

# EGZERSİZ ALTINDA İNSAN VÜCUDUN ISIL DAVRANIŞINA İLİŞKİN DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Görkem Aybars BALCI  
Özgür SOKAT  
Tahsin BAŞARAN  
Muzaffer ÇOLAKOĞLU

## ÖZET

Bu çalışma Ege Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu İklimlendirme Laboratuvarında, sıcaklık ve bağıl nemin kontrol edilebildiği, kademeli taze hava beslemesinin sağlandığı bir deney odasında gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil edilme kriterlerini sağlayan sporcuların egzersiz sırasında, farklı yüklenme şiddetlerinde ısı davranışları ve vücut iç ve dış yüzey sıcaklıklarının ölçümü ile zamana bağlı olarak elde edilmiştir. Bunun için, istenen koşulları sağlayan 5 sporcu seçilmiştir. Bu sporcular deney odasında farklı yüklenmelerin uygulanabildiği bir bisiklet ergometresi kullanılarak iki uyum seansı, bir aerobik güç ( $VO_{2\text{pik}}$ ) test seansı ve submaksimal  $VO_2$  egzersiz test seansı olmak üzere toplam dört seanstan oluşacak şekilde deneysel çalışmaya tabii tutulmuşlardır. Gaz analiz cihazı yardımıyla sporcuların oksijen tüketimleri ve karbondioksit üretimleri ve bunlara bağlı solunumsal değişim oranları (RQ) 2 saniyelik zaman aralıklarında düzenli olarak kontrol edilirken; nabız değişimi, yorgunluk düzeyi gibi parametreler de takip edilmiştir. Ayrıca ısı kamera kullanılarak sporcuların vücutlarının farklı bölgelerinin yüzey sıcaklıkları belirlenmiş ve vücut iç sıcaklıkları da yutulabilir özel sıcaklık sensörlü bir sıcaklık ölçüm sistemi ile deney süresince belli aralıklarla kayıt altına alınmıştır. Böylece sporcunun bisiklet egzersizi sırasında ürettiği toplam enerji gaz analiz cihazı yardımıyla ölçülmüş, bisiklet ergometresinden elde ettiği mekanik enerji verileri de ölçülerek belirlenmiştir. Aradaki fark vücudun ısı davranış değişimlerini yansıtmaktadır. Çalışmanın sonucuna göre;  $VO_{2\text{pik}}$  şiddetinde yapılan bir egzersizde, deneklerin ortalama değerini vermek üzere, metabolizmanın ürettiği toplam enerjinin yaklaşık üçte biri mekanik işi gerçekleştirmede kullanılırken, geri kalan kısmı vücuttan olan duyulur ve gizli ısı transferi ve vücuttaki sıcaklık değişimine bağlı olarak enerjinin depolanması yoluyla dengelenmiştir.  $VO_{2\text{pik}}$ 'in %60'ına tekabül eden egzersiz şiddetinde ise mekanik iş için gerekli olan enerji metabolizmanın ürettiğinin yaklaşık %19'udur. Core sıcaklıklarında  $VO_{2\text{pik}}$  testinde %60 $VO_2$  yüküne göre daha hızlı bir artış gözlenmiştir. Deri sıcaklıklarında ise, %60 $VO_2$  yükünde, ilk bölümlerinde düşüş ve sonrasında yükseliş gözlemlenmiştir.  $VO_{2\text{pik}}$  testinde ise, deri sıcaklığında yükseliş gözlenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** insan vücudunun ısı davranışı, egzersiz,

## ABSTRACT

This study was performed in climatic chamber a test room within the School of Physical Education and Sports of the Ege University. This test room includes the specialties of controlling temperature, relative humidity and integrates a heat recovery system for using fresh air supplement. During the exercise under different loadings, thermal behaviors of athletes were obtained by the measurement of the core and surface temperatures depend on time. Therefore, 5 athletes who achieved the criteria for inclusion were chosen. In this test room, a cycle ergometer was used. These athletes were subjected to an experimental test which consists of a total four session. These sessions were 2 familiarization session, 1 aerobic power ( $VO_{2\text{peak}}$ ) test session and submaximal  $VO_2$  exercise test sessions. The athletes' oxygen consumption and carbondioxide production and respiratory exchange ratios (RQ) were

controlled by using gas analyzer on a 2-second time intervals regularly. The parameters such as heart rate exchange and fatigue level were also monitored. In addition, the body temperatures different surface were determined by using thermal camera and core temperature recorded by using the core body temperature capsules periodically. In this way, during the cycle exercise, athletes' total energy production was measured by gas analyzer, mechanical energy data from cycle ergometer was also calculated. The changes of the body thermal behaviors were calculated by the subtraction of the mechanical energy from the total energy. The result of this study indicate that while approximately one-third of the total energy produced by metabolism was used for performed the mechanical work during an exercise which intensity of  $VO_{2peak}$ , the other part of the energy was balanced by means of sensible and latent heat transfer and thermal storage of the body depends on the body temperature exchange. During exercise intensity of corresponding to 60% of  $VO_{2peak}$ , the amount of energy required to perform the mechanical work was determined approximately 19% of the energy produced by the metabolism. Core temperatures more quickly increased observed in  $VO_{2peak}$  test than %60  $VO_2$  test. Skin temperatures was first part of exercise decreased then increased observed in %60  $VO_2$  test. In  $VO_{2peak}$  tes skin temperatures decreased and no increased observed.

