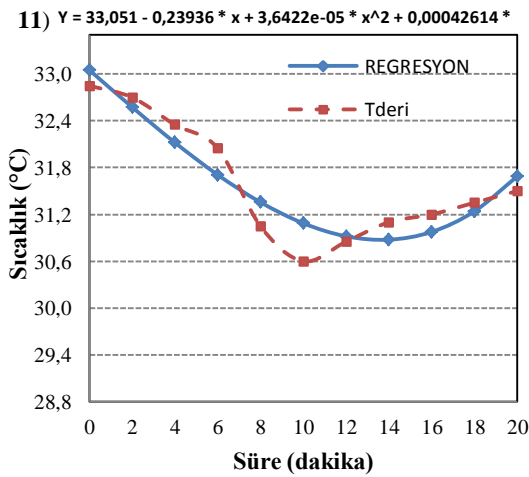
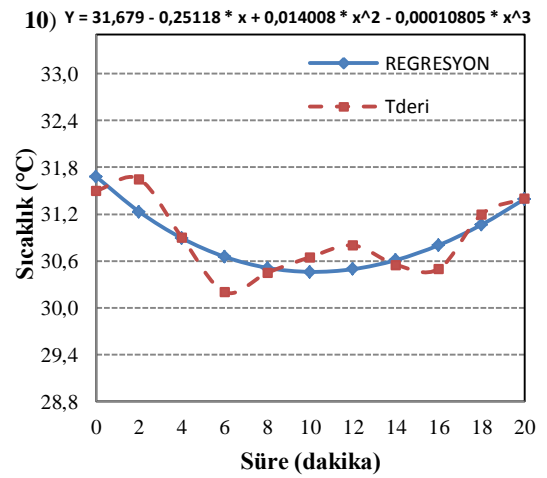
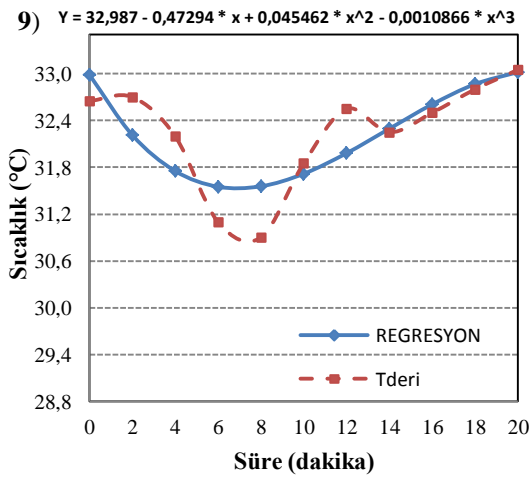
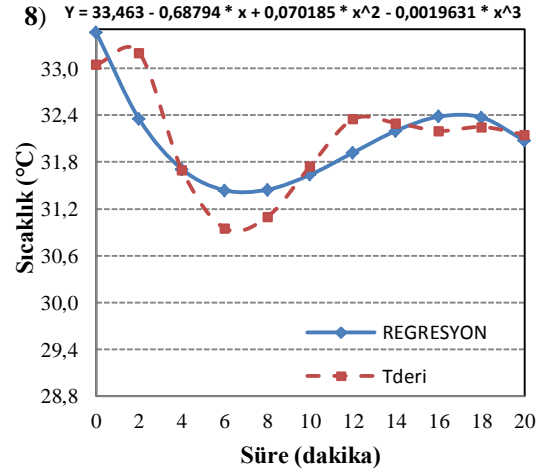
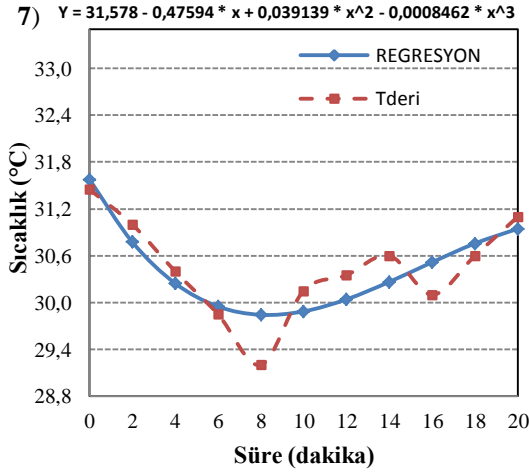


5) $Y = 32,371 - 0,39299 * x + 0,043298 * x^2 - 0,0011995 * x^3$



6) $Y = 30,946 - 0,23434 * x + 0,015793 * x^2 - 9,7125e-05 * x^3$



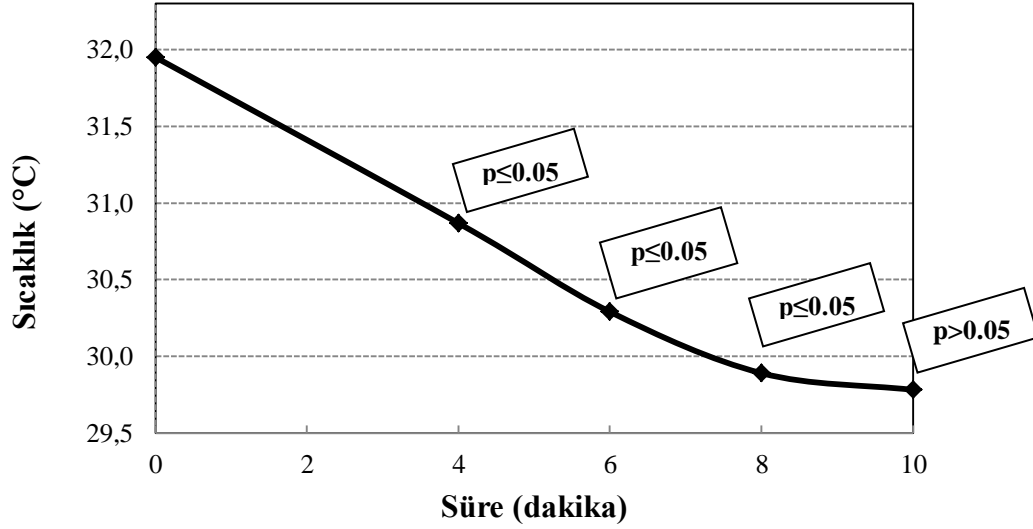


*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0,05$
Y: Deri sıcaklığı, x: süre

Grafik 4: Submaksimal egzersizdeki ölçülen T_{deri} 'nin tüm katılımcılar (1-11)

ve ortalama (O) için regresyon çizimleri

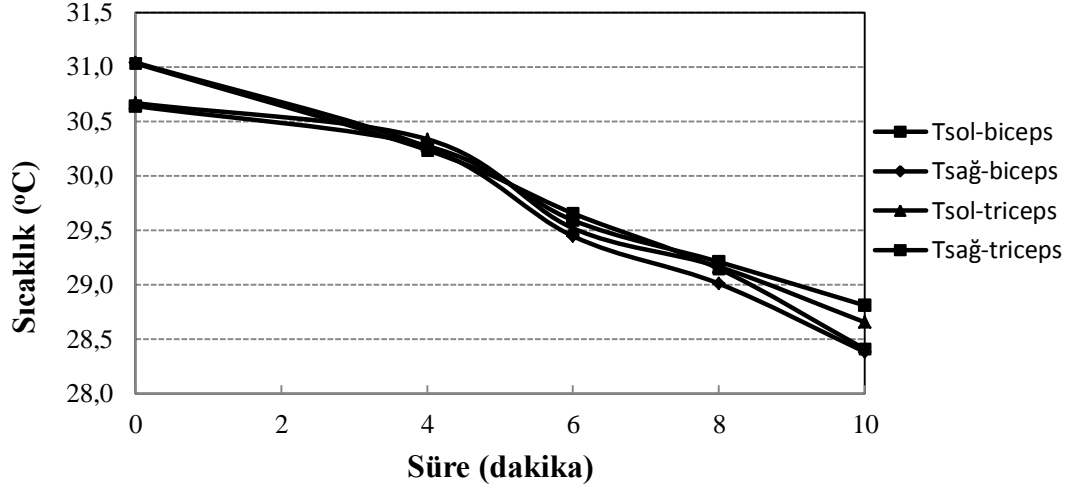
SE'de ölçülen T_{deri} için oluşturulan regresyon formülleri ve ölçülen T_{deri} ile herbir katılımcı ve ortalama değerler için grafikler verilmiştir (Grafik 4).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 5: T_{deri} 'nin $VO_{2\text{maks}}$ testindeki değişimi

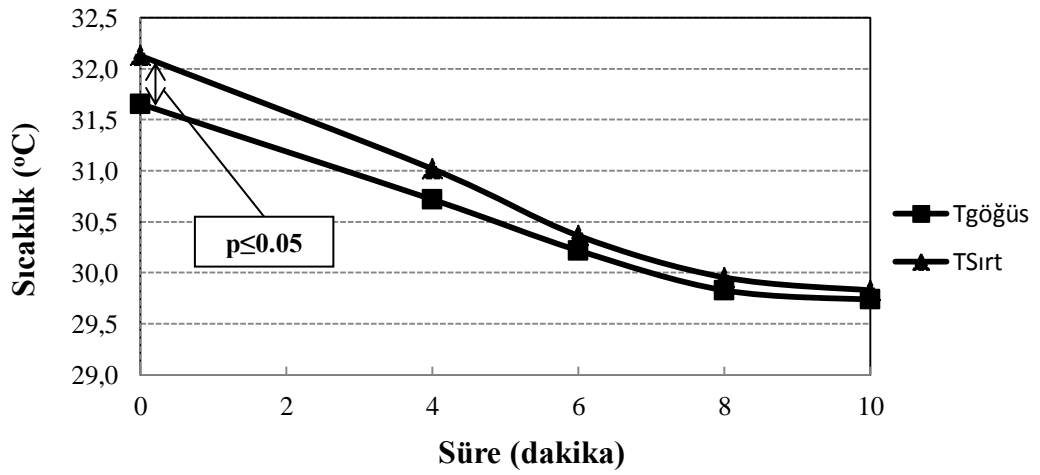
T_{deri} değerlerinin $VO_{2\text{maks}}$ testindeki değişim oranları incelendiğinde; testin başı ile sonunda ölçülen değerlerdeki düşüşün anlamlı olduğu görüldü ($p \leq 0.05$). Her ölçüm basamağı incelendiğinde ise; sekizinci dakikaya kadar her kademedede anlamlı olarak düşüşler vardı ($p \leq 0.05$). Sekizinci ve 10.'cu dakikalar arasında ise düşüş farkları istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0.05$) (Grafik 5). Sonuçlar, $VO_{2\text{maks}}$ testlerinde T_{deri} değerlerinin sekizinci dakikadan sonra düşüş eğiliminin sonlandığını göstermektedir.



