

## SUTOPU OYUNCULARININ KOL VE BİSİKLET ERGOMETRESİNDEKİ MAKSİMAL EGZERSİZDE FİZYOLOJİK YANITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Rüştü GÜNER\*, Emin ERGEN\*\*,  
Caner AÇIKADA \*\*, Orhan S. ANDAÇ. \*

### ÖZET

Bu çalışma kol ve bisiklet ergometresindeki maksimal egzersizde fizyolojik yanıtların karşılaştırılması amacıyla düzenlenmiştir. Kol ergometresi egzersizi krank yüksekliği omuz seviyesinde olacak şekilde oturur pozisyonda, aktif kas gruplarının miktarını artırmak amacıyla gövdeyi sabitleştirmeden uygulanmıştır. Yükleme bisiklet ergometresinde 75 Watt'la başlanmış ve her 3 dakikada 50 Watt'lık yük artırılmıştır (75-125-175-225-275-325 Watt) ve kol ergometresinde yükleme 25 Watt'la başlanmış ve her 3 dakikada 25 Watt'lık yük artırılmıştır (25-50-75 Watt). Çalışmada 16-22 (18.8 ±2.0) yaşları arasındaki 13 erkek sutopu oyuncusunun oksijen tüketimi, kalp atım hızı, soluk hacmi, solunum frekansı ve pulmoner ventilasyon değerleri ölçülmüştür. Aynı iş yükünde (75 Watt) oksijen tüketimi, kalp atım sayısı, solunum frekansı ve pulmoner ventilasyon değerleri kol ergometresinde bisiklet ergometresine oranla istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.001$ ). Ulaşılan maksimal yük kol ergometresinde bisiklet ergometresine oranla %35 daha düşük gözlenmiştir. Maksimum egzersizde kalp atım hızı ( $p<0.01$ ), soluk hacmi ( $p<0.001$ ) ve pulmoner ventilasyon ( $p<0.005$ ) değerleri kol ergometresinde bisiklet ergometresine oranla daha düşük bulunmuştur. Oksijen tüketimi ve solunum frekansı değerlerinde her iki ergometrede de anlamlı fark tespit edilememiştir. Bundan önce yapılan araştırmalarda deneklerin kol ergometresinde bisiklet ergometresiyle karşılaştırıldığında daha düşük maksimum oksijen tüketimi değerlerine ulaştıkları bildirilmiştir. Ancak bu çalışmadaki sonuçlar, sutopu oyuncularının üst ekstremitte spesifik antrenmanlarının kol ergometresindeki oksijen tüketimini artırabileceğini göstermektedir.

### ABSTRACT

This study was designed to compare the physiological responses during maximal arm cranking and cycling exercise. Arm cranking exercise was performed at sitting and shoulder level position using no torso restraints to maximize the amount of active skeletal muscle mass. In the study, exercise intensity was started with a load of 75 Watts and increased 50 watts in every 3 minutes (75-125-175-225-275-325 Watts) in cycling and started with a load of 25 Watts and increased 25 Watts in every 3 minutes (25-50-75 Watts) in arm cranking. In the tests, oxygen consumption, heart rate, tidal volume, respiratory frequency and pulmonary ventilation were measured using a breath-by-breath expiratory gas analyser in 13 male water polo players aged 16-22 (18.8±2.0) years. At equal workload (75 Watt) the oxygen consumption, heart rate, tidal volume, respiratory frequency and pulmonary ventilation were statistically higher ( $p<0.001$ ) during arm cranking than cycling. The maximal workload for arm cranking was % 35 lower than that for cycling (75 vs 267.3 ± 34.4 Watt). At the maximum workload heart rate ( $p<0.01$ ), tidal volume ( $p>0.001$ ) and pulmonary ventilation ( $p<0.005$ ) were lower during arm cranking than cycling. Oxygen consumption and respiratory frequency were not to be found significantly different. Previous investigators have reported that an individual will achieve lower peak oxygen uptake during arm cranking compared with cycling. However, results of this study indicate that aerobic training specific to upper body would increase oxygen consumption in water polo players.

(\*) Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

(\*\*) Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

## **GİRİŞ**

Tarımda, ormancılıkta, endüstride, uzay araştırmalarında ve sporun birçok dalında üst ekstremite kas grupları yoğun şekilde kullanılmaktadır (23, 32, 39, 53).