**Key Words:** thermal behaviour of human body, exercise

## 1. GİRİŞ

Temelde bir ısı makinasına benzetilebilecek olan insan vücudu yediği besinlerden elde ettiği enerjiyi, sistemin çalışmasında beyin, karaciğer vb organlar için kullanmakta ve yürüyüş, koşma veya ağırlık kaldırma gibi bedensel aktiviteler için gerekli mekanik işi sağlamaktadır; geri kalan kısım ise çevreye atılmakta ve/veya insan vücudunda pozitif veya negatif olarak ısı enerjisi dönüşmektedir[1]. Ayrıca sistemin çalışması için gerekli enerji de ısıya dönüşerek insan vücudunun ısı davranışının bir parçası olmaktadır. Buna göre besinlerdeki yağlar, karbonhidratlar ve proteinlerin vücuttaki biyokimyasal süreçte yakılması ile ki buna metabolizma adı verilmektedir, açığa çıkan enerji, çoğu zaman eğer bir aktivite yoksa mekanik enerjinin ihmal edilmesi ile tamamen ısıya dönüşmekte ve vücuttan duyulur ve gizli enerji olarak atılmaktadır ve/veya ısı olarak depolanmaktadır. Egzersiz altında insan vücudunun davranışında ise, egzersizin şiddetine bağlı olarak, mekanik enerjinin etkisi ihmal edilemeyecek düzeylere çıkmaktadır. Aynı zamanda egzersiz için gerekli enerjiyi sağlamak için metabolizmada da artış görülmektedir. Laboratuvar veya saha koşullarında fiziksel aktivite sırasındaki metabolik etkinliğin miktarı, üretilen ısı ve mekanik enerjinin hesaplanması veya solunum gazlarının analizi böylece metabolizmanın belirlenmesiyle ölçülebilir. Resmi müsabakalarda veya antrenmanlarda sıklıkla değişen efor şiddetlerine karşı vücudun metabolik etkinliğinin değerlendirilmesi ve nabız değişimi, oksijen tüketimi ( $VO_2$ ), karbondioksit üretimleri ( $VCO_2$ ), solunumsal değişim oranı ( $RQ=VO_2/VCO_2$ ) vb. yanıtlar ile spor dalının fizyolojik ve metabolik gereksinimlerini ortaya koymaya veya sporcunun müsabaka performansının analizine yardım eder [2]. Bu çalışmada, sabit ve farklı egzersiz yüklemeleri altında hesaplanan toplam metabolizma değerini oluşturan mekanik iş ve ısı enerji miktarları saptanmaktadır. Ayrıca egzersiz süresince vücudun ısı davranışına ilişkin veriler toplanarak değerlendirilmiştir. Çalışmaya sağlıklı ve fiziksel olarak aktif beş erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Uyum seanslarının ardından ayrı bir günde, kademeli artan yük testiyle sporcuların kişisel  $VO_{2pik}$  değerleri tespit edilmiştir. Egzersiz şiddeti olarak  $VO_{2pik}$  ve  $VO_{2pik}$ 'in %60'ına denk gelen submaksimal iş yüklerinde süreli egzersiz testleri uygulanmıştır. Sporcuların ısı kamera görüntüleri belirlenmiş aralıklarla kaydedilmiş ve egzersiz süresince yüzey sıcaklıklarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Yutulabilir özellikteki vücut iç sıcaklığını ölçmede kullanılacak hap şeklindeki kapsüllerle telemetrik yolla elde edilen veriler egzersiz altındaki vücut iç sıcaklığındaki değişimleri göstermiştir. Solunum gazlarının analizi ile de kişisel olarak toplam metabolizma değerleri; iki farklı deney için farklı yüklemeler altında geleneksel yolla ölçülmüştür.