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 6: Üst ekstremitelerin VO_{2maks} testindeki deri sıcaklığı değişimi

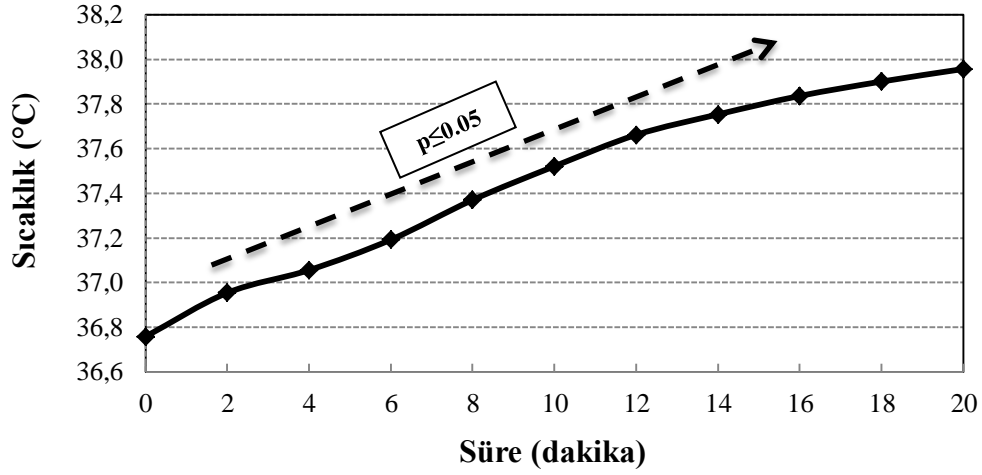
VO_{2maks} testi sırasındaki $T_{sol-biceps}$, $T_{sağ-biceps}$, $T_{sol-triceps}$ ve $T_{sağ-triceps}$ değişimleri incelendiğinde; testin başından sonuna kadar aralarında anlamlı bir değişiklik yoktur ($p > 0.05$) (Grafik 6).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

Grafik 7: $T_{göğüs}$ ve T_{sirt} 'in VO_{2maks} testindeki değişimi

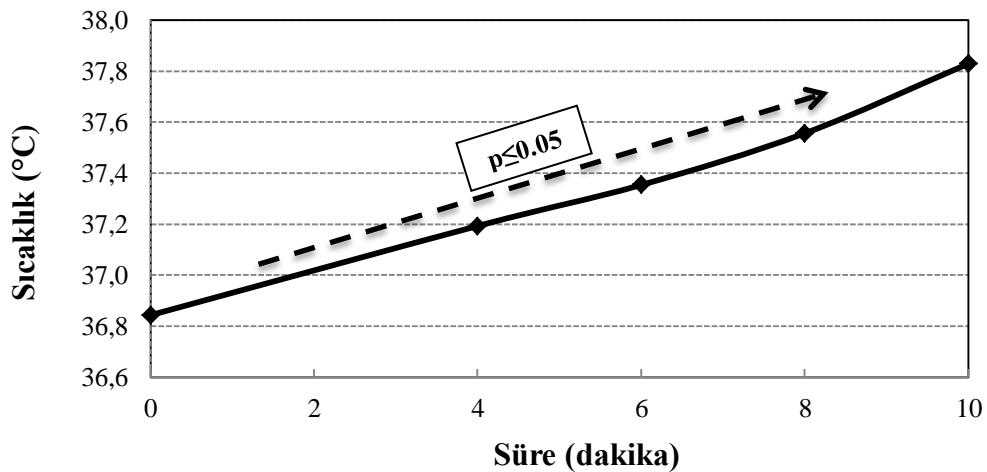
VO_{2maks} testi sırasındaki T_{göğüs} ve T_{sirt} değişimleri incelendiğinde; T_{sirt}'in egzersizden önce ölçülen değerinin T_{göğüs}'den yüksek olduğu bulundu (p≤0.05). Devam eden sürelerde aralarında anlamlı bir değişiklik yoktur (p>0.05) (Grafik 7).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; p≤0.05

Grafik 8: T_{iç}'in submaksimal egzersizdeki değişimi

T_{iç} değerinin SE'deki değişimi incelendiğinde; testin başı ile sonundaki değerler arasındaki artış anlamlı olduğu bulundu (p≤0.05). Ayrıca tüm basaklarda anlamlı düzeyde artış görüldü (p≤0.05) (Grafik 8).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; p≤0.05

Grafik 9: T_{iç}'in VO_{2maks} testindeki değişimi

$T_{iç}$ değerinin VO_{2maks} testindeki değişimi incelendiğinde; testin başı ile sonundaki değerler arasındaki artışın anlamlı olduğu bulundu ($p \leq 0.05$) Ayrıca tüm basaklarda anlamlı düzeyde artış olduğu gösterildi ($p \leq 0.05$) (Grafik 9).

Tablo 6: VO_{2maks} testindeki ve submaksimal egzersizdeki T_{deri} değerleri

	T_{deri}		T_{deri}	t	p
SE_ilk	32,2±0,8	SE_son	31,8±8*	1.897	0.087
VO_{2maks_ilk}	31,9±1,1†	VO_{2maks_son}	29,8±1,3*†	6.981	0.000†
t	1.223	t	5.762		
p	0.249	p	0.000*		

*,† İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

SE_ilk: SE öncesi T_{deri} ; VO_{2maks_ilk}: VO_{2maks} testi öncesi T_{deri} ; SE_son: SE'nin sonundaki T_{deri} ;

VO_{2maks_son}: VO_{2maks} testinin sonundaki T_{deri}

SE öncesi ve sonrası T_{deri} değerleri incelendiğinde değerler arasındaki farkın anlamlı olmadığı bulundu ($p > 0.05$). VO_{2maks} testi ile SE öncesi ölçülen T_{deri} değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı fark olmadığı bulundu ($p > 0.05$). Son basamaktaki değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında, SE'nin VO_{2maks} testine göre anlamlı olarak daha yüksek T_{deri} değerlerinde sonlandığı bulundu ($p \leq 0.05$) (Tablo 6).

Tablo 7: VO_{2maks} testi ve submaksimal egzersizdeki $T_{iç}$ değerleri

	$T_{iç}$		$T_{iç}$	t	p
SE_ilk	36,8±0,4*	SE_son	38,0±0,3*	-9.690	0.000*
VO_{2maks_ilk}	36,8±0,5†	VO_{2maks_son}	37,8±0,3†	-8.205	0.000†
t	-0.488	t	1.067		
p	0.636	p	0.311		

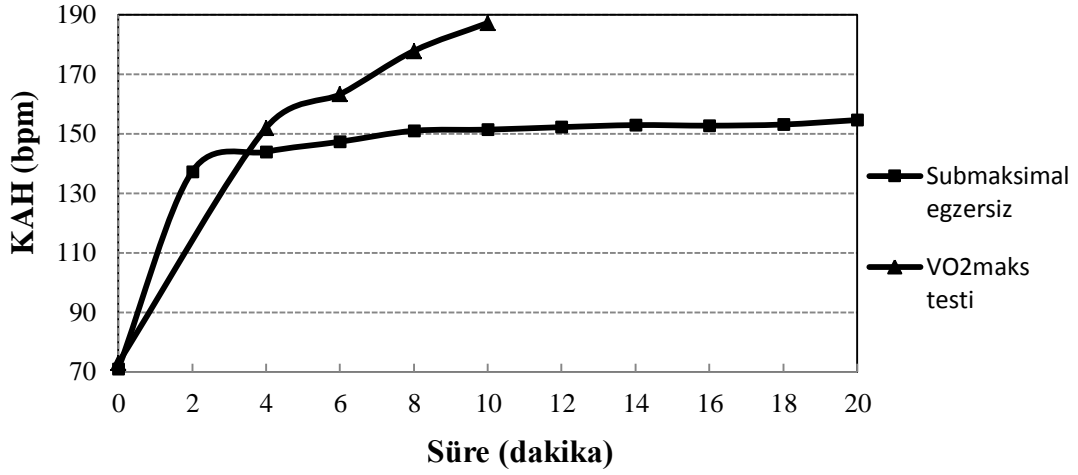
*,† İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p \leq 0.05$

SE_ilk: SE öncesi $T_{iç}$; VO_{2maks_ilk}: VO_{2maks} testinin öncesi $T_{iç}$; SE_son: SE sonundaki $T_{iç}$; VO_{2maks_son}:

VO_{2maks} testinin sonundaki $T_{iç}$

SE öncesi ve sonrası $T_{iç}$ değerleri incelendiğinde değerler arasındaki farkın anlamlı olmadığı gösterildi ($p > 0.05$). VO_{2maks} testi ile SE öncesi ve sonrası $T_{iç}$