Alt ekstremitelerini kullanamayan özürlü kişiler ve yaşlı bireyler de günlük aktivitelerini üst ekstremitelerini kullanarak yapabilmektedirler (17, 21, 22, 32, 35, 53, 59).

Üst ekstremitelerini alt ekstremitelere oranla daha yoğun şekilde kullanan yüzme, sutopu, kürek, kayak, rüzgar sörfü gibi sporları yapan sporcuların saha koşullarında ve spora özgü egzersizleri sırasında organizmanın fizyolojik yanıtlarını incelemedeki güçlükler araştırıcıları bu sporlarla ilgili çalışma yapmalarını engellemiştir (1,49).

Su sporlarındaki fizyolojik yanıtları incelemek için yapılan havuzların tüm dünyada sınırlı sayıda ve yüksek teknoloji gerektirdiği için çok pahalı olması, bu sporları yapan kişilerin verimli bir şekilde test edilmesini önlemektedir (27, 30, 49).

Bu amaçla, optimal koşulları tam olarak sağlamasa bile sporcuların havuzlara oranla daha kolay bulunan, ucuz ve optimal koşullara yakın sistemlerle test edilmesi düşüncesi ortaya atılmıştır (24,30,40,49).

Yüzme ve sutopu sporu yapan sporcular hem alt ekstremitelerini hem de üst ekstremitelerini değişik oranlarda kullanmaktadırlar (13,30,33,40,49). Üst ekstremitedeki fizyolojik yanıtları kol ergometresinde, alt ekstremitedeki fizyolojik yanıtları ise bisiklet ergometresinde inceleyip iki egzersiz arasındaki yanıt farklılıklarını incelemek olasıdır. Kol ve bisiklet ergometresindeki egzersizlere organizmanın verdiği fizyolojik yanıtların karşılaştırıldığı çalışmaları çok değişik yaş gruplarından sedanter ve sporcular üzerinde yapılmıştır (4,5,8,9,10,11, 12,18,19,25,29,42,43,44,48,53,54,56,61).

Yüzme sırasında hangi kas grubunun hangi oranlarda kullanıldığı son yıllara kadar bilinmemekteydi. Bunun nedeni su içinde elektromyografik çalışmaların çok zor olmasıydı. Ancak son yıllarda telemetrik elektromyografik ve biyomekanik çalışmaların yüzmede de yapılmaya başlaması yüzme sırasındaki kas aktiviteleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamıştır (47,49,58).

Hareket analizörleriyle senkronize kayıt yapabilen elektromyografi cihazları sayesinde yüzmede kol ve bacak hareketleri sırasında kas gruplarının elit yüzücü ve sedanterlerde (antrenmansız kişilerde) farklı aktivitelerde olduğu saptanmıştır (47;49). Aradaki en büyük farkın da vücudu suyun üzerinde en uygun pozisyonda (Streamline) tutmayı sağlayan gövde ve karın kaslarında olduğu bildirilmektedir. Genellikle serbest yüzme sırasında suyu çekici gücün kol ve omuz kasları tarafından sağlandığı, bacak kaslarının bunlara destekle-

yici rol oynadıkları düşünülür. Clarys, elit ve daha az başarılı sporcularla yaptığı çalışmada *gluteus maximus* ve *rektus abdominis* gibi gövde kaslarının kol ve omuz kaslarından daha önemli rol oynadıklarını, doğru ve yanlış yüzme teknikleri arasındaki farkın gövde, pelvik ve bacak kaslarının aktivitelerine bağlı olduğunu iddia etmektedir. Yapılan çalışmalarla kasların bir kulağın başından onu izleyen kulağın başına kadar suyun içinde kayma, suyu çekme ve itme hareketleri nedeniyle birden fazla aktivite kazandığı da gözlenmiştir (49).

Bu çalışma, sporcuların antrenman farklılıklarını minimale indirmek amacıyla, aynı tip antrenmanı haftanın altı günü yapan Türkiye sutopu birinci liginde oynayan bir sutopu takımının onüç erkek sporcusu ile yapılmıştır.