## 2. DENEYSSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Katılımcılar

Çalışmaya sağlıklı ve fiziksel olarak aktif beş erkek sporcu gönüllü olarak katıldı. Sporcuların ortalama yaşı 23 (standart sapması 5), boy ortalaması 1,78 m (standart sapması 0.02m), yağ oranı ortalaması %14,7 (standart sapması %4), ortalama yüzey alanı 1,93 m<sup>2</sup> (standart sapması 0.10m<sup>2</sup>) ve ortalama VO<sub>2pik</sub> değeri ise 4,02 l/dak (standart sapması 0.94 l/dak)'dır. Daha geniş bir vücut yüzeyinin termografik görüntülemesi için katılımcılar laboratuvar testlerine sadece şort, kısa çorap ve spor ayakkabı ile alınmıştır. Böylece bisiklet ergometresi ile sporcular şartlandırılmış ortamda deneylere tabii tutulmuşlardır.

### 2.2. Prosedür

#### 2.2.1. Deney Odası

Çalışma Ege Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Laboratuvarından birisinde yer alan bir deney odasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Mekanın soğutması oda içerisinde yer alan buharlaştırıcı ile yapılmaktadır. Isıtma ise odanın üstüne yerleştirilmiş Şekil 1'de görülen elektrikli ısıtıcı ile gerçekleştirilmektedir. Buraya aynı zamanda buharlı bir nemlendirici entegre edilmiştir. Isıtma, soğutma ve nemlendirme süresince taze hava beslemesi yoktur ve bunun için ayrıca bir enerji geri kazanım ünitesi yine odanın üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 1'de görünmeyen tarafta). Deney süresince ortam koşulları; %60VO<sub>2</sub>'lik yükte gerçekleştirilen testlerde, ortalama ortam sıcaklığı 21,7°C (standart sapması 0,65°C) ve ortalama bağıl nem ise %61,6 (standart sapması %1,86) olarak belirlenmiştir. VO<sub>2pik</sub> testinde ise sıcaklık ve bağıl nem, sırasıyla, 21,2°C (standart sapması 0,95°C) ve %68,9 (standart sapması %7,65) olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1. Ege Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Laboratuvarındaki Deney Odası

#### 2.2.2. Sıcaklık, Nem ve Hava Hızının Ölçümü

Deneklerin deri yüzey sıcaklığı değişimlerinin takibi için, 320 x 240 piksel ısı görüntü alabilen, ölçüm aralığı -20°C ile 100°C olan bir infrared ısı kamera kullanılmıştır (Testo 875-1). Termal kamera bisiklet ergometresinin bulunduğu noktaya ön ve arkadan yaklaşık 150 cm mesafeye, işaretlenmiş noktalardan ölçüm alabilecek şekilde konumlandırılmıştır. Vücut iç sıcaklığı tüm test seansları boyunca yutulabilir bir sıcaklık sensörü (Vital Sense, Philips Respironics) ile ölçülerek sistemin

monitöründen incelenerek kaydedilmiştir. Ortam basıncı dijital bir barometre kullanılarak (TFA Dostmann) ortam sıcaklığını ve nemi ise üç adet veri kayıt ölçüm cihazı (Testo 177 – H1) ile ölçülüp kaydedildi. Ortamdaki havanın hızı da bir hız ölçüm ve kaydedici cihazla (Testo 400– H1) gerçekleştirildi.

### 2.2.3. Solunum Gazlarının Ölçülmesi

Testler sırasında  $VO_2$  ve RQ değişimleri Cosmed Quark B2 gaz analizörü kullanılarak değerlendirildi (Cosmed srl). Ortam havasının hava şırıngası ile analizöre verilmesi ile ortam oksijen ve karbondioksit kısmi basınçları taşınmaz gaz analizörü (Cosmed Quark B2, Cosmed srl) ile egzersiz testleri sırasında ölçülerek ortam havasındaki oksijen ve karbondioksit miktarındaki değişimler gözlemlendi.

### 2.2.4. Nabız Ölçümleri

Egzersiz seansı boyunca nabız değişimleri, telemetrik nabız ölçerler kaydedildi. (Polar RS 400, Polar Electro Oy, Kempele).

## 3. DENEYSEL İZLEK DETAYLARI

İstenen koşulları sağlayan 5 denek sırasıyla aşağıdaki prosedürleri gerçekleştirmiş, deneysel sürecin sayısal verileri kayıt altına alınarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Buna göre,

