

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ BÖLÜMÜ**

SPOR BİLİMLERİNDE ARAŞTIRMA UYGULAMASI

**MONOPALET ŞNORKELİNİN DÜŞÜK, ORTA, YÜKSEK VE
MAKSİMUM ŞİDDETE EGZERSİZLERDE PERFORMANSA
ETKİSİ**

Fahri Barçın Akkoca

**DANIŞMAN
Prof.Dr.Şamil Aktaş
Doç.Dr.Birol Çotuk
Öğ.gör.Şahin Özen**

İstanbul-2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
I. GİRİŞ VE AMAÇ	1
II. GENEL BİLGİLER	2
Solunum Sistemi	2
Şnorkel Faktörü	2
III. GEREÇ VE YÖNTEM	3
Kullanılan Ekipman	3
Deney Düzeneği	4
Deney Düzeneği	5
IV. SONUÇLAR	6
IV. SONUÇLAR	7
IV. SONUÇLAR	8
IV. SONUÇLAR	9
IV. SONUÇLAR	10
IV. SONUÇLAR	11
V. TARTIŞMA	12
VI. KAYNAKLAR	13
FOTOĞRAFLAR	III

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında yardım,bilgi ve hoşgörüsünü esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Şamil Aktaş'a,Doç. Dr.Birol Çotuk'a,Öğ. Gör. Şahin Özen, test sürecinde ve sonrasında hep yanımda olan arkadaşlarım;Levent Atıl,Mehmet Mumcu,Tuncay Kocabıyık,Fatih Kesepera,Fatih Kavanoz ve Gurhan Uncuoğlu'na saygılarımı ve şükranlarımı sunarım.

I. GİRİŞ VE AMAÇ

Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi sporcularında yapılan bir çalışmada dinlenme ve hafif egzersiz sırasında kullanılan monopalet şnorkeli ekspirasyon havası ölü boşluğunun solunum parametreleri üzerine etkisi gösterilmiştir (1, 2).

Bu çalışmadan kaynaklanan çalışmamızda;

1. Hafif, orta, yüksek ve maksimum siddette egzersiz sırasında monopalet şnorkelinin etkisi olup olmadığını,
2. Transkütan oksijen ve karbondioksit ölçme yöntemi ile bu etkinin belirlenip belirlenemeyeceğini, ve
3. Eğer bir etki saptanır ise, bu etkinin kalp hızı, iş yükü, kan laktat düzeyi ve solunum direnci ile korelasyonunu araştırmak amaçlanmıştır.

II. GENEL BİLGİLER

Solunum sistemi

Hava soluyarak yaşamını sürdüren canlılarda ve insanlarda oksijen alımı ve metabolizma sonucu oluşan karbondioksitin atılımı solunum sistemi aracılığıyla gerçekleştirilir. Solunum sistemi kabaca solunum yolları ve akciğerlerden oluşur. Üst solunum yolu yani ağız, burun ve trakea, havanın filtre edilmesi, vücut sıcaklığına ulaştırılması ve nemlendirilmesi gibi önemli işlevleri gerçekleştirirler. Trakeadan sonra soluk yolu iki ana bronşla devam eder. Bronşlar her iki akciğerde daha küçük bronşlara, onlarda bronşiyol denen daha küçük soluk yollarına ayrılır. Hava son olarak alveollere ulaşır. İnsanda iki akciğerde 300 milyondan fazla alveol vardır. Alveollerin toplam yüzeyi 50-100 m² arasındadır. Dinlenme sırasında yaklaşık 250 ml O₂ alveollerden kana ve 200 ml CO₂ de kandan alveollere taşınır. Akciğerlerde O₂ ve CO₂ difüzyonu sadece alveollerde ve terminal bronşiyollerde gerçekleştirilir. Alveollerin etrafı kılcal damarlarla çevrilmiş durumdadır. Alveol ve kılcal damar arasındaki mesafenin kısalığı ve aradaki zarlarının özelliği sayesinde, O₂ ve CO₂ kolaylıkla alveol ve eritrosit arasında yer değiştirir (3, 4).

Solunan havanın alveollere ulaşan kısmı alveoler ventilasyonu sağlar. Gaz değişimine katılmayan burun, ağız, farinks, larinks, trakea, bronş ve bronşiyoller anatomik ölü boşluğu oluşturur. Anatomik ölü boşluk erkeklerde yaklaşık olarak 150, kadınlarda ise 100 ml civarındadır (3).

İnspirasyon ve ekspirasyon, akciğer içi basınç değişiklikleri ile gerçekleştirilir. Dinlenmede inspirasyon diyafram ve dış interkostal kasların kasılmasıyla başlar. Kasılma göğüs kafesini genişletir ve intraalveolar basıncı düşürür. Hava akciğere dolar ve atmosfer basıncı ile intra-alveoler basınç eşitlenir. Dinlenme sırasında ekspirasyon pasif bir olaydır, diyafram ve dış interkostal kasların gevşemesi ile gerçekleşir. Artan intra-alveoler basınç havanın dışarı atılmasını sağlar. Egzersiz sırasında inspirasyona ve ekspirasyona yardımcı diğfer solunum kasları da devreye girer (3, 4).

Şnorkel faktörü

Baş su içindeyken soluk alınabilmesini sağlayan şnorkel maskeyle yüzenler, dalıcılar, zıpkınla balık avlayanlar ve monopalet yüzücüleri tarafından yaygın biçimde kullanılmaktadır. Şnorkel bir boru ve ağızlıktan ibaret olup yaklaşık 160-170 ml'lik bir hacme sahiptir. Şnorkel içinde kalan ekspirasyon havası tekrar solunduğu için şnorkelin iç hacmi anatomik ölü boşluğa eklenen ikinci bir ölü boşluk olarak ele alınmalıdır. Ekspirasyon havasının bir kısmı şnorkel içinde kalacağından, şnorkel içindeki CO₂ konsantrasyonu, ekspirasyon havasındaki CO₂ konsantrasyonuna eşit olacaktır. Bazı monopalet yüzücüleri nefeslerini şnorkel yerine su içine vererek ekspirasyon havasını tekrar solunmadıkları zaman performanslarının daha iyi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Solunan gaz içindeki CO₂ oranının yüksek olduğu hallerde ventilasyonda artış gözleendiği birkaç çalışmada gösterilmiştir (5, 6). Bu çalışmada şnorkel içindeki gazın tekrar solunmasıyla ortaya çıkan metabolik ve nabız değişiklikleri ve bunların birbirleri ile ilişkileri araştırılmıştır.