Kol ergometresi, üst ekstremitte kas gruplarının egzersizlerine fizyolojik yanıtların alınmasında güvenli ve tekrarlanabilir olan ve en çok kullanılan ergometre tipidir. Bisiklet ergometreleri kolaylıkla kol ergometrelerine modifiye edilebilmektedir (23,40). Genellikle alt ekstremitte egzersizlerinde uygulanan test prensipleri üst ekstremitte egzersizleri için de kullanılmaktadır. Literatürdeki kesikli ve sürekli kol ergometresi metodolojisi ve protokolleri hemen hemen standardlaştırılmıştır. Ancak araştırmacılar çalışmalarının amaçlarına bağlı olarak farklı pedal yüksekliği, gövdeyi sabitleştirme (torso restraints), değişik pedallama hızları ve paternleri uygulamaktadırlar (5,6,7,8,9, 11,16,20,28,29,30,36,37,41,43,45,46,52,53,57).

#### **YÖNTEM VE GEREÇLER**

Araştırmaya 16-22 yaşları arası (ortalama yaş  $18.7 \pm 2.0$ ) aynı takımın 13 erkek sutopu oyuncusu katılmıştır. Sporcuların son iki yıllık antrenman programı haftada 6 gün olmak üzere, yaz aylarında (yaklaşık 2.5 ay) günde çift, kış aylarında günde tek antrenman olduğu saptandı. Her antrenmanda bütün sporcuların yaklaşık 3.5 kilometre serbest yüzdüğü, daha sonra ise özel sutopu antrenmanlarına devam ettikleri tesbit edildi.

#### **ARAŞTIRMANIN UYGULANDIĞI YER:**

Araştırma tavan yüksekliği 3 metre olan, yaklaşık 40 metrekarelik bir laboratuvarında  $18-20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta, %45-50 bağıl nemde ve 720 mm Hg'lik basınçta yapılmıştır.

#### **ARAŞTIRMADA KULLANILAN ALETLER: BİSİKLET ERGOMETRESİ:**

Bisiklet ergometresindeki egzersiz kefelî tip 814 E Model Monark bisiklet ergometresinde uygulanmıştır. Yükleme mekanik frenleme ile yapılmıştır. Bisiklet ergometresindeki mekanik frenleme bir kefeye asılan ağırlıkların, tekerleğin çevresindeki kayışın tekerlek üzerine uyguladığı sürtünme kuvvetini artırması ile sağlanmıştır. Monark bisiklet ergometresi bir pedal çevriminde altı metre mesafe katedilecek şekilde dizayn edilmiş bir ergometredir. Bisiklet pedalı dakikada 50 devir sayısı ile çevrildiğinde 300 metre/dakika mesafe ka-

tedilmektedir. Tekerlekleğe 1 kilogramlık bir sürtünme kuvveti uygulandığında 300 kilogrammetre/dakikalık (yaklaşık 50 Watt) yük oluşturulabilmektedir. Kefeli bisikletlerde kefe ağırlığı direk olarak kayışa yansıdığı için ayrı olarak kalibrasyon yapma gereği görülmemektedir. Kefe ağırlığı hem yük hem de kalibrasyon olarak kullanılmaktadır.

#### **KOL ERGOMETRESİ:**

Kol ergometresindeki egzersiz Monark firması tarafından geliştirilmiş Rehab Trainer kol ergometresinde yapılmış, yükleme bisiklet ergometresinde olduğu gibi mekanik frenleme ile sağlanmıştır. Mekanik frenleme bir yay ve vida yardımıyla kayış tekerlek sürtünme sistemine iletilerek elde edilmiştir. Testlere başlamadan önce standart ağırlıklarla ergometrenin kalibrasyonu yapılmıştır.

#### **KALP ATIM HIZI ÖLÇÜMÜ:**

Kalp atım sayısı Morgan Exercise Test System'in kalp monitörü ile izlenmiştir. İletkenliği jelle sağlanan yüzeysel elektrodların vücut yüzeyine yapıştırılmasıyla kalbin elektriksel potansiyeli aygıtta iletilmiştir.

#### **OKSİJEN TÜKETİMİ, SOLUK HACMİ, SOLUNUM ÖLÇÜMÜ:**

Araştırmaya katılan sporcuların oksijen tüketimi, solunum frekansı, soluk volümü değerleri Morgan Exercise Test System aracılığı ile IBM uyumlu SX 80386 bilgisayara kaydedilmiştir. Aygıt her solunum sırasındaki soluk hacimleri bir akım transdüseri yardımıyla, ayrıca her ekspirasyon havasında oksijen ve karbondioksit miktarını gaz analizörleri yardımıyla ölçebilmektedir.