- Uyum Seansları ve Isınma Yüklerinin Belirlenmesi: Katılımcıların deney düzenine, bisiklet ergometresinde, solunum gazları analizörünün ağızlık, burun klipsi gibi parçalarına uyum sağlayabilmesi için ilk deney gününden 2–7 gün önce iki kez uyum seanslarına alınmışlardır. Deney odasının randomize ortam koşullarında, 75 - 150 watt yükünde 20 dakika boyunca nabız,  $VO_2$  ve RER değerleri kaydedilmiştir.
- Sub Aerobik Güç Test Prosedürü: Test, 4 adet beşer dakikalık kademelerden oluşacaktır. Testin başlangıcından itibaren yük artışları; 4:30, 9:30 ve 14:30'uncu dakikalarda yapılacaktır. Test başlamadan önce ve her yük artışından 30 saniye sonra nabız,  $VO_2$  ve RER değerleri kaydedilmiştir ve her kademenin son 15 saniye ortalamaları aerobik güce ait parametrelerin belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Aerobik Güç ( $VO_{2pik}$ ) Test Prosedürü: Testin başlangıcından itibaren yük artışları 4-6-8-10-11-12-13. dakikalarda yapılacaktır. Test kişi 60 rpm üstünde çeviremeyecek duruma gelip tükenen kadar devam edecektir. Test başlamadan önce ve testin her kademesinde nabız,  $VO_2$  ve RER değerleri kaydedilmiş ve her kademenin son 15 saniye ortalamaları aerobik güce ait parametrelerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Test başlangıcında ve yük artışlarından 30 saniye önce termal kamera görüntüleri alınmıştır.
- Submaksimal  $VO_2$  Egzersiz Prosedürü: Aerobik Güç testinde belirlenen %60  $VO_{2pik}$  şiddetinde denk gelen yük ile 20 dakikalık egzersiz yapılacaktır. Her 2 dakikada bir ölçümler alınarak kaydedilmiştir. Ayrıca belirlenen ölçüm zamanında termal kamera ile görüntüleri alınmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Deneysel Çalışma

#### 4. DENEYSEL VE SAYISAL SONUÇLAR

Yapılan deneyler sonucunda farklı egzersiz yüklemeleri altında insan vücudunun ısıl davranışlarına ilişkin veriler toplanmış, metabolizma değerleri ve mekanik iş için harcadıkları birim zamandaki enerji sarfları hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Buna göre metabolik değeri hesaplamak için Nishi (1981) [3] tarafından geliştirilmiş ampirik eşitliği kullanılmıştır.

$$M = [21 (0.23 RQ + 0.77)Q_{O_2}] / A_D \quad (1)$$

Burada M metabolizmadır (metabolik değer) ve birimi  $W/m^2$ 'dir. RQ boyutsuz solunum katsayısıdır ve üretilen  $CO_2$  ile tüketilen  $O_2$  molar değerlerinin oranıdır.  $Q_{O_2}$  ise oksijen tüketim hacimsel debisidir ( $mL/s$ ). RQ ve  $Q_{O_2}$  değerleri gaz analizöründen alınan ölçümler sonucunda belirlenmektedir. Ayrıca metabolik değeri kişisel antropometrik özelliklerden bağımsız hale getirmek için birim yüzey alanının baz alınması gerekliliğinden dolayı, DuBois ve DuBois (1916) [4] tarafından  $A_D$  ısı transfer yüzey alanı ( $m^2$ )

$$A_D = 0.202 m^{0.425} L^{0.725} \quad (2)$$

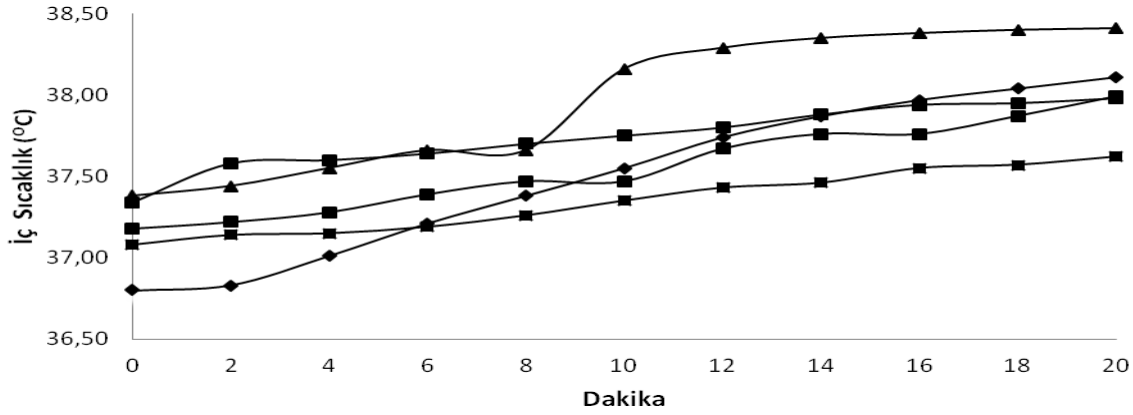
şeklinde kişinin kütlesine ve boyuna bağlı olarak tanımlanmış insan vücudunun çıplak durumdayken yüzey alanını veren bir bağıntı geliştirilmiştir ve burada m kg olarak kişinin kütlesini; L ise metre cinsinden kişinin boyunu göstermektedir. Bu deneysel çalışmada DuBois yüzey alanı deney öncesinde deneğin yapılan antropometrik ölçümleri sonucunda bulunan kütle ve boy verilerinden hesaplanır.