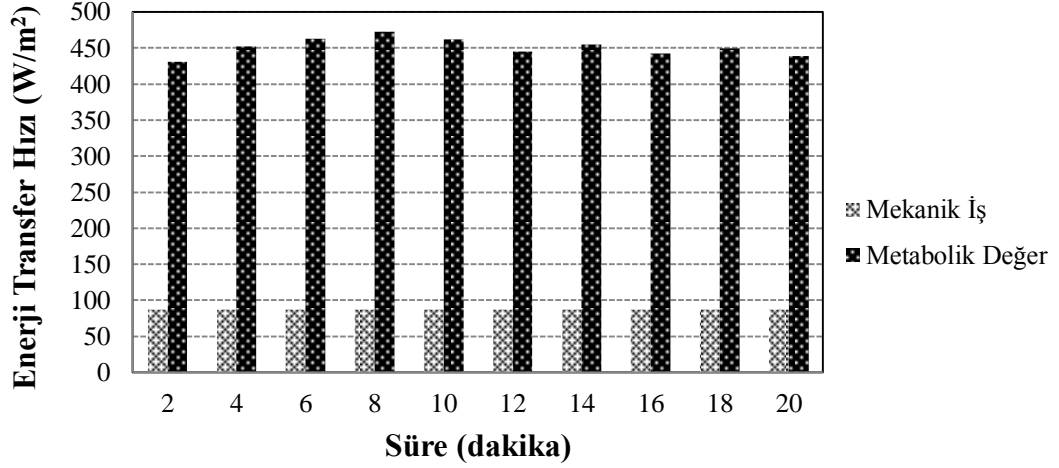
değerleri karşılaştırıldığında ise; SE ile VO_{2maks} testinin öncesinde ve sonunda ölçülen $T_{iç}$ ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 7).



*İstatistiksel anlamlılık düzeyi; $p\leq 0.05$
KAH: Kalp atım hızı

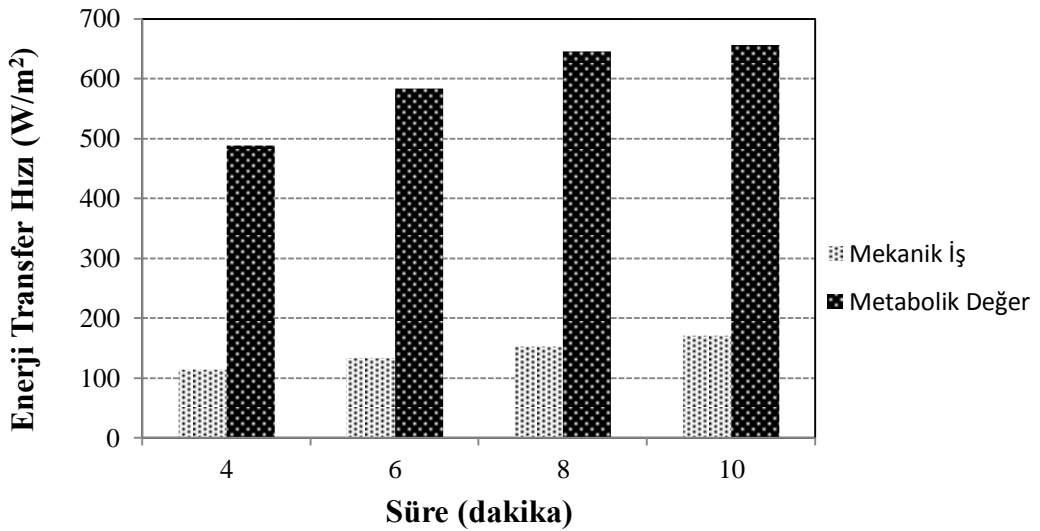
Grafik 10: KAH'nın VO_{2maks} testindeki ve submaksimal egzersizdeki değişimi

VO_{2maks} testi ve SE sırasında ölçülen KAH değerlerine göre; egzersizlerin öncesinde ölçülen değerler arasındaki fark anlamlı değildi ($p>0.05$). Egzersiz sırasındaki tüm basamaklarda VO_{2maks} testleri, SE'e göre daha büyük KAH yanıtları verdi ($p\leq 0.05$) (Grafik 10).



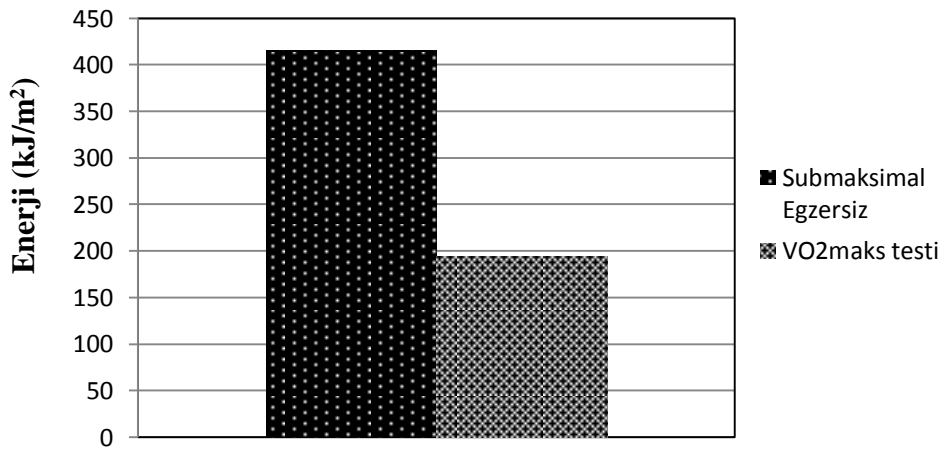
Grafik 11: Submaksimal egzersizdeki mekanik iş ve metabolik değer miktarları

SE sırasındaki metabolik değer ve mekanik işin oranı hesaplandığında mekanik verimliliğin %19,4 olduğu görüldü. Ölçümler arasındaki kolerasyon aralığı yüksekti (pearson $r:0,75-0,99$). Yüksek düzeydeki ilişki metabolik değer değişiminin VO_{2maks} 'ın %60'ına denk gelen şiddetindeki egzersizde benzer olduğunu ortaya koydu. İkinci ve 20. dakikalardaki ölçümlerin arasındaki fark anlamlı değildi ($p>0.05$) (Grafik 11).



Grafik 12: VO_{2maks} testindeki mekanik iş ve metabolik değer miktarları

VO_{2maks} testi sırasındaki metabolik değer ve mekanik işin oranı incelendiğinde; mekanik verimlilik ortalaması %23,9 olarak saptandı. Sekizinci ve 10. dakikalar arasındaki değişim dışında, diğer tüm zaman aralıklarındaki metabolik değer artışı anlamlıydı (Grafik 12) ($p \leq 0.05$). En yüksek mekanik verimlilik %25,9 ile testin son basamağına aitti ($p \leq 0.05$).



Grafik 13: VO_{2maks} testindeki ve submaksimal egzersizdeki toplam ısı enerjisi miktarları

VO_{2maks} testi ve SE sırasındaki toplam ısı enerjisi miktarları incelendiğinde; SE sırasında açığa çıkan toplam ısı enerjisi miktarı VO_{2maks} testine oranla %114 daha fazlaydı.

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

Termoregülasyon, egzersiz performansını etkileyen önemli bir faktördür. Egzersiz sırasında üretilen metabolik ısıyı transfer etmeyi sağlayan termoregülasyon mekanizması olmasaydı; 70 kg'lık bir kişinin, bisiklet ergometresinde 150 W'lık yükte ve mekanik verimliliği %20 düzeyindeki düşük yükteki bir egzersizin henüz 20. dakikasında, $T_{iç}$ yaklaşık 3°C artacaktı. Bu nedenle insan vücudunun egzersiz yükü altındaki ısıl davranışı son yıllarda popüler bir konu olmuştur. Özellikle görece yüksek sıcaklıktaki egzersizlerde, kardiyak çıktı ile kas kan akımında azalma ve laktat birikiminde artma olmadan egzersizi sınırlayan birincil faktörün yüksek $T_{iç}$ olduğu bilinmektedir (65). Alonso ve ark.(1999), su tankında bekletilerek üç farklı düzeyde (~36,6, 37 ve 38°C) iç sıcaklık değerine ulaştırılarak egzersize başlayan bireylerde $T_{iç}$ değişimlerinin performansa etkilerini incelemiştir. Her üç egzersizde de $T_{iç}$ değerleri 40,1°C'ye kadar ulaşmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, ulaşılabilecek maksimum $T_{iç}$ değerinin, başlangıç $T_{iç}$ düzeyleriyle ilişkili olmadığını göstermiştir (36). Diğer yandan, başlangıç $T_{iç}$ değeri normal olan ~36,6°C grubunun egzersizi devam ettirebilme süreleri, diğerlerine göre daha fazla bulunmuştur. Bu sonuç, egzersize başlamadan önce insan vücudunda ısıl enerjinin depolanmasının, egzersiz performansını olumsuz etkilediği sonucunu ortaya koymuştur. Bu tez çalışmasında kademeli olarak artan yükler içeren 8-10 dakikalık VO_{2maks} testleriyle, VO_{2maks} 'ın %60'na denk gelen egzersiz yükünde yapılan 20 dakikalık egzersizler sırasında,

insan vücudunun ısıl davranışı incelenmiştir. VO_{2maks} testi ve SE öncesi ölçülen $T_{iç}$ seviyesi her iki egzersizin için de ortalama değerleri $36,8^{\circ}C$ 'dir (Tablo 7). Bu $T_{iç}$ seviyesi termonötral koşullarda istirahat durumundaki insan vücudu için uygun sınırlar içerisinde. VO_{2maks} testi ve SE sonunda ölçülen $T_{iç}$ seviyesinde ise anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0.05$) (Tablo 7). SE'de üretilen toplam ısıl enerjinin VO_{2maks} testindeki değer 2,14 katı kadar olmasına rağmen (Grafik 13) VO_{2maks} testi ve SE'de ulaşılan $T_{iç}$ seviyesinin benzer olması, SE'de ısıl düzenlemenin daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca VO_{2maks} testi süresinin kısa olması ve SE egzersizinin yükünün $\%60VO_{2maks}$ şiddetinde olmasına rağmen, $T_{iç}$ tüm ölçüm basamaklarında anlamlı düzeyde arttı fakat kritik seviyeler olan $>39^{\circ}C$ 'ye ulaşmadı (Grafik 8, 9).