Aygıt oksijen analizini Zirkonyum hücresi yardımıyla, Karbondioksit analizini ise infrared metoduyla tayin etmektedir. Aygıtın birinci kalibrasyonu her test öncesi ortam sıcaklığı, bağıl nemi ve atmosferik basınca karşılık gelen ortam oksijeni ve karbondioksiti ile, ikinci kalibrasyonu ise içinde karbondioksit ve oksijen karışım yüzdeleri bilinen bir tüple yapılmıştır.

#### **YÖNTEM ARAŞTIRMA KOŞULLARI**

Araştırmada yer alan denekler, sporcu olmaları nedeniyle maksimal yüklenmeyi uygulayabilecek düzeydeydiler. Araştırma öncesi tüm deneklere ayrıntılı bilgi verilmiş ve araştırmaya gönüllü olanların katılmaları istenmiştir.

Deneklerin testlere uyum sağlayamamaları nedeniyle performansta görülebilecek değişiklikleri minimuma indirmek için, test protokolleri ile ilgili bilgiler verilmiş ve testleri denemelerine olanak sağlanmıştır. Tüm testlerde deneklerin tokluk durumları kontrol edilmiş ve test günlerinde testlerden en az 2 saat önce hafif bir kahvaltılı yada yemek yemelerine dikkat edilmiştir. Aç olmaları ve aşırı tokluk halinde denekler teste alınmamıştır.

Deneklerin kendilerinde hissettikleri alışılmışın dışındaki durumları bildirmeleri, test öncesi zorlayıcı fizik veya diğer eforlardan kaçınmaları istenmiştir.



Hasta yada teste isteksiz olan denekler teste alınmamış ve test bir başka güne bırakılmıştır. Her deneğin iki testi arasındaki sürenin en az 2 gün en fazla 7 gün olmasına dikkat edilmiştir ve her iki teste de günün aynı saatinde alınmışlardır. Her deneğe ilk önce kol ergometresi egzersizi, ikinci gelişinde ise bisiklet ergometresi egzersizi uygulanmıştır. Her denemeden önce egzersizin yüksek şiddette olma özelliği deneklere önemle hatırlatılmıştır.

Ortam şartları, sıcaklık ve nem oranı test günlerinde ölçülmüştür. Aşırı sıcak ve soğuk çevrenin periferik dolaşımı değiştirebileceği ve performans değişkenlerini etkileyebileceği göz önüne alınmıştır. Bu sebeple test odasının sıcaklığı, ısıtma sistemiyle 18-22°C'ta sabit tutulmaya çalışılmıştır.

Araştırma 1993 yılının mayıs ayında yapılmış ve araştırma süresince aşırı sıcak ve soğuk günler olmamıştır.

#### **KOL ERGOMETRESİ EGZERSİZİ:**

Testlerde kullanılan Monark kol ergometresi bir çelik masa üzerine sabitleştirilmiş şekilde kullanılmıştır. Kol ergometresindeki egzersiz krank yüksekliği omuz seviyesinde olacak şekilde oturur pozisyonda uygulanmış, teste başlamadan önce dinlenim kalp atım sayısının normale dönmesini sağlamak amacıyla sporcunun test pozisyonunda yaklaşık 10 dakika hareketsiz oturması sağlanmıştır. Yine bu dönemde metabolik hızın standartlaştırılması açısından test öncesi oksijen tüketiminin 300-500 ml/dakika arasında olmasına dikkat edilmiş, aşırı oksijen tüketimi durumlarında test başlatılmamış, bir süre dinlendikten sonra yeniden teste geçilmiştir. Egzersize başlamadan önceki 1 dakika içindeki dinlenim kalp atım sayısı, oksijen tüketimi, solunum hacmi, solunum frekansı kayıtları alınmış, bu sürenin sonunda 25 Watt başlangıç yükü olmak üzere dakikada 50 devir sayısında kol ergometresi egzersizine başlanmıştır. Denekler ergometreyi 50 devir sayısında sabit tutmaları için sürekli uyarılmıştır. Kol ergometresinde denge durumuna ulaşma süresi en az iki dakika olduğu dikkate alınarak ikinci yükleme 3.dakikanın sonunda yapılmıştır (4). Üçer dakikalık aralarla 25'er Wattlık yüklemeler yapılmış, deneklerin ulaşabildikleri maksimum yüke kadar kol ergometresini dakikada 50 devir sayısında çevirmesi sağlanmıştır. Deneklerin dakikada 50 devir sayısını sabit tutabilmesi ve testi mümkün olduğunca kapasitesinin sonuna kadar sürdürebilmesi için sözlü uyarı ve desteklemelerde bulunulmuştur.