III. GEREÇ VE YÖNTEM

Denekler:

Bu çalışmaya Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi'nin üçü Sualtı ve diğer üçü Kürek Antrenörlüğü Bölümü öğrencisi ve sporcusu olan, tümü erkek, yaş ortalaması $25,0 \pm 2,92$ olan elit sporcular katılmıştır. Çalışmaya başlayan altı öğrenciden biri çalışmanın ikinci aşamasına katılmadığı için çalışmadan çıkarılmıştır. Çalışmaya katılan diğer beş öğrencinin demografik özellikleri **Tablo 1**'de gösterilmiştir.

Sporcu	Cinsiyet	Yaş (yıl)	Vücut ağırlığı (Kg)	Boy (cm)	Spor Dalı
sp2	E	26	76	176	sualtı
sp3	E	25	86	185	kürek
sp4	E	24	90	185	kürek
sp5	E	29	83	179	sualtı
sp6	E	21	80	185	sualtı
Ortalama		25,00	83,00	182,00	
SD		2,92	5,39	4,24	

Tablo 1. Sporcuların özellikleri

Kullanılan Ekipman:

Egzersizler **CONSEPT II** marka **C** model kürek ergometresinde yapıldı. Egzersiz süresinin ve kürek direncinin ayarlandığı ergometrenin kürek frekansı, şiddeti ve ortalamaları kendi ekranından okundu.

Doku O_2 ve CO_2 basıncı ölçümü için **RADIOMETER COPENHAGEN** marka **TCM3** model Transkütan oksijen ($TcpO_2$) ve karbondioksit ($TcpO_2$) ölçeri (TINA) kullanıldı. Cihaz Clark tipi polarografik oksijen ve karbondioksit ölçümü yöntemi ile deri üzerinden non-invaziv ve sürekli ölçüm yapabilmektedir. Elde edilen oksijen ve karbondioksit basınçları (mmHg) cinsinden ve dokuda atardamar değerlerine yakın değerler vermektedir.

Sürekli nabız takibi **POLAR** marka **S610i** model kalp hızı monitörü kullanılarak yapıldı. Cihaz biri göğüse takılan kayış ve kola takılan alıcıdan oluşmaktadır. Her beş saniyede bire ayarlanarak ölçülen nabız verileri cihazın bilgisayar programına aktararak grafik ve istatistik değerleri sayısal veri olarak alınmıştır.

Kan laktat düzeyi **ROCHE** marka **ACCUTREND** laktat ölçer ile (mMol) cinsinden parmak ucu kanından ölçüldü.

Deneyde kullanılan şnorkel standart monopalet şnorkelidir. İç hacmi 160 ml olan şnorkel ağzı mopsı takılarak kullanıldı.

Şnorkelde solunum direnci **POSEIDON** marka Regülatör kalibrasyon cihazı kullanılarak (mmSu) cinsinden ölçüldü.

Deneyin tamamı **SONY** marka video cihazına kaydedildi.

Deney Düzeneği:

Deneye katılan sporcular deneyin amacı ve yöntemi hakkında bilgilendirildiler. Sualtı bölümü öğrencileri kürek çekme yöntemi hakkında, kürek öğrencileri de şnorkel kullanımı tekniği konusunda bilgilendirildiler ve kısaca eğitildiler. Çalışmanın olası ve beklenen sonuçları sporculara söylenmedi.

Maksimum efor değerleri her sporcu için kendi düzeylerine göre belirlendi. Çalışma öncesinde sporcuların kişisel verileri alındı ve çalışma günü herhangi bir rahatsızlıklarının olmadığı saptandı.

Kürek ergometresine oturup hazırlanan sporcuya sol m.trapezius üzerine , m.deltoid posteriora yakın bir nokta derisi TINA probunun kolay yapışması için alkol ile silindi,kurutuldu ve probun bağlanacağı bant yapıştırıldı. TINA cihazı 760 mmHg çevre basıncı dikkate alınarak 159 mmHg O₂ ve 38 mmHg CO₂ basıncına göre ve 43 °C prob sıcaklığına kalibre edildi.

Kalibrasyonun tamamlanmasının ardından prob iletimini sağlayan sıvı damlatılarak deriye bağlandı. 20 dakikalık bir sürenin ardından TcpO₂ ve TcpCO₂ değerlerinin stabilleşmesi sağlandıktan sonra deneye geçildi.

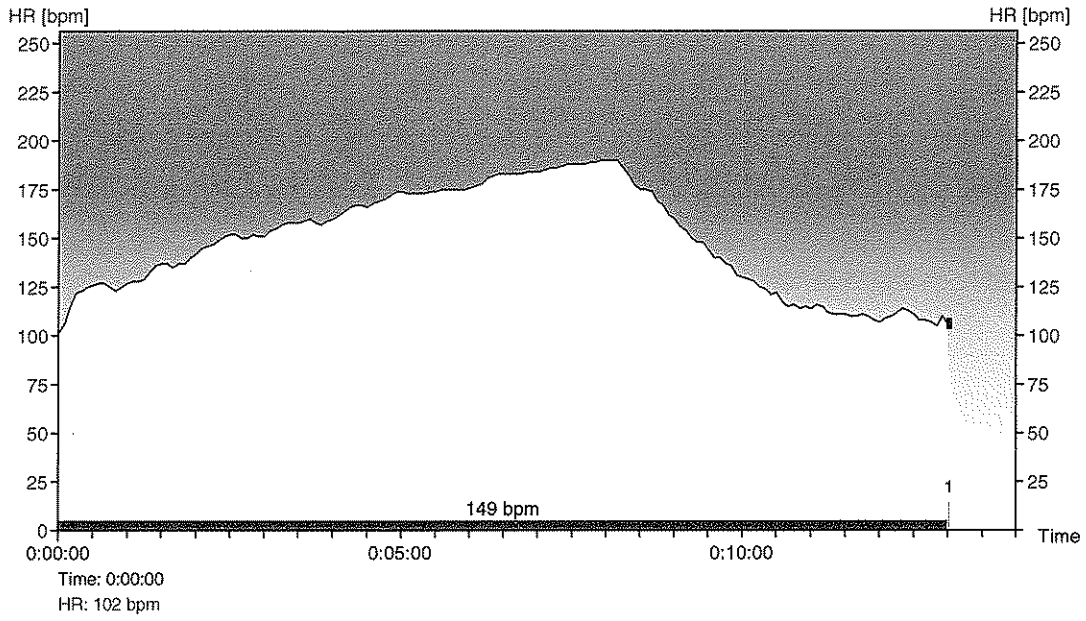
Parmak ucundan kan alınarak başlangıç kan laktat değeri belirlendi, kalp hızı monitörünün göğüs parçası sternumun alt ucuna yerleştirilip bağlandı, alıcı saat sol kola takıldı ve kalp hızı okuyup okumadığı kontrol edildi.