Bu çalışmada T_{deri} 'yi belirlemek için kullanılan ısıl kamera cihazının, son yıllarda insan vücudu üzerindeki kullanımı yaygınlaşmaktadır. Hershler ve ark. (1992) ile Buono ve ark. (2007) kullanımı yaygın olan deri üzerine temas eden termistörler aracılığıyla yapılan T_{deri} ölçümü ile ısıl kamera yöntemini, düşük aktivite ve istirahat durumlarında karşılaştırmışlardır (42, 14). Isıl kameradan da termistörler gibi tek bir noktanın sıcaklığının alındığı çalışmaların sonucunda, her iki yöntem arasında yüksek kolerasyon bulunmuştur. Clark ve ark. (1980) ise 90 dakikalık koşu boyunca iki yöntem arasında karşılaştırmış ve termistörler kullanılan yöntemin daha yüksek T_{deri} ölçtüğünü göstermiştir (19). Termonötral koşullarda gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada termonötral koşullarda (Tablo 3), bu yöntemlerden farklı olarak, ısıl kamera yazılımını kullanarak göğüs ve sırt bölgesinin üzerindeki alanın sıcaklık ortalamasını, daha küçük bölgelerde ise belirtilen kaslar üzerinde tek bir doğru çizerek deri sıcaklıklarını belirledik. Yapılan analizler neticesinde, T_{deri} ölçümleri en

istikrarlı sonuç veren $T_{g\ddot{u}s}$ ve T_{sirt} 'in ortalamasının kullanıldığı bir formül ile hesaplandı (Resim 4) (Eşitlik 2.2). Tüm bölgelere yapılan varyans homojenliği testi sonrası sadece biceps brachii kas bölgesinin yüzey sıcaklığı değerlerinin homojen dağılmadığı görüldü (Tablo 4). SE'deki triceps brachii ve biceps brachii kaslarının yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında; her iki kas grubu sekizinci dakikada en düşük sıcaklığa geldi ve egzersizin devamında $T_{sağ-biceps}$ ve $T_{sol-biceps}$ 'de değişim görülmedi fakat $T_{sağ-triceps}$ ve $T_{sol-triceps}$ egzersizin sonuna kadar artış gözlemlendi (Grafik 2). SE'deki göğüs ve sırt bölgesi yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında, egzersiz öncesi T_{sirt} $T_{g\ddot{u}s}$ 'e oranla %1,9°C daha yüksek, egzersiz sonunda ise, $T_{g\ddot{u}s}$ 'ün T_{sirt} 'a oranla %2,3°C daha yüksek düzeye ulaştı (Grafik 3). Göğüs bölgesi ve triceps brachii kasının yüzey sıcaklıklarının, sırt bölgesi ve biceps brachii kasının yüzey sıcaklıklarına oranla farklılık göstermesi, bisiklet ergometresi gidonunun tutuş pozisyonu nedeniyle oluşan daha yüksek triceps brachii ve göğüs kas aktivitesinden kaynaklanmış olabileceği düşünüldü. Bu süreçte aktif kaslara kan akımı artmaktadır ve ilgili kasların sıcaklığı daha az aktif olan kaslara göre yüksektir (44). Dolayısıyla daha fazla aktif olan kaslara ait deri yüzeylerinin altında bulunan kanında sıcaklığının artması nedeniyle bu bölgelerde daha yüksek yüzey sıcaklığının olabileceği düşünülmektedir. VO_{2maks} testi sırasındaki triceps brachii ve biceps brachii kaslarının yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında ise her iki kas grubu sekizinci dakika boyunca düşüş gözlemlendi (Grafik 6). T_{sirt} ve $T_{g\ddot{u}s}$ 'te de benzer şekilde testin başından sonuna kadar azalan değişimler gözlemlendi (Grafik 7).

Çalışmamızdaki T_{deri} VO_{2maks} testine ve submaksimal egzersize başlamadan önce termonötral koşullarda rastlanan deri sıcaklığı olan yaklaşık 32°C

düzeylerindeydi (Tablo 6). Deri sıcaklıklarının bu iki egzersiz uygulamasından önce farklı olmaması, her iki egzersiz uygulamasına deri sıcaklığı açısından eşit koşullarda başlandığını ve test öncesi deri sıcaklıklarının test sonuçlarına yanıtıcı bir etkisi olamayacağını göstermektedir. Egzersiz sırasında ilk sekiz dakikadaki düşüş, VO_{2maks} testinde %6,9 ve SE'de %6,5'tir. SE'de, devam eden sürelerde T_{deri} egzersizin sonuna kadar arttı (Grafik 1). VO_{2maks} testinde ise sekizinci dakika ile testin son basamağı olan 10. dakika arasında anlamlı bir fark gözlemlenmedi (Grafik 5). Bu durum T_{deri} 'nin düşüş eğiliminin bittiğini göstermektedir. Test devam ettirebilseydi, T_{deri} muhtemelen submaksimal egzersizde olduğu gibi yükselişe geçecekti. Egzersizlerdeki ilk sekiz dakikasına kadar olan T_{deri} 'deki azalma, henüz deri kan akımının gerekli düzeye ulaşmaması (50) nedeniyle, egzersiz sırasında üretilen ısı enerjinin vücuttan uzaklaştırmasında iletim ve taşınma yollarının yetersiz kalması ve ısı düzenleme yöntemi olarak daha çok buharlaşma ile gizli ısı kaybının oluşmasından kaynaklanmaktadır. Ancak bu sistem, $T_{iç}$ yaklaşık $37,4^{\circ}C$ 'yi geçtikten sonra deri kan akımının artması ile deri yüzeyindeki sıcaklıkta etkili olmaktadır.

Egzersiz sırasında artan deri kan akımının amacı, iç bölgelerde oluşan ısıyı deri yüzeyine ileterek buradan ısı transferini sağlamaktır. Deri kan akımı egzersizin şiddetine ve $T_{iç}$ değişimine bağlı olarak artmaktadır. Normal koşullarda vazokonstriksiyon sisteminin aktif olması nedeniyle deri kan akımı stabildir. Vazodilatasyon sisteminin aktif olabilmesi içinse $T_{iç}$ 'in yükselmesi gerekmektedir. Deri kan akımının başlangıç düzeyi egzersiz şiddeti ile ilişkilidir ve yaklaşık $37^{\circ}C$ 'den sonra aktif hale gelmektedir (49). Zelis ve ark. (1969) çalışmasında, deri kan akımının, üç farklı şiddetteki (40-330 W) egzersiz sırasında ilk üç dakikasında azaldığını, daha sonrasında artışa geçtiğini göstermiştir (96). Kenny ve ark. (1991)

orta şiddetli egzersiz sırasında (100 W) deri kan akımının dördüncü dakikadan sonra artmaya başlayıp 20. dakikada en yüksek seviyesine ulaştığını; egzersize başladıktan sonra artışa geçme nedenininse, $T_{iç}$ 'in yaklaşık $37,2^{\circ}C$ 'yi geçtikten sonra, termoregülasyonun etkilenmesi ve vazokontrikte sistemin inaktif duruma geçtikten sonra deri kan akımının artmaya başlaması olduğunu göstermiştir (50). Brengelmann ve ark. (1977) ile Alonso ve ark. (1999) benzer şekilde $T_{iç}$ $37^{\circ}C$ 'yi geçtikten sonra deri kan akımının artmaya başladığını göstermişlerdir (36, 10).

Torii ve ark. (1992) ısı kamera kullanarak T_{deri} ölçtükleri çalışmalarında, 50-150 W değişen yüklerle, dokuz dakika boyunca egzersizin başından sonuna kadar T_{deri} 'nin düştüğünü göstermişlerdir (89). Clark ve ark. (1980) ısı kamera kullanarak T_{deri} ölçtüğü çalışmada, 90 dakikalık koşu boyunca, T_{deri} 'de ilk 20 dakikada düşüş sonrasında yükseliş olduğunu göstermişlerdir (19). Nakayama ve ark. (1981) benzer şekilde ısı kamera kullanarak T_{deri} ölçtükleri çalışmalarında, bisiklet ergometresinde 10 dakikalık düşük, orta ve yüksek yüklü egzersizlerde önkol, göğüs ve karın bölgesindeki T_{deri} 'de egzersiz boyunca düşüş göstermişlerdir (63). Alonso ve ark. (1999) sıcak havada bisiklet ergometresi ile gerçekleştirilen egzersizde, deri üzerine temas eden termistörler aracılığıyla yapılan T_{deri} ölçümleri değerlendirildiğinde, T_{deri} 'nin egzersizin başından sonuna kadar yükseldiğini göstermiştir (36). Tatterson ve ark. (2000) görece sıcak ve termonötral havada bisiklet ergometresi ile gerçekleştirilen 30 dakikalık zamana karşı egzersizde, termistörler aracılığıyla ölçülen T_{deri} değişimlerinin aynı egzersiz seansları içerisinde benzer olduğunu göstermiştir (86). Tucker ve ark. (2004) sıcak ve soğuk havada bisiklet ergometresi ile 20 km zamana karşı gerçekleştirilen egzersiz sırasında, termistörler aracılığıyla ölçülen T_{deri} 'de hafif artışlar gözlemlenmiş ve sıcaklığın korunduğunu göstermişlerdir

(90). Literatürdeki, egzersiz sırasında T_{deri} 'de oluşan bu farklı sonuçlar muhtemelen farklı ölçüm tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Bizim çalışmamıza benzer olarak T_{deri} 'de egzersiz başında düşüş gözlenen çalışmalar, T_{deri} 'yi belirlemede ısı kamera kullanan çalışmalardır (89, 19, 63). Buono ve ark. (1998) üç hava koşulunda (23°C, 35°C ve 42°C) yapılan 30 dakikalık yürüyüş egzersizi sırasında, deriye temas eden termistörler ile akrilik halka kullanılarak kaplanmamış termistörün doku ve çevre arasında hava alışverişine izin veren özel bir yöntem kullanmıştır. Deri sıcaklık farklılıklarını incelendiğinde, deriye temas eden termistörler diğer yöntemlere göre daha büyük deri sıcaklığı yanıtı ölçtüğünü göstermişlerdir (13). Bu, deri üzerine temas eden termistörler aracılığıyla ölçülen T_{deri} 'nin deri yüzeyinden ısı transferini zorlaştırdığını ve bu yolla yapılan ölçümlerin güvenilir olmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca bu yöntem ilgili bölgede sadece ufak bir noktanın sıcaklığını göstermektedir ve sadece ilgili bölgeye ait bir fikir verebildiğini düşündürmektedir.