Kol egzersizi testi mümkün olduğunca aktif kas gruplarının miktarını artırmak amacıyla dizayn edilmiştir. Vücut postürünü stabilize eden ve üst ekstremitenin rotasyonel hareketlerini sağlayan kas gruplarının izometrik kasılmalarını önlediği, kan akımını ve solunumu önlediği için deneklere gövdeyi sabitleştirme işlemi (torso restraints) uygulanmamıştır.

#### **BİSİKLET ERGOMETRESİ EGZERSİZİ:**

Testlerde kullanılan bisiklet ergometresi kefeli tip Monark 814 E, sabit bir

yerde bulundurulmuştur. Her denemede sele yüksekliği, pedal aşağı pozisyonunda iken topuk pedala basacak ve bacak düz olacak şekilde deneye göre ayarlanmıştır. Testler hep aynı ergometrede ve yük mekanizmaları her defasında kontrol edilerek olası ölçme hataları önlenmeye çalışılmıştır (2).

Teste başlamadan önce dinlenme kalp atım hızı ve metabolizma hızının normale dönmesini sağlamak amacıyla denegin sele üzerinde yaklaşık 10 dakika oturması sağlanmıştır. Kol ergometresinde olduğu gibi metabolik hızın standartlaştırılması açısından test öncesi oksijen tüketiminin 300-500 ml/dakika arasında olmasına dikkat edilmiştir. Egzersize başlamadan önceki 1 dakika içindeki dinlenme kalp atım sayısı, oksijen tüketimi, solunum hacmi, solunum hacmi, solunum frekansı kayıtları alınmış, bu sürenin sonunda 75 Watt başlangıç yükü olmak üzere kol ergometresiyle uyumlu olması için dakikada 50 devir sayısında bisiklet ergometresi egzersizine başlanmıştır. Denekler ergometrede 50 devir sayısını sabit tutmaları için uyarılmıştır. Bisiklet ergometresinde denge durumuna ulaşma süresi kol ergometresindeki gibi en az iki dakika olduğu dikkate alınarak ikinci yükleme 3.dakikanın sonunda yapılmıştır (4). Üçer dakikalık aralarla 50'şer Wattlık yüklemeler yapılmış, deneklerin ulaşabildikleri maksimum yüke kadar bisiklet ergometresini dakikada 50 devir sayısında çevirmesi sağlanmıştır. Deneklerin dakikada 50 devir sayısını sabit tutabilmesi ve testi mümkün olduğunca kapasitesinin sonuna kadar sürdürebilmesi için sözlü uyarı ve desteklemelerde bulunulmuştur.

#### **Kol ve Bisiklet Ergometresi Egzersiz Testlerini Sonlandırma Kriterleri:**

- Deneğin kendi isteğiyle testi sonlandırmak istemesi
- Deneğin dakikada 50 devir sayısına ulaşamaması.

#### **KALP ATIM HIZI:**

Kalp atım hızı kardiak monitörle izlenmiştir. Elektrokardiyografin negatif elektrodu sağ klavikula üzerine, pozitif elektrodu 5. kaburganın orta klaviküler hattına, referans elektrodu da sol klavikulanın üzerine gelecek şekilde vücut yüzeyine yapıştırılan jelli elektrodlarla elektrokardiyogramın 2. derivasyonu kalp monitöründe izlenmiştir. EKG trasesi ve kalp monitörü tarafından otomatik olarak hesaplanan kalp atım hızları test boyunca ve toparlanma döneminde sürekli olarak gözlenmiş. Olası kalp ritm bozukluklarına dikkat edilmiştir. Kalp atım hızları da kalp monitörü yardımıyla kullanılan bilgisayarın belleğine kaydedilmiştir.