İlk gün ölçümlerinde yalnızca solunum frekansını ölçmek amacı ile sporcular şnorkel olmaksızın mask (ağızlık) taktılar. Başlangıç değerlerinin sağlıklı bir biçimde belirlenmesi için video kaydına başlandı ve iki dakika hareketsiz biçimde beklendi. Bu iki dakikanın ardından kesintisiz olarak iki dakika hafif, iki dakika orta, iki dakika şiddetli ve iki dakika maksimum şiddette egzersiz yaptırıldı. Toplam sekiz dakikalık bu egzersizin ardından beş dakikalık dinlenme periyodu boyunca tüm ölçümler ve video kayıtları sürdürüldü. Dinlenme periyodunun üçüncü dakikasında parmak ucundan kan alınarak bitiş kan laktat düzeyi belirlenip kaydedildi.

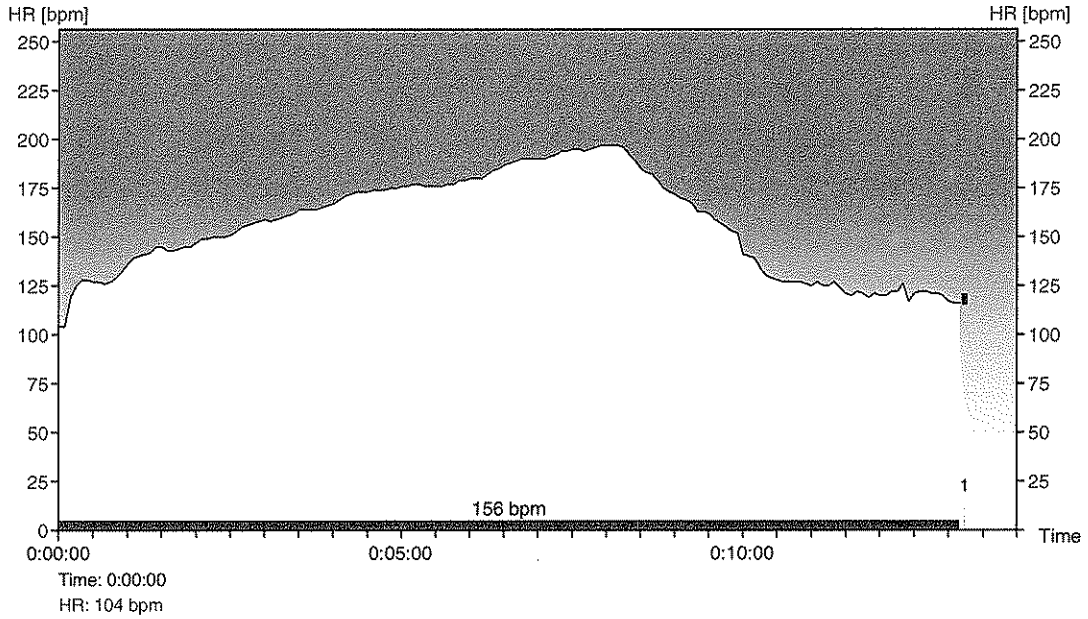
Tüm çalışma 48 saat sonra bu kez şnorkelli olarak tekrarlandı (**Resim 1-4**).

Ergometrenin kullanılan güç değerleri (watt) cinsinden ve kürek çekiş frekansı n/dk cinsinden alet üzerinden okunarak kaydedildi. Kalp hızı monitörünün beş saniyede bir aldığı değerlerin oluşturduğu grafik kendi bilgisayar programından elde edildi. (**Grafik 1, 2**) Çalışma boyunca beş saniye de bir alınan kalp hızı (nabız) değerleri ve video kayıtları üzerinden elde edilen TcpO₂ ile TcpCO₂ değerleri Microsoft Excel 2000 programına kaydedildi.

Elde edilen veriler Wilcoxon Signed Ranks testi kullanılarak karşılaştırıldı. İstatistik değerlendirmeler için SPSS Sürüm 10.0.5 programı kullanıldı. P<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



Person	sp2	Date	01.06.2004	Heart rate ave	149 bpm		
Exercise	01.06.2004 15:32	Time	15:32:14	Heart rate max	190 bpm		
Sport		Duration	0:13:01.2				
Note	sp2fatihkese			Selection	0:00:00 - 0:13:00 (0:13:00.0)		