SE ve $VO_{2\text{maks}}$ testi sırasındaki KAH yanıtlar incelendiğinde, benzer süreler içerisinde $VO_{2\text{maks}}$ testi sırasında anlamlı olarak daha büyük KAH değerlerine ulaşıldı ($p \leq 0.05$) (Grafik 10). $VO_{2\text{maks}}$ testi sırasındaki KAH yanıtının yüksek bulunmasının nedeni, kullanılan yüklerin çok daha yüksek kardiyak çıktı gerektirmesidir. Mekanik verimlilik ortalaması; SE sırasında %19,4 ve $VO_{2\text{maks}}$ testi sırasında %23,9 olarak bulundu (Grafik 11, 12). $VO_{2\text{maks}}$ testinin son basamağında ise en yüksek mekanik verimliliğe %25,9 olarak ulaşıldı ($p \leq 0.05$). Son basamakta en yüksek mekanik verimliliğe ulaşılması, artan mekanik iş miktarına rahmen metabolik değerlerin de daha yüksek miktarlarda atmaya devam ettiğini göstermektedir. SE sırasındaki değişim de farklı değildir ($p > 0.05$). %60 VO_2 'ye denk gelen yük ile

yapılan egzersiz için metabolik değerin artış göstermemesi, metabolik eşiğin altında bir egzersiz yükü olmasından kaynaklanmaktadır.

Buchfuhrer ve ark. (1983) alışmasında, 8-12 dakika odaklı bitkinlik protokolünün VO_{2maks} 'a ulaşmada en uygun süreler olduğunu göstermiştir (12). Bu çalışmasından sonra, test sürelerinin konu edildiği birçok çalışma, 5-26 dk gibi oldukça geniş bir aralık üzerinde durmuştur. Yoon ve ark. (2007) sekiz erkek ve sekiz bayan orta ve yüksek düzeyde antrene sporcuda yaptığı; 5, 8, 12, 16 dakika odaklı çalışmada, 8 dakikalık test protokolü diğer protokollerden anlamlı olarak yüksek VO_{2maks} ölçülmüştür (95). 16 dakika ve üzeri tükenme odaklı protokoller genellikle anlamlı düzeyde daha düşük VO_{2maks} ölçülmüştür (95, 48, 92). Aydınoğlu ve ark. (2013) henüz yayınlanmamış makalesinde 4, 6, 10, 16 tükenme süresi odaklı testlerde, en yüksek VO_{2maks} 'a, 6 dakika odaklı testlerde ulaşıldığını göstermişlerdir. Çalışmamızda VO_{2maks} testi sırasında sekizinci dakikadan sonra termoregölasyonun etkilendiği gösterildi. Alonso ve ark (2003) katılımcıların sonunda tükendiği 8 dakika odaklı sabit yüklü egzersiz sırasında aktif iskelet kaslarına olan kan akımının altıncı dakikadan sonra düştüğünü göstermiştir (35). Tüm bu veriler ölçülecek 1 mL'nin bile önemli olduğu VO_{2maks} testlerinin, 8 dakikadan uzun olmaması gerektiğini düşündürmektedir.

Çalışmamızın ana bulgusu; fitness düzeyi ve yağ oranı farklı olan katılımcı grubumuzun (Tablo 2) SE'de, T_{deri} 'nin, oluşturulan regresyon formülleri ile tüm katılımcıların uyumlu değişim gösterdiğinin ortaya koyulmasıdır (Tablo 5)(Grafik 4).

BÖLÜM V

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada egzersiz sırasında insan vücudunun ısı davranışı incelenmiş, termoregülatör sistem içerisinde T_{deri} 'nin önemi araştırılmıştır. Submaksimal egzersizlerde T_{deri} 'nin, farklı antrenman düzeylerinde ve farklı vücut kompozisyonuna sahip katılımcılar arasındaki değişiminin benzer olması ve egzersiz süresince takip edilmesi gereken bir parametre olduğunu ortaya koyan literatürdeki ilk çalışmadır. Böylece çalışmanın hipotezi doğrulanarak, iç sıcaklık gibi deri sıcaklığının da egzersiz yükü altında önemli bir parametre olduğu gösterildi.

Diğer önemli sonuç ise SE'de $VO_{2\text{maks}}$ testine oranla 2,14 katı fazla ısı enerjisinin açığa çıkmasına rağmen, her iki egzersiz seansı sonunda ölçülen $T_{\text{iç}}$ düzeyinde fark olmamasıydı. Bu sonuç submaksimal egzersizde ısı düzenlemenin daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu bilgi yüksek sıcaklıktaki müsabaka ortamlarına adaptasyon uygulamalarında ilk günlerde egzersiz şiddetinin submaksimal olması ve adapte oldukça egzersiz şiddetinin arttırılması gibi müsabaka performansını etkileyebilecek uygulamalara katkı sağlayacaktır.

$T_{\text{iç}}$ değerinin $37,4^{\circ}\text{C}$ 'e ulaştığı andan itibaren (~8.dakika) deri sıcaklığın aktif bölgedeki düşüşün durması ve artmaya başlaması, literatürdeki maksimal egzersiz sırasında aktif kaslara giden kan miktarının yaklaşık 6. dakikadan itibaren azalması bilgisini doğrulamaktadır. Bu bilgi $VO_{2\text{maks}}$ test protokollerinin, potansiyel $VO_{2\text{maks}}$

düzeylerine ulaşılmasını termoregülatör etkiden dolayı engelleyebileceğinden sekiz dakikadan uzun olmaması gerektiğini düşündürmektedir. Sonraki çalışmalarda $T_{iç}$, T_{deri} ve deri kan akımının ölçümlerinin birlikte ölçülmesi ile bu varsayım sınanarak son dönemde popüler olan VO_{2maks} protokollerine yeni bir bakış açısı kazandırabilecektir.

Devam edecek çalışmalarda yüksek yenilenme hızına sahip bir ısı kamera kullanılarak aktif bölgelerin de T_{deri} değerinin belirlenmesinin dâhil edilmesi ve T_{deri} 'yi belirlemede ısı kamera ile daha geniş alan çizimi yapılarak hesaplanacak değerlerin daha geçerli ve istikrarlı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ölçüm sıcaklığının arttırılması ve mekanik bisiklet ergometresi yerine daha hassas güç çıktısına sahip elektromanyetik bisiklet ergometresi kullanımı da çalışmayı derinleştirecektir. Çalışmadaki en önemli sınırlılıklardan birisi olan, deney odası hava şartlarını kararlı hale getirmedeki zorluklarda, otomasyon sisteminin dâhil edilmesiyle çözümlenmesi gerekmektedir. Protokollerdeki tüm ölçümlerin, egzersiz öncesi ve sonrasında incelenmesiyle, insan vücudunun egzersiz yükü altındaki ısı davranışına ilişkin daha ayrıntılı çalışma yapma şansı olacaktır.

BÖLÜM VI

MAKSİMAL VE SUBMAKSİMAL EGZERSİZLERDE İNSAN VÜCUDUNUN ISIL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

İnsan vücudunun egzersiz sırasındaki termoregülasyonu son yıllarda popüler bir konu haline gelmiştir. Yoğun ve şiddetli egzersiz sırasında vücut iç sıcaklığının ($T_{iç}$) en önemli sınırlayıcı faktörlerden biri olduğu bilinmektedir. Egzersiz sırasında $T_{iç}$ yaklaşık $37,4^{\circ}\text{C}$ 'yi geçtikten sonra deri kan akımının artmasıyla ısı transferi artmaya başlamaktadır. Deri sıcaklığı (T_{deri}), istirahat durumunda $T_{iç}$ 'in ideal sınırlar içerisinde kalmasını sağlayan en önemli regülatördür. Bu çalışmanın amacı ısıl kamera kullanılarak ölçülen T_{deri} 'nin maksimal oksijen kullanım kapasitesi ($\text{VO}_{2\text{maks}}$) testinde ve 20 dakikalık $\%60\text{VO}_{2\text{maks}}$ düzeyine den gelen submaksimal egzersiz (SE) seansları sırasındaki ısıl davranışını incelemektir. Çalışmaya $54\pm 9,9 \text{ mL}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{maks}}$ değerine sahip orta düzey antrenmanlı 11 erkek sporcu gönüllü olarak katıldı ($22,2\pm 3,7$ yaş; $181\pm 6,3\text{cm}$ boy; $73,8\pm 6,9\text{kg}$ ağırlık). Çalışma, sıcaklık ve bağıl nemin kontrol edilebildiği, kademeli taze hava beslemesinin sağlandığı bir iklimlendirme odasında bisiklet ergometresi kullanılarak gerçekleştirildi. Katılımcıların SE sırasında T_{deri} değişimlerinin ilişkili olduğunu gösterdi ($p\leq 0,05$). SE ve $\text{VO}_{2\text{maks}}$ testi seansının sekizinci dakikası civarına kadar T_{deri} değerleri tedrici olarak azaldı ($p\leq 0,05$). Sekizinci dakikadan itibaren SE sonuna kadar T_{deri} sürekli olarak tüm katılımcılarda arttı ($p\leq 0,05$). SE'de $\text{VO}_{2\text{maks}}$ testine oranla ısıl düzenlenmenin daha başarılı olduğu gösterildi ($p> 0,05$). $T_{iç}$ 'te her iki egzersiz seansında da, tüm ölçüm basamağında anlamlı düzeyde artışlar gözlemlendi ($p\leq 0,05$). Sonuç olarak, bu çalışma, T_{deri} 'nin egzersiz boyunca takip edilmesi gereken bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