#### **OKSİJEN TÜKETİMİ ÖLÇÜMÜ:**

Morgan Exercise Test System aygıtı ile her ekspirasyon havasındaki oksijen miktarı otomatik olarak analiz edilmiştir. Ortam havasındaki oksijen ile ekspirasyon havasındaki fark otomatik olarak hesaplanarak her soluktaki oksijen tüketim değeri ortamın sıcaklığı, bağıl nemi ve basıncına göre STPD olarak hesaplandıktan sonra ml/dakika cinsinden bilgisayara otomatik olarak

kaydedilmiştir. Zamana karşı oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi grafiklerinin anında izlenmesi sağlamış, böylece analiz sırasında oluşabilecek anormal metabolik değerler izlendiğinde test sonlandırılmıştır.

#### **SOLUK HACMİ, SOLUNUM FREKANSI ÖLÇÜMÜ:**

Morgan Exercise Test System aygıtı ile her ekspirasyon havasının hacmi ve iki ekspirasyon arasındaki süreden de o andaki solunum frekansı otomatik olarak hesaplanarak bilgisayarın sabit diskine kaydedilmiştir.

#### **VERİLERİN ANALİZİ:**

Her egzersizden sonra tüm veriler bilgisayarın sabit diskine kaydedilmiş, ayrıca her beş solukta bir ortalama alınacak şekilde programlanmıştır. 1 dakikalık dinlenme periyodu, her yük için üçer dakikalık periyodlar ve egzersiz sonu üçer dakikalık üç toparlanma periyodunun kalp atım hızları, oksijen tüketim miktarı, soluk hacmi solunum frekansı, pulmoner ventilasyon değerlerinin ortalamaları alınacak şekilde bilgisayar çıktısı alınmıştır. Sonuçlar daha sonra istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Her testte ulaşılan maksimum kalp atım sayıları, maksimum oksijen tüketimi, soluk hacmi ve solunum frekansı değerleri de tespit edilerek istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma verilerinin analizinde SYSTAT istatistik paket programı kullanılmıştır. Verilerin ortalamaları arasındaki farkların istatistiki anlamlılık düzeyleri, t testi ile ikişer ikişer karşılaştırarak test edilmiştir ( $p < 0.001$ , 0.05 güven aralığında).

#### **BULGULAR**

Araştırmaya katılan 13 deneğin yaş ortalamaları  $18.8 \pm 2.0$  yıl, antrenman süreleri  $6.7 \pm 2.9$  yıl, boy ortalamaları  $174 \pm 6.9$  cm., vücut ağırlıkları ortalamaları  $66.9 \pm 9.3$  kg, vücut yağ oranı ortalamaları  $\%6.4 \pm 2.1$  ve yağsız vücut ağırlığı ortalamaları  $62.4 \pm 7.5$  kg olarak tespit edilmiştir.

Deneklerin her yük için 3 dakikalık süreyi tamamlaması beklenmiştir. Kol ergometresinde altı denek 75 Watt'ta 3 dakika egzersiz yapmış, bir sonraki yük olan 100 Watt'ta egzersizi sürdürememiştir. Geri kalan 7 denek ise 75 Watt'ta en az 2 dakika egzersiz yapabilmiş ancak yorgunluk nedeniyle testi sonlandırmıştır. Denge durumuna ulaşma süresi 2 dakika olarak bildirildiğinden (4) tüm deneklerin kol ergometresinde ulaştıkları maksimum yük 75 Watt olarak değerlendirilmiştir. Ancak tüm verilerin ortalamasının alınmasında kullanılan bilgisayar programının elverişli olmaması nedeniyle deneklerin üç dakikayı tamamladıkları en son yükteki veri ortalamaları kullanılmıştır. Bisiklet ergometresinde dört denek 225 Watt, 7 denek 275 Watt ve 2 denek ise 325 Watt sonunda testi sonlandırmışlardır. Ulaşılan maksimum yük ortalama olarak  $267.3 \pm 34.4$  olarak tespit edilmiştir.

Her iki ergometrede dinlenme dönemi, maksimum yükler ve toparlanma

dönemleri oksijen tüketim değerleri arasında istatistiksel fark tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). 75 Watt'taki egzersiz yükünde kol ergometresindeki oksijen tüketimi bisiklet ergometresine oranla fazla bulunmuştur ( $p<0.001$ ).