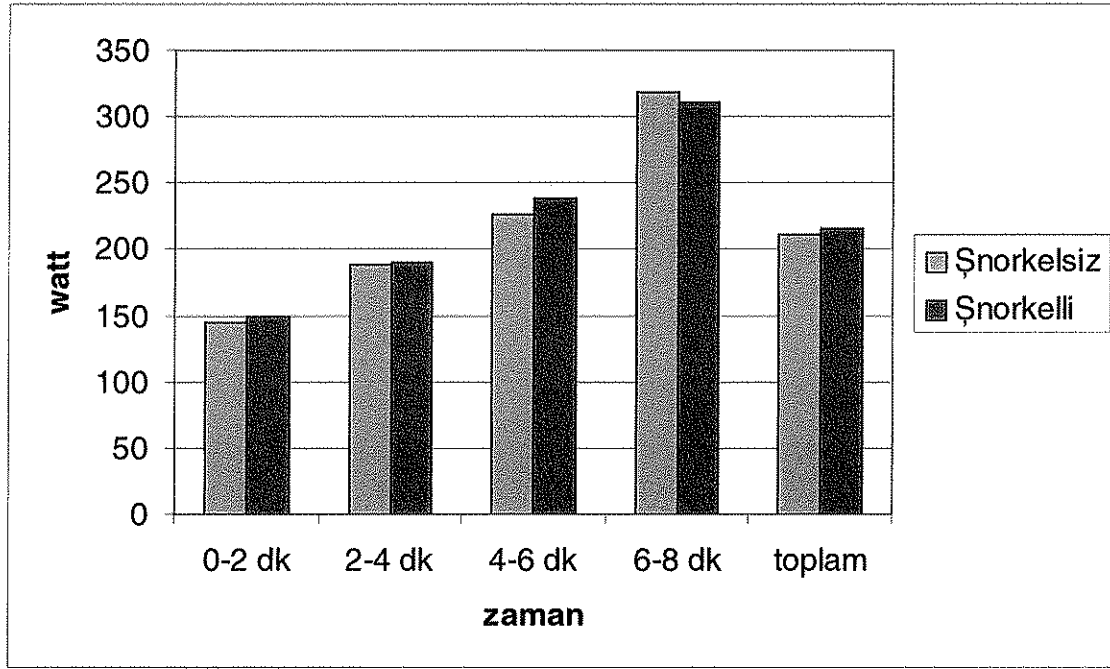


Person	sp2	Date	03.06.2004	Heart rate ave	156 bpm		
Exercise	03.06.2004 14:30	Time	14:30:09	Heart rate max	197 bpm		
Sport		Duration	0:13:14.3				
Note	sp2fatihkese-test2			Selection	0:00:00 - 0:13:10 (0:13:10.0)		

Grafik 1, 2. Şnorkelsiz ve şnorkelli testlerde polar bilgisayar kayıtları örnekleri.

IV. SONUÇLAR

Şnorkelsiz ve şnorkelli ergometrik testlerdeki harcanan güç benzer bulunmuştur. Değerler arasında istatistik olarak bir fark saptanmamıştır. Böylece her iki grup arasındaki karşılaştırmaları etkileyebilecek farklı düzeylerde egzersizin olmadığı ortaya konulmuştur. (Grafik 3, Tablo 2).

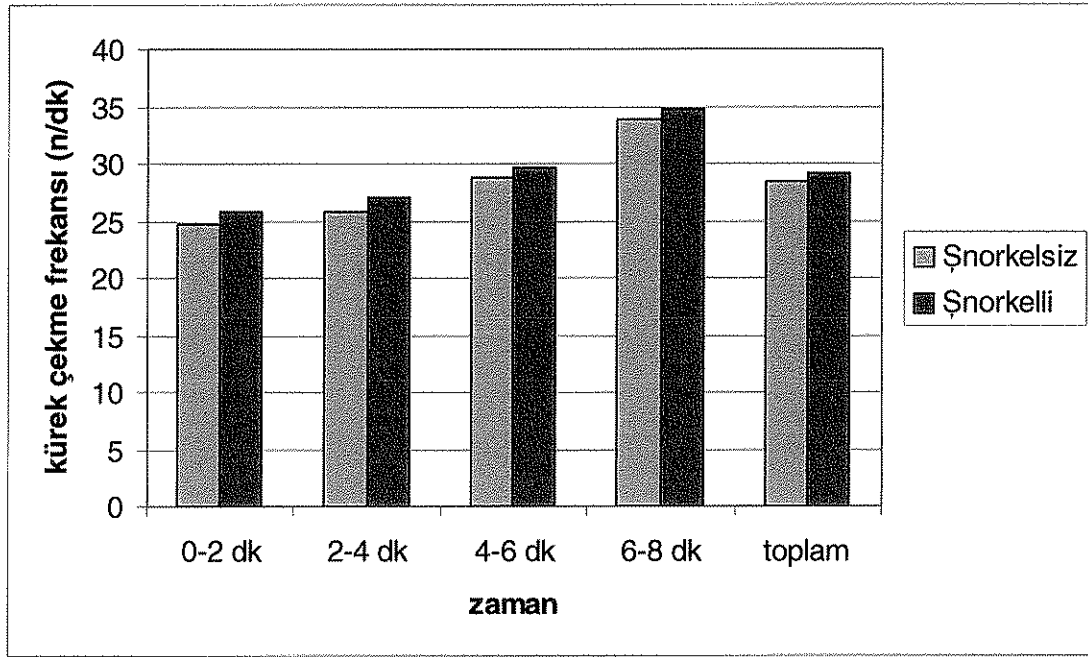


Grafik 3. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde efor düzeyleri ortalamaları

	0-2 dk (Ort±SD)	2-4 dk (Ort±SD)	4-6 dk (Ort±SD)	6-8 dk (Ort±SD)	Toplam (Ort±SD)
Şnorkelsiz	144,66±95,51	188,14±88,34	226,12±88,02	318,52±113,60	211,78±96,42
Şnorkelli	149,06±83,51	190,10±83,00	237,7±77,74	311,48±105,36	216,48±87,33
P	0,500	0,686	0,080	0,686	0,500

Tablo 2. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ergometrik efor düzeyi ortalamaları ve istatistik karşılaştırılması

Benzer biçimde dakikada kürek çekme sayıları açısından da şnorkelli ve şnorkelsiz ölçümler arasında deneyin tüm aşamalarında benzer sonuçlar alınmıştır. Kürek çekme frekansları istatistik olarak anlamsız düzeyde benzerdir (**Grafik 4, Tablo 3**).