INVESTIGATE OF HUMAN THERMAL BEHAVIOR DURING SUBMAXIMAL AND MAXIMAL EXERCISE

ABSTRACT

Thermoregulation of human body during exercises has recently become a popular issue. It is known that during high intensity exercises, human core temperature (T_{core}) is one of the most important limiting factors. During exercise, when the T_{core} reaches $\sim 37.4^{\circ}\text{C}$, heat transfer starts to increase as a result of the rise in skin blood flow. Skin temperature (T_{skin}) is a regulator that provides T_{core} to maintain within the ideal limits. The aim of this study was to examine thermal behavior of T_{skin} by using a thermal camera, during maximal oxygen uptake (VO_{2max}) test and 20 minutes submaximal exercise corresponding to $\%60VO_{2max}$ level. 11 moderately trained male athletes ($\dot{V}O_{2max}$ $54\pm 9.9\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) have volunteered to the study (22.2 ± 3.7 age; $181\pm 6.3\text{cm}$ height; 73.8 ± 6.9 kg weight). Study protocol has carried out by using a cycle ergometer in climatic chamber which gradually provides fresh air supply and ability to control the temperature and relative humidity. It is showed that there is a relation in T_{skin} changes of the participants in submaximal exercises ($p\leq 0.05$). It was observed that lowest T_{skin} values revealed at 8th minute in both submaximal exercise and VO_{2max} tests ($p\leq 0.05$), and gradually increased throughout submaximal exercise ($p\leq 0.05$). Also, it is showed that thermoregulation is better in submaximal exercise ($p> 0.05$). While, T_{core} continuously increased throughout submaximal exercise and VO_{2max} tests ($p\leq 0.05$). In conclusion, results were showed that T_{skin} is an important parameter should be monitored throughout exercise.

BÖLÜM VII

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. A.M.J. van Ooijen, W.D. van Marken Lichtenbelt, K.R. Westerterp (2001). Individual differences in body temperature and the relation to energy expenditure, The influence of mild cold. *J Therm Biolgy* 26, 455-459
2. A.M.J. van Ooijen, W.D. van Marken Lichtenbelt, A.A. van Steenhoven, K.R. Westerterp, (2004). Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans, *Physiol behave*, 2-3, 545-553
3. A.M.J. van Ooijen, W.D. van Marken Lichtenbelt, A.A. van Steenhoven, K.R. Westerterp, (2005). Cold induced heat production preceding shivering, *Br J Nutr* 93;3, 387-391
4. Abbiss CR, Burnett A, Nosaka K, Green JP, Foster JK, Laursen PB (2010). Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial *J Sports Sci.*; 28(2):117-25
5. Abbiss CR, Peiffer JJ, Peake JM, Nosaka K, Suzuki K, Martin DT, Laursen PB (2008). Effect of carbohydrate ingestion and ambient temperature on muscle fatigue development in endurance-trained male cyclists, *J Appl Physiol*; 104(4):1021-8.
6. Anonymous. Glossary of Terms for Thermal Physiology. (2001). *Jpn J Physiol*, 51:245-80.

7. Avcı A, Yiğit A. (1992) Değişik giysilerin ısı ve kütle transferi özelliklerinin insan konforu açısından incelenmesi, 2. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, 165-174.
8. Bennett, A. F. (1985). Temperature and muscle. *Journal of Experimental Biology*, 115(1), 333-344.
9. Benzinger TH. Heat regulation: Homeostasis of Central Temperature in Man. (1969). *Physiol Rev*, 49:671–759
10. Brengelmann GL, Johnson JM, Hermansen L, Rowell LB. (1977). Altered control of skin blood flow during exercise at high internal temperatures. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.*;43(5):790-4.
11. Bruck K, Olschewski H (1987). Body temperature related factor diminishing the drive to exercise. *Can J Physiol Pharmacol*, 65:1274-1280
12. Buchfuhrer, M.J., Hansen, J.E., Robinson, T.E., Sue, D.Y., Wasserman K., Whipp B.J. (1983). Optimizing The Exercise Protocol For Cardiopulmonary Assessment, *J Appl Physiol*; 55 : 1558 – 1564
13. Buono, M. J., & Ulrich, R. L. (1998). Comparison of mean skin temperature using covered 'versus uncovered' contact thermistors. *Physiological measurement*, 19(2), 297.
14. Buono, M. J., Jechort, A., Marques, R., Smith, C., & Welch, J. (2007). Comparison of infrared versus contact thermometry for measuring skin temperature during exercise in the heat. *Physiological measurement*, 28(8), 855.
15. Burdon C, O'Connor H, Gifford J, Shirreffs S, Chapman P, Johnson N.(2010). Effect of drink temperature on core temperature and endurance cycling performance in warm humid conditions, *J Sports Sci.*;28(11):1147-56

16. Bynum, G. D., Pandolf, K. B., Schuette, W. H., Goldman, R. F., Lees, D. E., Whang-Peng, Atkinson ER, Bull JM. (1978). Induced hyperthermia in sedated humans and the concept of critical thermal maximum. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 235(5), R228-236.
17. Byrne C, Lee JK, Chew SA, Lim CL, Tan EY. (2006). *Med Sci Sports Exerc.*;38(5):803-10.
18. Cheung, Stephen S. (2007). Hyperthermia and voluntary exhaustion: integrating models and future challenges, *Appl Physiol Nutr Metab.*; 32(4):808-17.
19. Clark, R. P., & Stothers, J. K. (1980). Neonatal skin temperature distribution using infra-red colour thermography. *The Journal of physiology*, 302(1), 323-333.
20. Çengel Y. (2003). *Heat Transfer, a Practical Approach*, (3rd Ed.). Singapora: McGraw-Hill
21. Çengel Y. and Boles M. (2006). *Thermodynamics: An Engineering Approach*, (5th Ed.). Singapora: McGraw-Hill.
22. DuBois, D. ve E.F. DuBois (1916) A formula to estimate approximate surface area, if height and weight are known. *Archives of Internal Medicine* 17: 863-871.
23. Dubois, M., Coppola, R., Buchsbaum, M. S., & Lees, D. E. (1981). Somatosensory evoked potentials during whole body hyperthermia in humans. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 52(2), 157-162.
24. Dubois, M., Sato, S., Lees, D. E., Bull, J. M., Smith, R., White, B. G., Moore H., Macnamara, T. E. (1980). Electroencephalographic changes during whole body

- hyperthermia in humans. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 50(5), 486-495.
25. Ely BR, Chevront SN, Kenefick RW, Sawka MN (2010). Aerobic performance is degraded, despite modest hyperthermia, in hot environments *Med Sci Sports Exerc.*; 42(1):135-41
26. Ely BR, Ely MR, Chevront SN, Kenefick RW, Degroot DW, Montain SJ.(2009). Evidence against a 40 degrees C core temperature threshold for fatigue in humans, *J Appl Physiol*; 107(5):1519-25.
27. Fanger PO. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *Br J Ind Med* 30: 313-324
28. Febbraio MA, Murton P, Selig SE, Clark SA, Lambert DL, Angus DJ, Carey MF (1996). Effect of CHO ingestion on exercise metabolism and performance in different ambient temperatures. *Med Sci Sports Exerc* 28:1380–1387
29. Febbraio MA, Snow RJ, Stathis CG, Hargreaves M, Carey MF, (1996). Blunting the rise in body temperature reduces muscle glycogenolysis during exercise in humans, *Exp Physiol.*;81(4):685-93.
30. Febbraio MA. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat, *Exerc Sport Sci Rev.* 2000 Oct;28(4):171-6.
31. Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M., & Carey, M. F. (1994). Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 77(6), 2827-2831.
32. Frisancho, A. R. (1981). *Human adaptation: a functional interpretation*. Ann Arbor, The University of Michigan Press.

33. Gaesser, G. A., & Brooks, G. A. (1975). Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. *Journal of applied physiology*, 38(6), 1132-1139.
34. Galloway SD, Maughan RJ, (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(9), 1240-1249.
35. Gonzales-Alonsa J, Calbet JAL, (2003). Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation* 107:864-830
36. Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat, *J Appl Physiol* 86:1032–1039
37. González-Alonso J, Calbet JA, Nielsen B, (1998). Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol.* 15;513 (Pt 3):895-905.
38. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF.(1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* (4):1229-36.
39. H, L. G. C. E., EDHOLM, O. G., FOX, R. H., WOLFF, H. S., HERVEY, G. R., HAMMOND, W. H., TANNER, J. M. and WHITEHOUSE, R. H. (1960). A physiological study of channel swimming, *Clinical Science*, 19, 257 ± 273.
40. Hardy, J.D., H.G. Wolf, and H. Goodell (1952). *Pain Sensations and reactions*. Williams and Wilkins, Baltimore.