Mekanik işin hesaplanmasında ise bisiklet ergometresinde kullanılan ve tekerin dönmesini güçleştirerek efor artışını sağlayan ve bunu bisiklet tasarımındaki düzenleme ile eklenen kütlere bağlı olarak ifade eden bir bağıntı kullanılmıştır. Buna göre ilave edilen kütleyle bağlı olarak, deneğin harcadığı watt cinsinden birim zamandaki mekanik enerji belirlenmekte ve yukarıda ifade edilen ve 2 numaralı eşitlikte tanımlanan DuBois yüzey alanına göre birim zamandaki mekanik enerji birim yüzey alanına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Egzersiz altında sporcuların ısıl davranışları bağlamında Şekil 3'de deneklerin her birinin 20 dakikalık  $\%60VO_2$ 'lik testteki yutulabilir sıcaklık sensörü ile elde edilen iç sıcaklık değerleri sunulmuştur. Deneklerde testlerin başlangıcındaki iç sıcaklık farklılıkları bireysel metabolik ve fizyolojik davranış

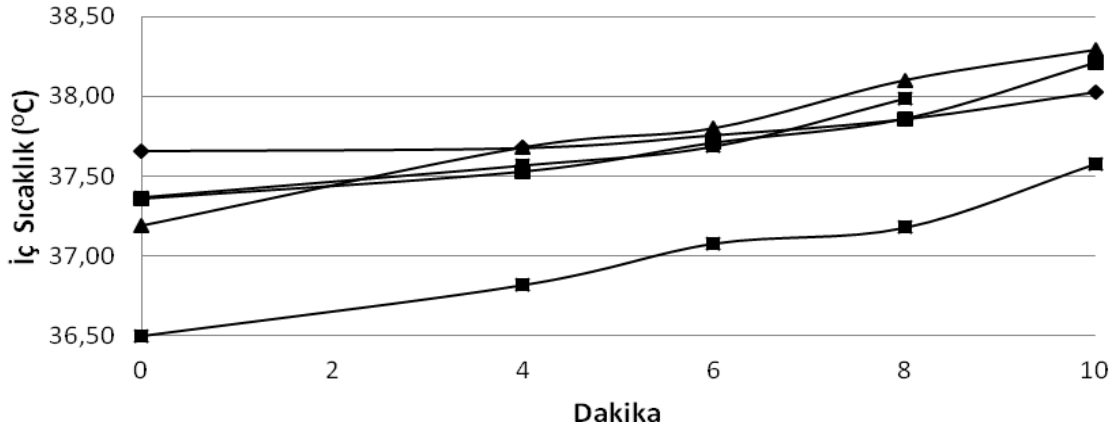


farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Buna karşılık sabit yük altında zamana bağlı benzer ısı davranışlar göstermektedirler.



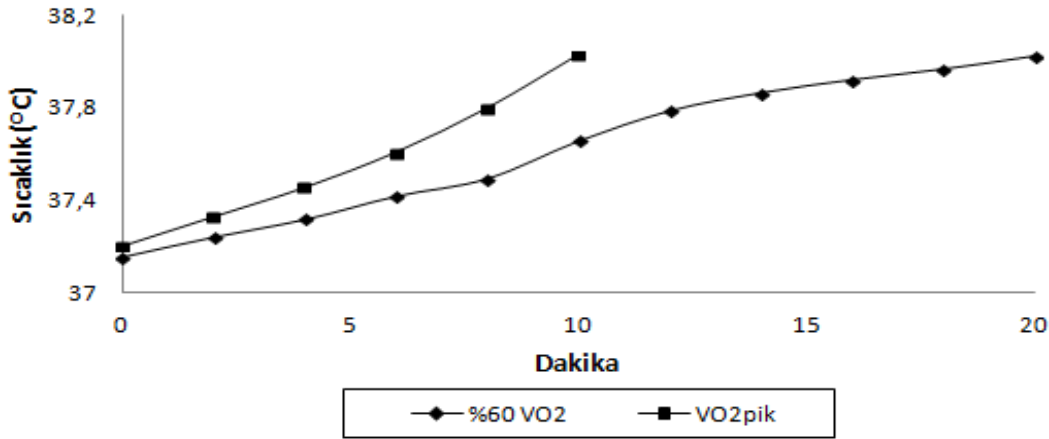
Şekil 3. İç Sıcaklığın 5 Denekte %60VO<sub>2</sub> Testindeki Zamana Bağlı Değişimi.