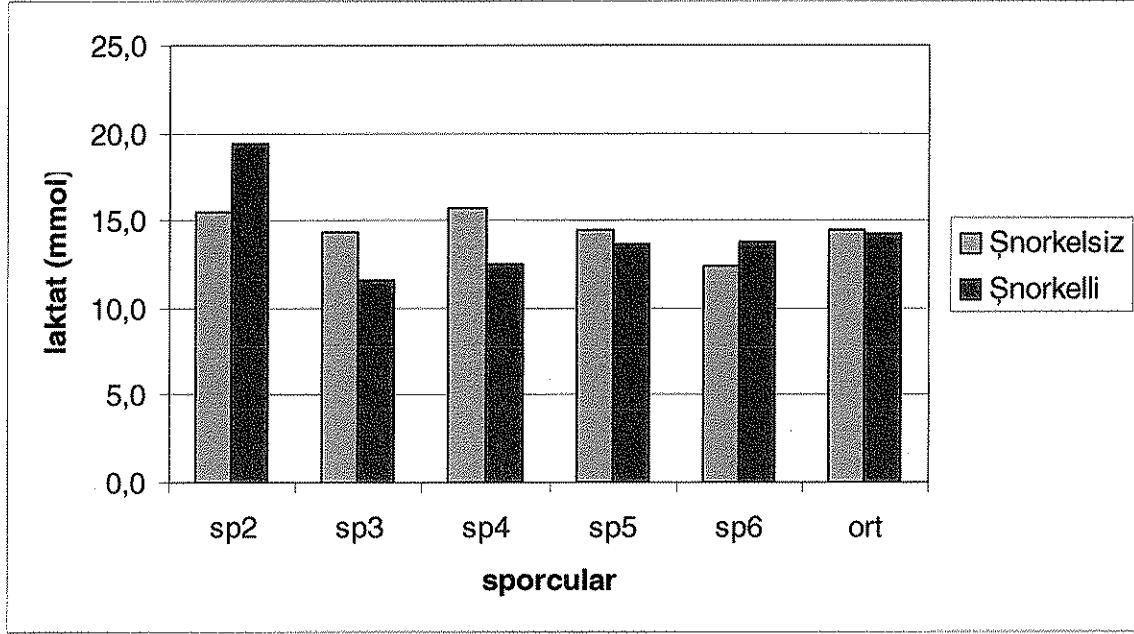


Grafik 4. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama kürek çekme frekansı.

	0-2 dk (Ort±SD)	2-4 dk (Ort±SD)	4-6 dk (Ort±SD)	6-8 dk (Ort±SD)	Toplam (Ort±SD)
Şnorkelsiz	24,80±0,84	25,80±1,30	28,80±2,39	33,80±2,59	28,34±1,56
Şnorkelli	25,80±3,35	27,00±3,39	29,60±4,22	34,80±3,56	29,10±3,40
P	0,854	0,257	0,414	0,102	0,588

Tablo 3. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ergometrik kürek çekme frekansı ortalamaları ve istatistik karşılaştırılması.

Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde çalışma sonu laktat değerleri arasında tüm efor düzeyleri için anlamlı bir fark saptanmamıştır (**Grafik 5,Tablo 4**).



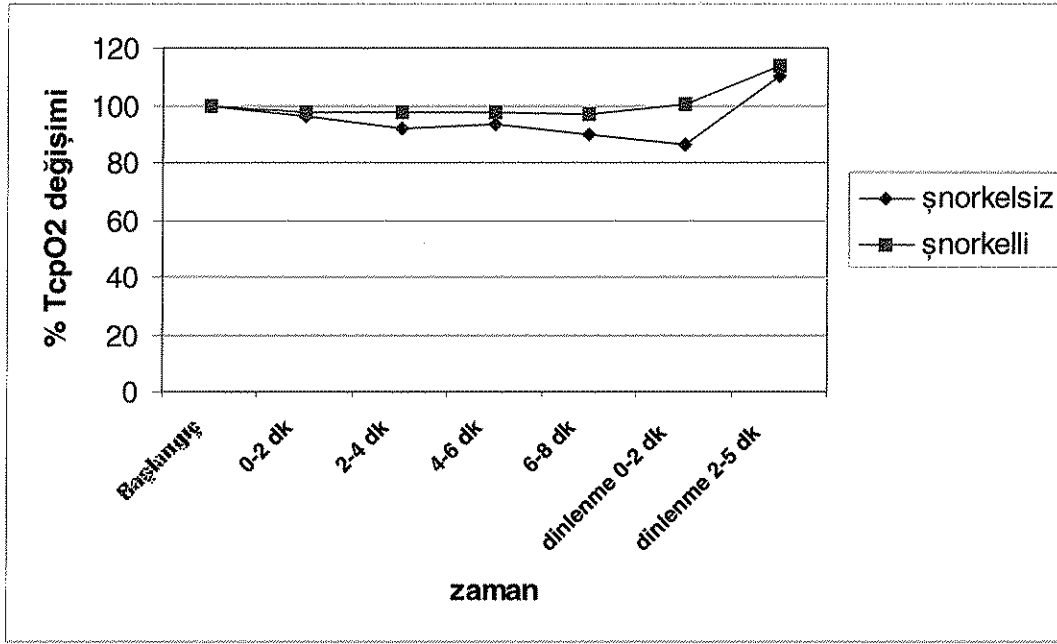
Grafik 5. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde her bir sporcunun çalışma sonu laktat düzeyleri karşılaştırılması.

	Sporcu 2	Sporcu 3	Sporcu 4	Sporcu 5	Sporcu 6	Ortalama (Ort±SD)
Şnorkelsiz	15,5	14,3	15,7	14,4	12,4	14,5±1,3
Şnorkelli	19,4	11,6	12,5	13,7	13,8	14,2±3,0
P						0,893

Tablo 4. Her bir sporcunun şnorkelsiz ve şnorkelli test sonrası ölçülen laktat düzeyleri ve istatistik karşılaştırılması.

Çalışma süresince saptanan $TcpO_2$ ve $TcpCO_2$ başlangıç değerleri sporcular arasında belirgin biçimde farklı olduğundan ölçülen gerçek değerler değil, başlangıç değerinin yüzdesi olarak (% Δ) alınmış ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Böylece değişimler her sporcunun kendi içinde başlangıç değerine göre değişimler şeklinde çalışılmıştır.

Şnorkelsiz ve şnorkelli testler arasında $TcpO_2$ değerleri 0-2 dk (hafif), 4-6 dk (yüksek) ve 6-8 dk (maksimum) efor derecelerinde benzer bulunmuştur. Bu efor derecelerinde istatistik fark bulunmamaktadır. 2-4dk (orta) ve tüm çalışma boyunca alınan değerler şnorkelli ölçümlerde anlamlı olarak yüksek çıkmıştır. (2-4 dk: P = 0,043, tüm değerler için: P=0.009)(**Grafik 6, Tablo 5**).