41. Hensel, H. 1981 (1981). *Thermoreception and temperature regulation*. Academic Press, London.
42. Hershler, C., Conine, T. A., Nunn, A., & Hannay, M. (1992). Assessment of an infra-red non-contact sensor for routine skin temperature monitoring: a preliminary study. *Journal of medical engineering & technology*, 16(3), 117-122.
43. Huang J, Xu W. (2006). A New Practical Unit for the Assessment of the Heat Exchange of Human Body with the Environment. *Journal of Thermal Biology* 31: 24–29.
44. Humphreys, P. W., & Lind, A. R. (1963). The blood flow through active and inactive muscles of the forearm during sustained hand-grip contractions. *The Journal of physiology*, 166(1), 120-135.
45. ISO (1994). ISO Standard 7730: Moderate thermal environments: Determination for the PMV and PPD indices and specification for the conditions for thermal comfort.
46. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (2004). Generalized equations for predicting body density of men. 1978. *The British journal of nutrition*, 91(1), 161.
47. José González-Alonso, Craig G Crandall, and John M Johnson (2007). The cardiovascular challenge of exercising in the heat, *The Journal of Physiology*; 586(Pt 1): 45–53.
48. Kang, J., Chaloupka, E. C., Mastrangelo, M. A., Biren, G. B., & Robertson, R. J. (2001). Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *European journal of applied physiology*, 84(4), 291-295.

49. Kenney WL, Johnson JM. (1992). Control of skin blood flow during exercise. *Med Sci Sports Exerc.*;24(3):303-12.
50. Kenney, W. L., Tankersley, C. G., Newswanger, D. L., & Puhl, S. M. (1991). Alpha 1-adrenergic blockade does not alter control of skin blood flow during exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*,260(3), H855-H861.
51. Kerslake, D.M., 1972, *The Stress of Hot Environment*, Cambridge: Cambridge University Press.
52. Klausen K, Dill DB, Phillips EE Jr, McGregor D (1967). Metabolic reactions to work in the desert. *J Appl Physiol* 22:292–296
53. L B Rowell, H J Marx, R A Bruce, R D Conn, and F Kusumi (1966). Reductions in cardiac output, central blood volume, and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. *J Clin Invest*; 45(11): 1801–1816
54. Lecher N (1990). *Heating, Cooling, Lighting: design methods for architects*. New York, John Wiley & Sons.
55. LEDINGHAM, I. M., MACVICAR, S., WATT, I. and WESTON, G. A. (1982). Early resuscitation after marathon collapse, *13;2(8307):1096-7*
56. Lee JK, Nio AQ, Lim CL, Teo EY, (2010) Byrne C. *Eur J Appl Physiol*: 109(5):887-98
57. Levine BD. Vo₂max: What do we know, and what do we still need to know? (2008). *J Physiol*, 586: 25-34
58. McIntyre (1980). *Indoor climate*, Applied Science Publishers Ltd, London.
59. McKenzie, J. E., and D. W. Osgood. "Validation of a new telemetric core temperature monitor." *Journal of Thermal Biology* 29.7 (2004): 605-611.

60. McIntyre DA (1980). Indoor climate. London , Applied Science Publishers p:11-15.
61. Mündel, Toby, et al. (2006). Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Experimental physiology* 91.5 925-933.
62. N. Çelik, Y. Bayazıt, (2008). “İnsan Vücudunun Modellenmesinde Kişisel Değişikliklerin Termo-Regülasyon Üzerindeki Etkileri”, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 28, 17-22.
63. Nakayama, T., Ohnuki, Y., & Kanosue, K. (1981). Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *The Japanese journal of physiology*, 31(5), 757.
64. Necati Akgün, (1994). *Egzersiz ve spor fizyolojisi*, Ege Üniversitesi Basım evi, 5. Baskı, 1.Cilt
65. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *The Journal of physiology*, 460(1), 467-485.
66. Nielsen B, Savard G, Richter EA, Hargreaves M, Saltin B. (1990). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress, *J Appl Physiol*; 69(3):1040-6.
67. Nishi Y. (1981) Measurement of thermal balance of man. *Bioengineering Thermal Physiology and Comfort*. K. Cena ve J.A. Clark, eds. Elsevier, New York.
68. NOAKES, T. D. (1995). Dehydration during exercise - what are the real dangers? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 5, 123 ± 128.

69. Nybo L, Jensen T, Nielsen B, Gonzalez-Alonso J (2001). Effects of marked hyperthermia with and without dehydration on VO₂ kinetics during intense exercise. *J Appl Physiol*, 90:1057–1064
70. Olesen, B. W., & Brager, G. S. (2004). A better way to predict comfort: The new ASHRAE standard 55-2004. Center for the Built Environment.
71. Ö. Kaynaklı, R. Yamankaradeniz (2003). Anlık Enerji Dengesi ile Isıl Konfor Şartlarının Simulasyonu. *F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Der.* 15 (4), 601-612.
72. Parsons KC (2003). *Human Thermal Environments*, Taylor and Francis, London.
73. Parsons, K. C. (2005). *Human thermal environments*. New York, Taylor & Francis.
74. Périard JD, Cramer MN, Chapman PG, Caillaud C, Thompson MW (2011). Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat *Exp Physiol.*; 96(2):134-44.
75. Pirnay F, Deroanne R, Petit JM (1970). Maximal oxygen consumption in a hot environment. *J Appl Physiol* 218:642–645
76. Plasqui G, Kester AD and Westerterp KR (2003). Seasonal variation in sleeping metabolic rate, thyroid activity, and leptin. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 285: E338-34
77. Ravussin E, Bogardus C (1989). Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization, *Am J Clin Nutr.*;49(5 Suppl):968-75

78. Rowell LB, Brengelmann GL, Murray JA, Kraning II KK, Kusumi F (1969). Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercise. *J Appl Physiol* 26:395–402
79. Rowell LB. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress, *Physiol Rev*;54(1):75-159
80. Sargeant AJ (1987) Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *Eur J Appl Physiol* 56:693–698
81. Sawka MN, Wenger CB (1998). Physiologic response to acute exercise heat stress. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. IN: Benchmark Press, 97-151.
82. Sawka MN, Young AJ, Cadarette BS, Levine L, Pandolf KB (1985). Influence of heat stress and acclimation on maximal aerobic power. *Eur J Appl Physiol* 53:294–298
83. Schlader ZJ, Prange HD, Mickleborough TD, Stager JM. (2009). Characteristics of the control of human thermoregulatory behavior. *Physiol Behav*, doi:10.1016/j. physbeh.2009.09.002
84. Sigurbjörn A Arngrimsson, Darby S. Petitt Fabio Borrani, Kristie A. Skinner, Kirk J. Cureton, (2004). Hyperthermia and maximal oxygen uptake in men and women *Eur J Appl Physiol*, 92: 524–532
85. Stanley J, Leveritt M, Peake JM (2010). Thermoregulatory responses to ice-slush beverage ingestion and exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Dec;110(6):1163-73

86. Tatterson AJ, Hahn AG, Martin DT, Febbraio MA, (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists *J Sci Med Sport.*; 3(2):186-93
87. Timothy David Noakes (2000). Exercise and the cold, *Ergonomics*, 43:10, 1461-1479
88. Tipton, C. M. (Ed.). (2006). *ACSM's advanced exercise physiology* (No. 143). Lippincott Williams & Wilkins.
89. Torii, M., Yamasaki, M., Sasaki, T., & Nakayama, H. (1992). Fall in skin temperature of exercising man. *British journal of sports medicine*, 26(1), 29-32.
90. Tucker R, Rauch L, Harley YX, Noakes TD (2004). Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment, *Pflugers Arch.*; 448(4):422-30.
91. Werner J. (2010) System properties, feedback control and effector coordination of human temperature regulation. *Eur J Appl Physiol*, 109(1):13-25
92. Weston SB, Gray AB, Schneider DA, Gass GC, (2002). Effect of ramp slope on ventilation thresholds and $\dot{V}O_{2peak}$ in male cyclists, *Int J Sports Med*; 23: 22-7
93. Williams CG, Bredell AG, Wyndham CH, Strydom NB, Morrison JF, Peter J, Fleming PW, Ward JS (1962). Circulatory and metabolic reactions to work in the heat. *J Appl Physiol* 17:625–638
94. Wissler EH, (1998). Pennes' 1948 paper revisited, *J Appl Physiol*; 85(1):35-41
95. Yoon, B.K., Kravitz, L., Robergs, R. (2007). $\dot{V}O_{2max}$, Protocol Duration, And The $\dot{V}O_{2}$ Plateau, *Med Sci Sports Exerc* ; 39 : 1186 – 1192
96. Zelis, R., Mason, D. T., & BRAUNWALD, E. (1969). Partition of blood flow to the cutaneous and muscular beds of the forearm at rest and during leg exercise in

normal subjects and in patients with heart failure. *Circulation Research*,24(6), 799-806.

97. Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E., & Yu, T. (2001). Considering individual physiological differences in a human thermal model. *Journal of thermal biology*,26(4), 401-408.