Şekil 4, deneklerin her birinin VO<sub>2pik</sub> testteki yutulabilir sıcaklık sensörü ile elde edilen iç sıcaklık değerlerini göstermektedir. Deneklerin testlerin başlangıcındaki iç sıcaklık farklılıkları, Şekil 3'de olduğu gibi, bireysel metabolik ve fizyolojik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Buna karşılık artan yüklemeye bağlı olarak iç sıcaklıktaki değişim eğrisinin eğimi %60VO<sub>2</sub>'lik teste göre daha yüksek olmakta ve bu değişim tüm deneklerde benzer eğilimi göstermektedir.



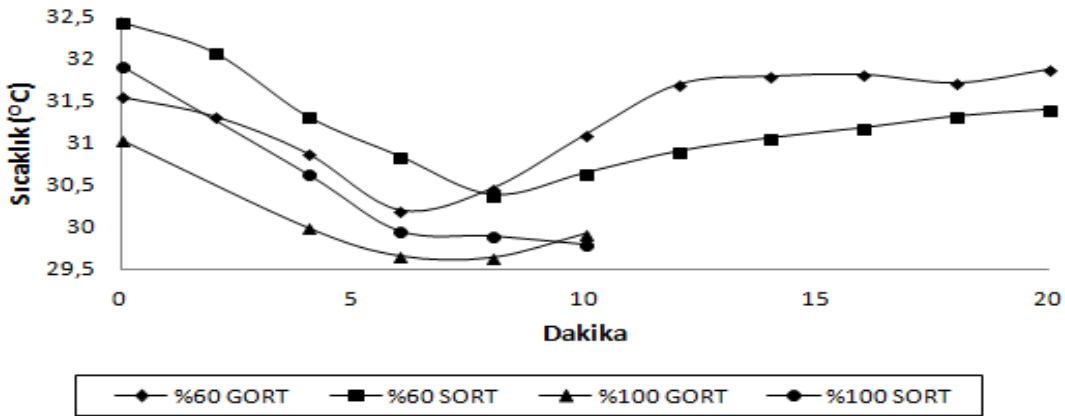
Şekil 4. İç Sıcaklığın 5 Denekte VO<sub>2pik</sub> Testindeki Zamana Bağlı Değişimi.

Yutulabilir sıcaklık sensörü ile elde edilen, deneklerin 20 dakikalık %60VO<sub>2</sub> ve 10 dakikalık VO<sub>2pik</sub> testlerindeki iç sıcaklık değerlerindeki zamana bağlı değişimleri Şekil 5'de verilmiştir. VO<sub>2pik</sub> testinde %60VO<sub>2</sub>'lik teste göre görece yüksek metabolik aktivite nedeniyle daha hızlı bir iç sıcaklık artışı gözlemlenmektedir. Aşırı yüklemeye bağlı olarak denekler deneyi 10. dakikada bırakmaktadırlar; hatta bir denek ise 8. dakikada deneyi terk etmek zorunda kalmıştır (Şekil 4). Sürecin devamında iç sıcaklıktaki bu üstel yükselme eğiliminin devamı beklenebilir. Buna karşılık %60VO<sub>2</sub>'lik sabit yükteki yapılan egzersizde ise iç sıcaklık artışı görece düşük yüklemenin etkisiyle daha düşük eğim çizgisine sahiptir. Metabolik değerlerin bir kısmı iş için harlandıktan sonra vücuttan ısı transferi ile atılabilmekte ve vücutta depolanan ısı enerjisi VO<sub>2pik</sub> testine göre daha düşük seviyelerde olmaktadır. Deneyin ilerleyen evrelerinde, 12. dakikadan sonra ise iç sıcaklıktaki artış eğimi daha da azalmaktadır. Böylece uzun ve düşük yüklemeli spor aktivitelerinde iç sıcaklık artışı bir süre sonra dengeye ulaşmaktadır.



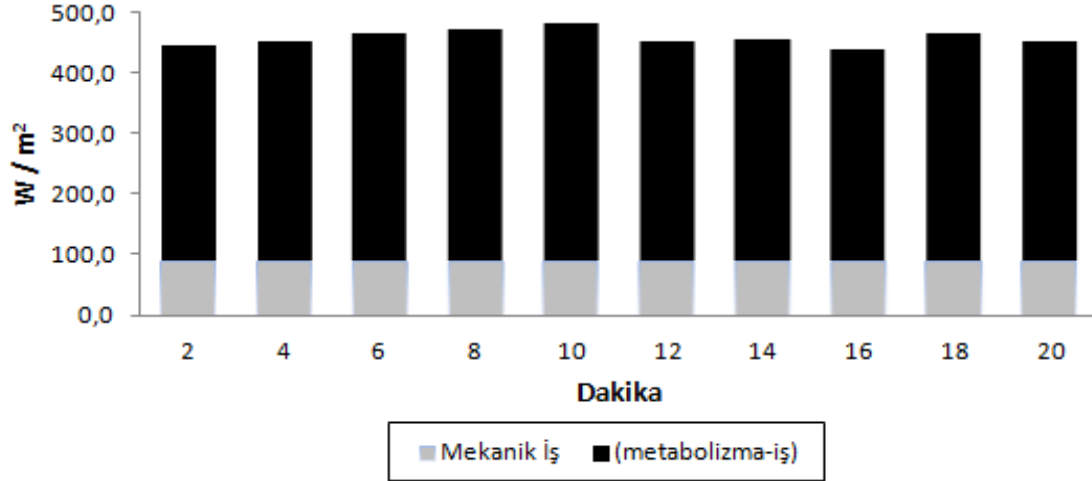
Şekil 5. İç Sıcaklığın %60VO<sub>2</sub> ve VO<sub>2pik</sub> Testlerindeki Zamana Bağlı Ortalama Değişimi.