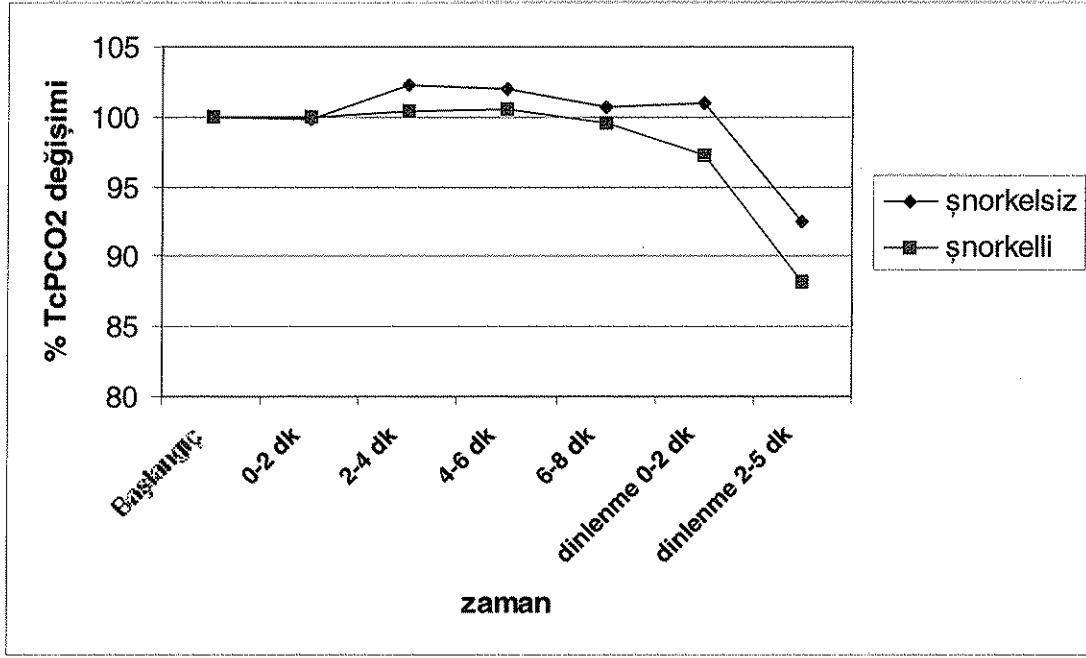


Grafik 6. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama transkütan oksijen parsiyel basıncı değerlerinin % değişim oranları.

	Şnorkelsiz	Şnorkelli	P
Başlangıç (Ort±SD)	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	1,000
0-2 dk (Ort±SD)	96,20 ± 5,41	97,76 ± 3,65	0,893
2-4 dk (Ort±SD)	91,97 ± 2,99	97,85 ± 5,96	0,043*
4-6 dk (Ort±SD)	93,24 ± 7,95	97,37 ± 9,54	0,500
6-8 dk (Ort±SD)	89,62 ± 6,90	96,92 ± 10,85	0,345
Dinlenme 0-2 dk (Ort±SD)	86,65 ± 15,71	100,58 ± 7,03	0,138
Dinlenme 2-5 dk (Ort±SD)	110,07 ± 20,21	113,56 ± 5,46	0,686
Tüm değerler (Ort±SD)	94,63 ± 13,01	100,67 ± 9,07	0,009*

Tablo 5. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama transkütan oksijen parsiyel basıncı değerlerinin % değişim oranları ve istatistik karşılaştırma sonuçları. (* istatistik açıdan anlamlı fark).

TcpCO₂ değerleri iki dakikalık efor dereceleri tek tek ele alındığında şnorkelsiz ve şnorkelli testler arasında istatistik anlamlılık göstermemiştir. Ancak tüm değerlerin birarada ele alındığı değerlendirilmede, şnorkel kullanılarak yapılan testlerde TcpCO₂ istatistik olarak anlamlı derecede düşük çıkmıştır. (P=0.041) (**Grafik 7, Tablo 6**).

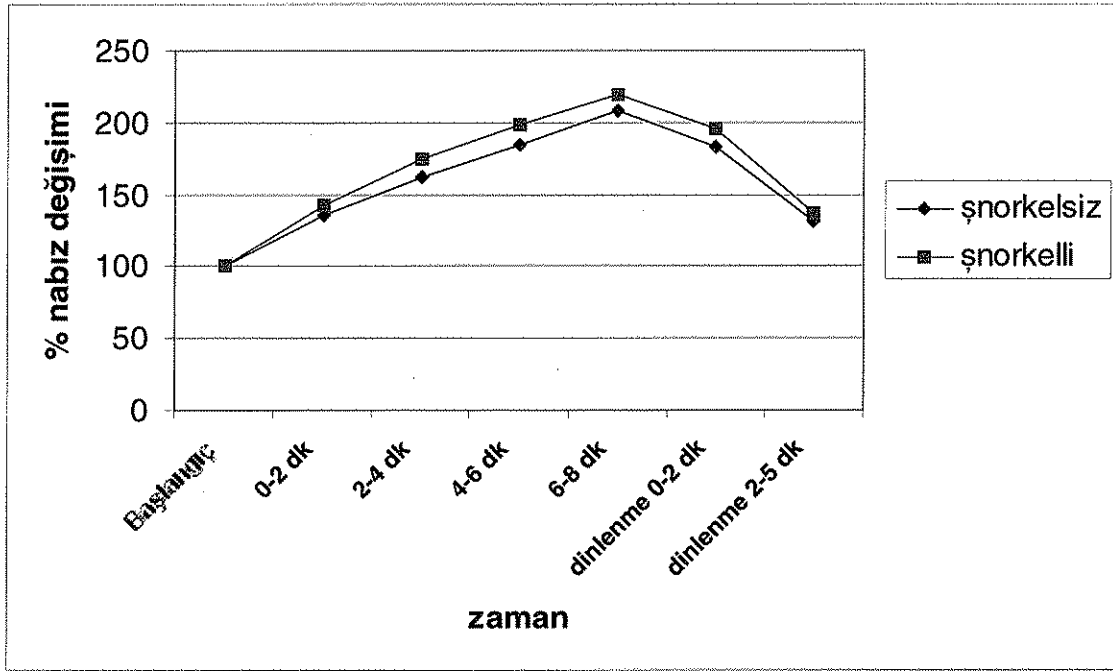


Grafik 7. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama transkütan karbondioksit parsiyel basıncı değerlerinin % değişim oranları.

	Şnorkelsiz	Şnorkelli	P
Başlangıç (Ort±SD)	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	1,000
0-2 dk (Ort±SD)	99,78 ± 3,65	99,98 ± 2,11	0,893
2-4 dk (Ort±SD)	102,25 ± 4,85	100,42 ± 2,45	0,225
4-6 dk (Ort±SD)	102,00 ± 4,27	100,56 ± 4,59	0,500
6-8 dk (Ort±SD)	100,71 ± 4,53	99,50 ± 8,62	0,686
Dinlenme 0-2 dk (Ort±SD)	100,95 ± 8,17	97,20 ± 11,37	0,345
Dinlenme 2-5 dk (Ort±SD)	92,43 ± 7,00	88,25 ± 7,17	0,080
Tüm değerler (Ort±SD)	99,77 ± 6,26	97,65 ± 7,69	0,041*

Tablo 5. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama transkütan karbondioksit parsiyel basıncı değerlerinin % değişim oranları ve istatistik karşılaştırma sonuçları. (* istatistik açıdan anlamlı fark).