EKLER

EK 1: ETİK KURUL RAPORU

ETİK KURUL ONAYI

EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA ETİK KURULU
RESEARCH ETHICS COMMITTEE OF MEDICAL FACULTY, EGE UNIVERSITY
Bornova, İZMİR-TÜRKİYE

ARAŞTIRMA BAŞVURUSU ONAYI

BAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU					
	PROTOKOL ADI	Egzersiz Fizyolojik Yanıtının Non-İnvaziv ve Gerçek Zamanlı Analizini Vücutta Aparat Takılmaksızın Gerçekleştiren Bir Sistem Tasarımı.				
	SORUMLU ARAŞTIRICI UNVANI/ ADI	Prof. Dr. B. Muzaffer ÇOLAKOĞLU				
	ARAŞTIRMA MERKEZİ	EÜ, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Eğitimi Bölümü				
DESTEKLEYİCİ FIRMA	-					
FAZİ	-					
DEĞERLENDİRİLEN İLGİLİ BELGELER	Bölge Adı	Tarih / Döngü No. 22	Dil			
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	21.02.2009	Türkçe			
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖRÜLLÜ OLURU OLGU RAPOR FORMU		Türkçe			
KARAR BİLGİLERİ	Karar No : 09-3/18	Tarih : 02.03.2009				
	Fakültemizde yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekece, amaç, yatkınlık ve yöntemler dikkate alınarak incelenmiş, araştırmaya ilişkin güdülerin gönüllüye ve/veya bağılı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödetilmediği koşullarda gerçekleştirilmesinde sakınca olmadıkça oy birliği ile karar verilmiştir.					
ETİK KURUL BİLGİLERİ						
ÇALIŞMA ESASI	[YI KLİNİK UYGULAMALAR KILAVUZU]					
ÜYELER						
Unvanı / Adı / Soyadı EK (yığı)	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İlgi (*)	Kabul (**)	İmza
Prof. Dr. Kaan KAVAKLI Başkan	Çocuk Sağlığı Hast. ve Çocuk Kon Hast.	E.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hast.AD.	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Doç. Dr. Aytekin ÖNAL Başkan Yardımcısı	Farmakoloji	E.Ü.T.F. Farmakoloji AD.	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Prof. Dr. Müge TUNÇYÜREK Üye	Patoloji	E.Ü.T.F. Patoloji AD.	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Prof. Dr. Mehmet UYAR Üye	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	E.Ü.T.F. Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Doç. Dr. Fısun AKDENİZ Üye	Pakiyatri	E.Ü.T.F. Pakiyatri AD.	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	TOPLANTIYA KATILMADI
Doç. Dr. Kenan AKSU Üye	Romatoloji	E.Ü.T.F. İç Hast. AD, Romatoloji BD.	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Doç. Dr. Yasemin AKÇAY Üye	Biyokimya	E.Ü.T.F. Biyokimya AD.	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Yrd. Doç. Dr. Çağatay ÜSTÜN Üye	Tıp Tarihi ve Deontoloji	E.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Deontoloji	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Yrd. Doç. Ender ŞENOL Üye	Adli Tıp	E.Ü.T.F. Adli Tıp AD.	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Uzm. Ecz. Ebru BEDİR Raporör	Eczacı / Analitik Kimya	E.Ü.T.F. Araştırma Etik Kurulu	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Prof. Dr. Suna TOKSAVUL Üye	Protetik Diş Tedavisi	EÜ Diş Hekimliği Fakültesi	K	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>
Prof. Dr. Bahri ÖZTÜRK Üye	Ceza ve Ceza Muhakemesi Hukuku	İstanbul Kültür Üniversitesi	E	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<i>[Signature]</i>

* Araştırma ile ilgili
** Toplantıda Bulunma

Revizyon Tarihi : 24.06.2005/Ver.no. 2

ASLI GİZLİ
E.Ü.T.F. Araştırma Etik Kurulu / 11
[Signature]

EK 2: BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bu çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme sonrası özgürce vermeniz gerekmektedir. Size özel hazırlanmış bu bilgilendirmeyi lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz.

ÇALIŞMANIN AMACI NEDİR?

Bu projenin amacı, farklı şiddetteki egzersizlerde insan vücudunun ısıl davranışını incelemektir.

KATILMA KOŞULLARI NEDİR?

Bu çalışmaya dahil edilebilmeniz için sigara ve alkol alışkanlığınızın olmaması, en az iki aydır haftada en az 3 gün düzenli dayanıklılık antrenmanı yapmak (6-8 saat/hafta), Fiziksel performansı, enerji metabolizmasını etkileyebilecek yasal veya yasal olmayan ergojenik yardımcı ya da ilaç kullanmıyor olmanız, 18-30 yaş arası erkek olmanız, $45 \text{ mL} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ $\text{VO}_{2\text{maks}}$ düzeyi ve üzerinde aerobik güce sahip olmanız gerekmektedir.

NASIL BİR UYGULAMA YAPILACAKTIR?

Katılımcıların vücut kütleleri ve boy yükseklikleri ölçülecektir. Laboratuvar testleri başlamadan önce 2-4 gün içinde katılımcılar ikişer seans 20 dakikalık bisiklet ergometresine uyum sürecinden geçirilecektir. Sonrasında laboratuvarda aerobik güç testi ve daha sonra aerobik güç testi ile belirlenen $\text{VO}_{2\text{maks}}$ seviyesinin %60'ına denk gelen yük ile 20 dakika submaksimal egzersiz yapılacaktır. Testler sırasında ufak bir ilaç büyüklüğünde bir adet kapsül su ile yutturularak vücut iç sıcaklığı takip edilecektir. Ayrıca termal kamera ile her iki dakikada bir vücudun üst bölümünden fotoğraflar alınarak deri sıcaklıkları tespit edilecektir. Testler sırasındaki laboratuvar şartları $20-22^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve %55-65 bağıl nem aralığında olacaktır. Laboratuvar testlerinde bir gaz analizörü ile solunum havası analiz edilecektir. Katılımcılar laboratuvarda koşu ayakkabısı, kısa çorap ve koşucu şortu ile egzersiz testlerini tamamlayacaklardır.

SORUMLULUKLARIM NEDİR?

Araştırma ile ilgili olarak deneysel test seanslarına katılım öncesi son 24 saat içerisinde yorucu bir egzersiz seansına katılmamak, alkol almamak, test seanslarından en az 2 saat önce kahvaltıyı veya 3 saat önce öğle yemeğini tamamlamış olmak. Bu koşullara uymadığınız durumlarda araştırmacı sizi uygulama dışı bırakabilme yetkisine sahiptir.

KATILIMCI SAYISI NEDİR?

Araştırmada yer alacak gönüllülerin sayısı 11'dir.

KATILIMIM NE KADAR SÜRECEKTİR?

Bu araştırmada yer almanız için öngörülen toplam 5 seans ve her bir seans için yaklaşık olarak 90 dakikadır.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI YARAR NEDİR?

Bu araştırmaya katılımınızın sağlığınız veya fiziksel performansınızı geliştirici bir katkısı yoktur. Ancak laboratuvar ve salon testleri size fiziksel performansınız hakkında önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu bilimsel araştırmaya katılarak, bu araştırmanın sonuçlarından faydalanacak spor bilimcilere, antrenörlere ve sporculara önemli katkılar sağlamış olacaksınız.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI RİSKLER NEDİR?

Ağır egzersize bağlı riskler dışında ilave risk artışı beklenmemektedir. Olası bir sağlık problemine karşın Uzm. Dr. Onur ORAL testler sırasında tıbbi müdahale için hazır bulunacaktır.

ARAŞTIRMA SÜRECİNDE BİRLİKTE KULLANILMASININ SAKINCALI OLDUĞU BİLİNE N İLAÇLAR/BESİNLER NELERDİR?

Fiziksel performansı ve enerji metabolizmasını etkileyebilecek yasal ya da yasal olmayan gıda katkıları veya ilaçlar kullanmamanız gerekmektedir.

HANGİ KOŞULLARDA ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILABİLİRİM?

Sizinle belirlenecek olan test seansı takvimine mazeretsiz ve önceden bildirmeksizin iki kez uymama koşulunda araştırma dışı bırakılabilirsiniz.

HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK/SORUMLULUK KİMDEDİR VE NE YAPILACAKTIR?

Araştırmaya bağlı bir zarar söz konusu olduğunda, bu durumun tedavisi sorumlu araştırıcı tarafından yapılacak, ortaya çıkan masraflar sorumlu araştırıcı tarafından karşılanacaktır.

ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLAR İÇİN KİMİ ARAMALIYIM?

Katılımcı herhangi bir soru için Prof. Dr. B. Muzaffer ÇOLAKOĞLU'na ve Arş. Gör. Görkem Aybars BALCI'ya 0 232 342 57 14 numaralı telefondan ulaşabilir.

ÇALIŞMA KAPSAMINDAKİ GİDERLER KARŐILANACAK MIDIR?

Yapılacak her tür tetkik, fizik muayene ve diğer araştırma masrafları size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kurum veya kuruluşa ödetilmeyecektir.

ÇALIŞMAYA KATILMAM NEDENİYLE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILACAK MIDIR?

Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır.

ARAŞTIRMAYA KATILMAYI KABUL ETMEMEM VEYA ARAŞTIRMADAN AYRILMAM DURUMUNDA NE YAPMAM GEREKİR?

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz.

Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili bilimsel verilerde gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir.

KATILMAMA İLİŞKİN BİLGİLER KONUSUNDA GİZLİLİK SAĞLANABİLECEK MİDİR?

Size ait tüm bilimsel ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde bilimsel bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait bilimsel bilgilere ulaşabilirsiniz.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 2 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bu çalışmada benden elde edilen bilimsel bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyorum ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum.

Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

GÖNÜLLÜNÜN		İMZASI
ADI & SOYADI		
ADRESİ		
TEL. & FAKS		
TARİH		

VELAYET VEYA VESAYET ALTINDA BULUNANLAR İÇİN VELİ VEYA VASİNİN	İMZASI
--	--------

ADI & SOYADI		
ADRESİ		
TEL. & FAKS		
TARİH		

AÇIKLAMALARI YAPAN ARAŞTIRICININ		İMZASI
ADI & SOYADI		
TARİH		

RIZA ALMA İŞLEMİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİNİN		İMZASI
ADI & SOYADI		
GÖREVİ		
TARİH		

ÖZGEÇMİŞ

18.10.1987 tarihinde Hakkari’de doğdum. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul’da tamamladım. Lisans eğitimime 2005 yılında Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda başladım ve 2010 yılında bölüm ve okul birinciliğiyle mezun oldum. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım. Kasım 2012’den beri Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.