Şekil 6, tüm deneklerin ortalamasını yansıtmak üzere, %60VO<sub>2</sub> ve VO<sub>2pik</sub>(%100) testlerindeki, GORT(göğüs bölgesi sıcaklığı) ve SORT (sırt bölgesi sıcaklığı) değerlerini göstermektedir. Her iki teste de göğüs ve sırt bölgesinde görülen yaklaşık 0,9°C'lik başlangıç sıcaklık farkının sükun veya yürür pozisyondaki sırt kaslarının gövdeyi stabil tutması nedeniyle kullanılan aktif kaslardan dolayı olduğu yorumlanabilir. Her iki teste de ilk 8 dakikalık periyotta deri sıcaklığında düşüş gözlemlenmiştir. Devam eden periyotta %60VO<sub>2</sub> göğüs sıcaklığı sırt sıcaklığına göre daha yüksek bir artış göstermiştir. Egzersiz sırasındaki bisiklet ergometresi üzerindeki pozisyon nedeniyle göğüs kaslarının vücudun stabilitesini sağlamakla görevli olmasından dolayı böylesi bir farklılığın oluştuğu söylenebilir. VO<sub>2pik</sub> yükünde de, yukarıda anılan sebepten dolayı, benzer şekilde sırt ve göğüs bölgesinde bir sıcaklık farklılığı meydana gelmiştir. Buna karşılık VO<sub>2pik</sub> yükünde deneklerin sırt ve göğüs bölgelerinin yüzey sıcaklıklarındaki düşüş eğimleri beklendiği gibi %60VO<sub>2</sub> testlerinde daha yüksek olmuştur. Bunun da yüzeyden olan ısı transferini artırıcı bir etkisi olmaktadır. VO<sub>2pik</sub>(%100) testlerinde göğüs ve sırt bölgesindeki sıcaklık farklılıkları zamana bağlı olarak kapanmakta ve sıcaklık düşüşü de durarak test bitiminde yaklaşık aynı sıcaklık değerlerine ulaşmaktadırlar. Bu noktadan sonra, %60VO<sub>2</sub> testlerinde olduğu gibi, eğer deneklerin deneylere devam etmeleri mümkün olabilseydi, tekrar bir sıcaklık artışı izlenebilirdi.



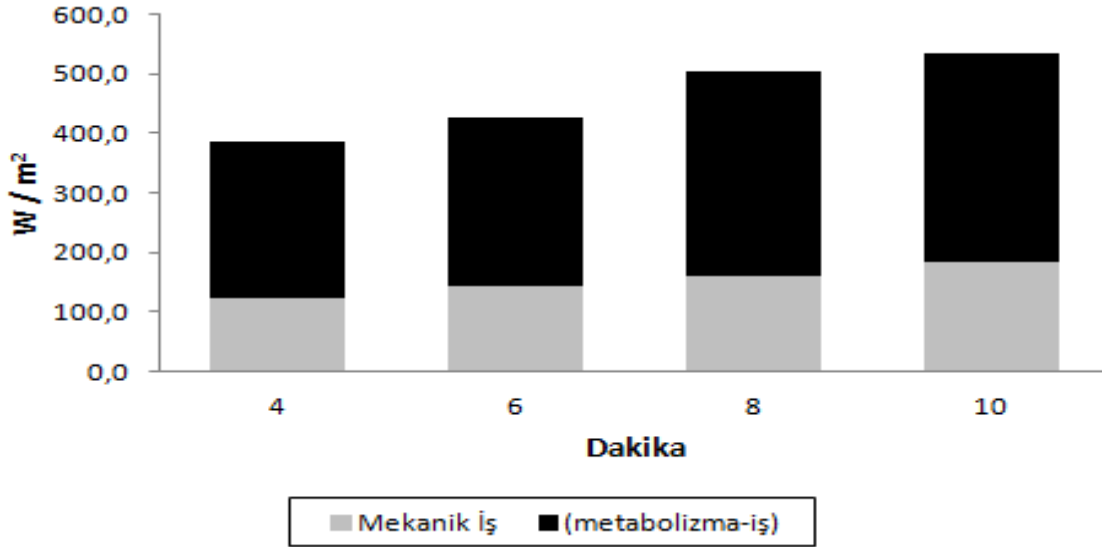
Şekil 6. %60VO<sub>2</sub> ve VO<sub>2pik</sub> Testlerindeki Deri Yüzey Sıcaklığı Ortalama Değerleri.