Nabız ölçümleri şnorkelsiz ve şnorkelli testlerde efor artışı ile paralel bir artış göstermiş ancak gerek iki dakikalık ölçümlerde tek tek, gerek tüm test boyunca yapılan ölçümler bir arada değerlendirildiğinde şnorkelsiz ve şnorkelli testler arasında bir fark saptanmamıştır. (Grafik 8, Tablo 7).



Grafik 8. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama nabız değerlerinin % değişim oranları.

	Şnorkelsiz	Şnorkelli	P
Başlangıç (Ort±SD)	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	1,000
0-2 dk (Ort±SD)	135,62 ± 10,32	142,01 ± 14,38	0,500
2-4 dk (Ort±SD)	161,78 ± 13,91	174,50 ± 24,78	0,500
4-6 dk (Ort±SD)	183,88 ± 14,22	198,37 ± 22,25	0,500
6-8 dk (Ort±SD)	207,60 ± 25,70	218,62 ± 24,64	0,500
Dinlenme 0-2 dk (Ort±SD)	182,70 ± 25,78	195,90 ± 25,00	0,500
Dinlenme 2-5 dk (Ort±SD)	131,47 ± 15,45	137,22 ± 17,93	0,686
Tüm değerler (Ort±SD)	167,17 ± 32,45	177,77 ± 36,32	0,094

Tablo 6. Şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde ortalama nabız değerlerinin % değişim oranları ve istatistik karşılaştırma sonuçları.

Solunum direnci efor artışına paralel olarak artış göstermiş, sadece maps kullanılan şnorkelsiz evrede değişme göstermemiştir. Direnç artışı 0-40 mmsu basınçları arasında değişmiştir.

V. TARTIŞMA

Şnorkelsiz ve şnorkelli soluma ile kürek ergometrisinde yapılan bu çalışmada kürek ergometresi ile hafif, orta, yüksek ve maksimum düzeyde egzersizlerde ve dinlenme periyodunda doku oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçları, kan laktat düzeyleri, ve nabız değerleri araştırılmıştır. Sporculardan istenen efor düzeylerinin şnorkelsiz ve şnorkelli ölçümlerde benzer biçimde sağlandığı testin değişik aşamalarında elde edilen watt değerlerinin ve kürek çekme frekanslarının benzer oluşu ile ortaya konulmuştur. Gerek 2 dakikalık dönemler tek tek karşılaştırıldığında gerek tüm çalışma sonuçları bir bütün olarak ele alındığında watt değerlerinin ve kürek çekme frekanslarının istatistik

olarak anlamsız derecede farklı oluşu bu durumu ortaya koymaktadır. Sporcuların isteklerine bağlı yapılan çalışmalarda iki farklı test sırasında sporcuların farklı efor düzeyi sağlamaları bu tip ergometre seçimlerinin en büyük dezavantajıdır. Bu durumu önlemenin yolu ergometrik testin yürüme bandı gibi sporcunun inisiyatiline bağlı olmayan yöntemlerle mümkün olabilir. Ancak çalışmamızda sporcular her iki testte de benzer efor düzeylerine ulaştığından bu dezavantajdan korunulmuştur.

Şnorkel içinde hapsolan ekspirasyon havasının tekrar solunmasıyla inspirasyon havası içindeki karbondioksit düzeyinde yükselmeye yol açması beklenir. Bu deneyde kullanılan şnorkelin iç hacmi 165 ml'dir. Eğer ekspirasyon havasındaki karbondioksit oranı %5, tidal volümün de 500 ml olduğu ele alınırsa, aşağıda görüldüğü gibi basit bir hesapla inspirasyon havasındaki karbondioksit oranı %1,6 olarak bulunacaktır.

$$(165 \times 5) / 100 = 8,25 \text{ ve } (8,25 \times 100) / 500 = 1,65$$

Solunumun düzenlenmesinde karbondioksitin önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Solunan hava içindeki karbondioksit düzeyinin artmasına neden olacak her durum alveolar ve arteriyal karbondioksit basıncını artırır. Solunumun düzenlenmesi ile bu artışın sınırlanması amacıyla ventilasyonda solunum frekansı ve derinliği yönünde değişiklikler gözlenir (7, 8). Çalışmamızda solunum değerlendirilmesi yalnızca soluk frekansını içermektedir. Solunumun derinliği yani tidal volüm ölçümü yapılmamıştır. Kürek ergometresi yapısı gereği solunumun hareketten ayrı gerçekleşmesine izin vermemektedir. Efor düzeyi ne olursa olsun her bir hareket, bir solunum hareketine eşlik etmektedir. Deneyimize katılan kürek sporcularının yüksek ve maksimum egzersizler sırasında her bir kürek çekişine iki solunum ile katıldıkları gözlenmiştir. Oysa bu tekniğe sahip olmayan sualtı sporcuları, efor düzeyi ne olursa olsun her kürek çekişinde bir kez soluk almışlardır. Bu tarz çalışmalarda solunum işinin efor düzeyinden bağımsız olarak gerçekleştirilebileceği, yürüme bandı, bisiklet ergometresi gibi yöntemlerin seçilmesi uygun olacaktır.

Çalışmamızda solunum faktörlerinin eksik değerlendirilmiş olmasına rağmen özellikle maksimum egzersiz sırasında solunum ölü boşluğunun artmasının alveolar, kan ve doku karbondioksit düzeylerini artırması, oksijen düzeylerini ise azalması beklenirdi. Oysa gerek transkütan oksijen ve karbondioksit parsiyel basınç değerleri gerek çalışma sonu kan laktat değerleri arasında bu beklenti gerçekleşmemiştir. Aksine TcPO₂ düzeylerinde orta düzey egzersizde (2-4 dk) ve tüm değerler ele alındığında şnorkelli soluma ile artış gözlenmiştir. Benzer biçimde TcPCO₂ değerleri açısından tüm değerlerin karşılaştırılmasında şnorkelli ölçümlerde bir miktar azalma gözlenmiştir. Nabız hızı artan efor düzeyine paralel bir artış göstermiştir. Ancak şnorkelli solumada beklenen daha yüksek nabız düzeyleri elde edilememiştir.

Bu sonuçlar beklentilerin aksinedir ve ya ölçüm yöntemi olarak seçilen transkütan değerlendirmenin uygun olmayışına ya da denek sayısının azlığına bağlanabilir. Çalışma sonucunda beklenen sonuçlara ulaşamayışının bir diğer nedeni de solunum derinliğinin yedek rezervinin kullanılışı ile dokuda oksijenin azalmasının veya karbondioksit birikmesinin önlenmesi olabilir. Benzer biçimde kalp atım hacminin artması ile kalp hızının artması gerekmemiş olabilir. Ancak tüm bu yaklaşımlar sonuçların anlamsız değil, tam tersi yönde anlamlı sonuçlar çıkmasını açıklamamaktadır.

Bu yönde gelecekte yapılacak çalışmaların daha fazla sayıda denekle, solunum parametrelerini de içerecek yöntemlerle ve farklı ergometrik cihazlarla yapılması uygun olacaktır.

VI. KAYNAKLAR

1. Toklu AS, Kayseriliođlu A, Ünal M, Özen Ş, Aktaş Ş. Şnorkel içindeki ekspirasyon havasının tekrar solunmasının metabolizma ve solunum üzerine etkisi. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, SBT'2002, 22-24 Kasım 2002, Bođaziçi Üniversitesi, İstanbul, Ed: Çopur H. Toplantı Kitabı, s: 134-138, 2002.
2. Toklu AS, Kayseriliođlu A, Ünal M, Özen Ş, Aktaş Ş. Ventilatory and metabolic response to rebreathing the expired air in the snorkel. *Int J Sports Med* 2003;24:162-165.
3. Demirel H. Egzersiz ve solunum sistemi. In: *Egzersiz Fizyolojisi*, Ergen E (ed). Nobel Yayınları, Ankara. s: 52-58, 2002.
4. Guyton AC. Akciğer ventilasyonu. In: *Fizyoloji. (Çev) Kazancıgil A (ed). Güven Kitabevi Yayınları, Ankara. s: 191-210, 1978.*
5. Ellingsen I, Sydnes G, Hauge A, Zwart JA, Liestol K, Nicolaysen G. CO₂ sensitivity in humans breathing 1 or 2% CO₂ in air. *Acta Physiol Scand* 1987;129:195-201.
6. Jacobi MS, Patil CP, Saunders KB. Transient, steady state and rebreathing responses to carbon dioxide in man, at rest and during light exercise. *J Physiol (Lond)* 1989;411:85-96.
7. Guyton AC. Oksijen ve karbondioksitin kanda ve vücut sıvılarında taşınması. In: *Fizyoloji. (Çev) Kazancıgil A (ed). Güven Kitabevi Yayınları, Ankara. s: 229-247, 1978.*
8. Guyton AC. Solunum düzenlenmesi. In: *Fizyoloji. (Çev) Kazancıgil A (ed). Güven Kitabevi Yayınları, Ankara. s: 249-263, 1978.*

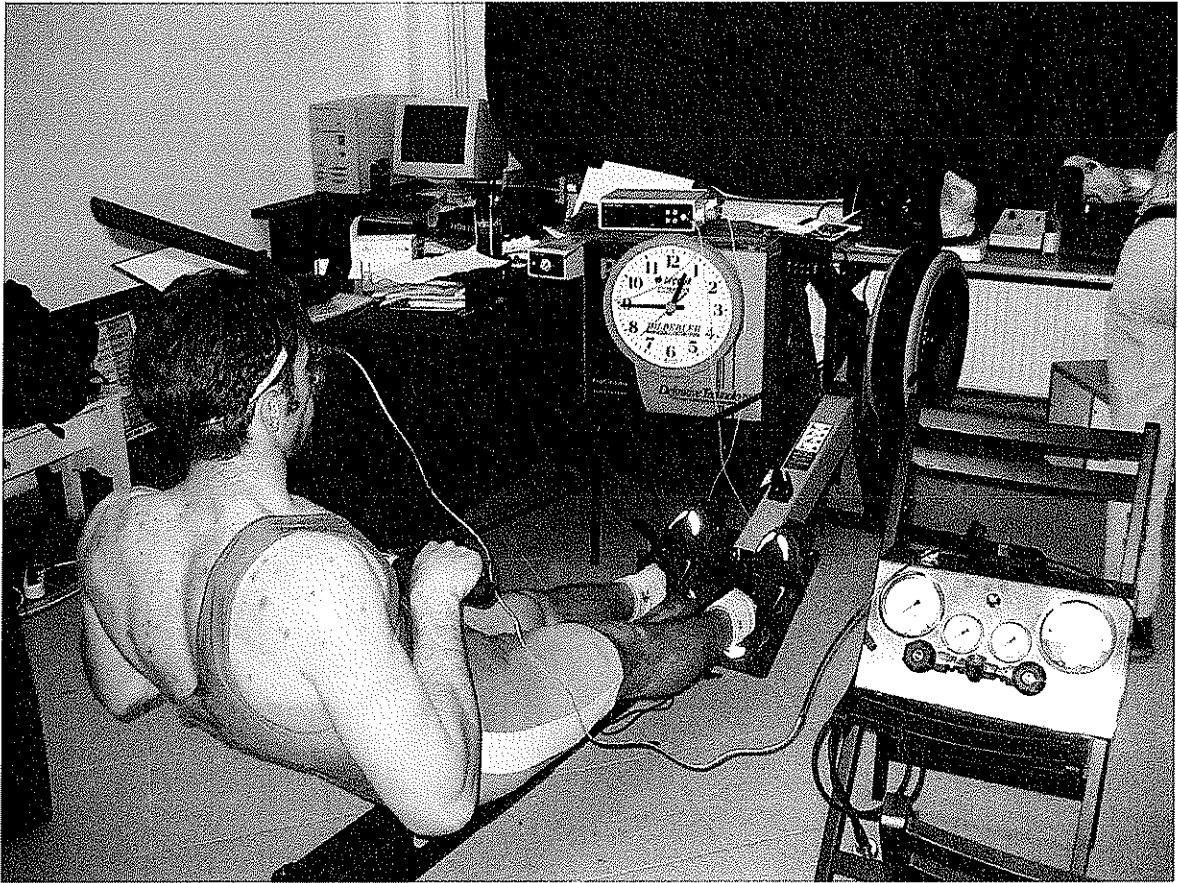


Foto:1



Foto:2



Foto:3