Tüm deneklerin ortalamasını yansıtmak üzere Şekil 7, %60 VO<sub>2</sub> yükündeki metabolik oran içerisindeki mekanik iş miktarını birim zaman ve yüzey alanı için göstermektedir. Sabit yükte yapılan bir test olmasından dolayı mekanik iş sabittir, ancak metabolik değerlerde zamana bağlı olarak az da olsa küçük değişimler meydana gelmektedir. %60 VO<sub>2</sub> yükündeki egzersizde metabolik değerlerin sadece %19'u birim zamandaki mekanik iş olarak kullanılmıştır. Geri kalan kısım ise, ısı transferi olarak çevreye atılmış ve pozitif/negatif enerji olarak vücutta depolanmıştır.



Şekil 7. %60VO<sub>2</sub> Testinde, Birim Zaman ve Yüzey Alanı İçin, Toplam Metabolik Değer İle Mekanik İş.

Şekil 8, tüm deneklerin ortalamasını yansıtmak üzere, VO<sub>2pik</sub>(%100) testlerindeki yüklerin birim zaman ve yüzey alanı için metabolik değer içerisindeki mekanik iş miktarlarını göstermektedir. Bu test sırasında artan yük nedeniyle birim zaman ve yüzey alanı için metabolik değer ve mekanik iş her zaman adımında artış göstermiştir. Bu test sırasında üretilen enerjinin yaklaşık üçte bir kısmı mekanik iş olarak harcanmıştır. Geri kalan kısım ise yine ısı transferinde harcanmış ve pozitif/negatif enerji olarak depolanmıştır.



Şekil 8. VO<sub>2pik</sub> Testinde, Birim Zaman ve Yüzey Alanı İçin, Toplam Metabolik Değer İle Mekanik İş Oranı.

## KAYNAKLAR

- [1] Ö. Kaynaklı, R. Yamankaradeniz, "Anlık Enerji Dengesi Modeli İle Isıl Konfor Şartlarının Simülasyonu", F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Der. 15 (4), 601-612, (2003).



- [2] Nishi Y. (1981) Measurement of thermal balance of man. Bioengineering Thermal Physiology and Comfort. K. Cena ve J.A. Clark, eds. Elsevier, New York.
- [3] Nishi Y. (1981) Measurement of thermal balance of man. Bioengineering Thermal Physiology and Comfort. K. Cena ve J.A. Clark, eds. Elsevier, New York.
- [4] 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.

## ÖZGEÇMİŞ

### **Görkem Aybars BALCI**

Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük eğitimi bölümünü 2010 yılında bitirmiştir. Aynı üniversitenin Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri ABD’da yüksek lisans yapmaktadır. 2012 yılından beri araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

### **Özgür SOKAT**

Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2010 yılında mezun olmuştur. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Mühendisliğinde yüksek lisansına devam etmektedir.

### **Tahsin BAŞARAN**

Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nü 1991 senesinde bitirmiştir. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü, Termodinamik ABD’den 1995 yılında yüksek lisans derecesini ve adı geçen enstitünün Enerji ABD’den doktora derecesini, 2002 yılında almıştır. 2003 yılından 2010 yılına kadar DEÜ Makina Mühendisliği Bölümü’nde yardımcı doçent olarak çalışmış; 2010 yılından 2012 yılına kadar ise İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü’nde yardımcı doçent kadrosunda çalışmalarına devam etmiştir. 2012 yılından itibaren ise İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü’nde doçent olarak çalışmaktadır. Kendisinin, bina enerji performansı ve analizi, sayısal ısı transferi ve akış üzerine çalışmaları bulunmaktadır.

### **Muzaffer ÇOLAKOĞLU**

Dokuz Eylül Üniversitesi, Beden Eğitimi Bölümünden 1993 senesinde mezun olmuştur. Aynı üniversitenin Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Programında 1989 yılında yüksek lisansını tamamlamıştır. Aynı Üniversitenin aynı bölümünde 1993 yılında doktora derecesini almıştır. 1995-2001 yılları arasında Celal Bayar Üniversitesinde doçent kadrosunda, 2001-2004 yılları arasında aynı üniversitede profesör kadrosunda görev yapmıştır. 2004 yılından itibaren ise Ege Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda profesör olarak görev yapmaktadır.