Ergometrelerin oksijen tüketim değerleri açısından karşılaştırmaları tablo 1 ve Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin oksijen tüketim değerlerinin karşılaştırması.**

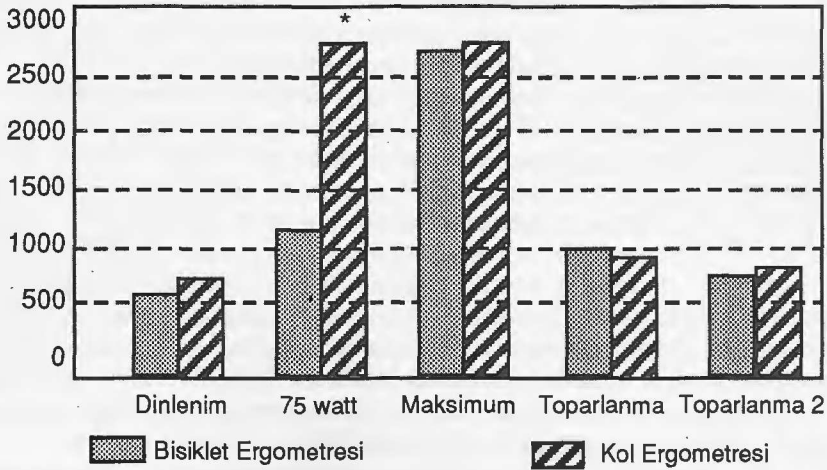
	Bisiklet Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	Kol Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	TTest
Dinlenme	657.846 $\pm$ 203.695	784.308 $\pm$ 298.912	$P>0.05$
75 Watt	1234.615 $\pm$ 216582	2792.692 $\pm$ 904.251	$P<0.001$
Maksimum	2725.462 $\pm$ 663.900	2792.692 $\pm$ 904.251	$P>0.05$
Toparlanma 1	999.077 $\pm$ 234.325	945.769 $\pm$ 327.685	$P>0.05$
Toparlanma 2	713.500 $\pm$ 147.522	732.923 $\pm$ 226.003	$P>0.05$

Toparlanma 1: İlk üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

Toparlanma 2: İkinci üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

Şekil 1: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin oksijen tüketim değerlerinin karşılaştırması.

**OKSİJEN TÜKETİMİ (ml/dk)**



\*  $P<0.001$



Her iki ergometrede dinlenme dönemi ve toparlanma dönemleri kalp atım hızı değerleri arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 75 Watt'taki egzersiz yükünde kol ergometresinde ( $p<0.001$ ), maksimum yüklerde de bisiklet ergometresinde kalp atım hızı daha fazla bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Ergometrelerin kalp atım hızı değerleri açısından karşılaştırmaları tablo 2 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin kalp atım hızları değerlerinin karşılaştırması.**

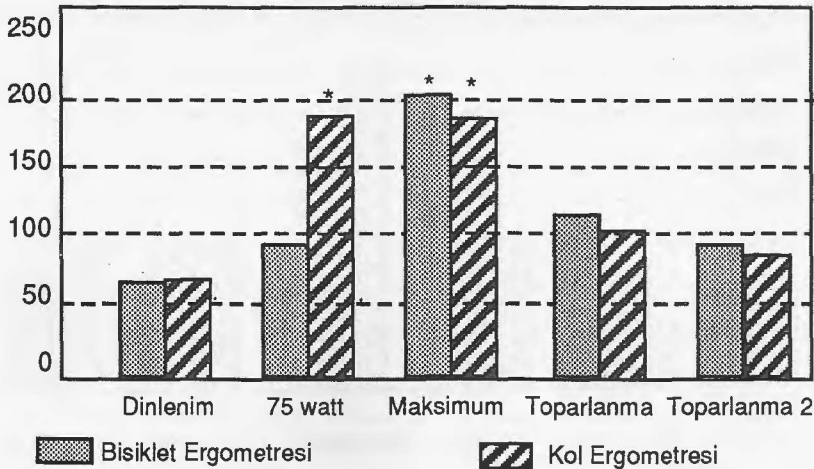
	Bisiklet Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	Kol Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	TTest
Dinlenim	69.154 $\pm$ 4.828	70.615 $\pm$ 6.640	P>0.05
75 Watt	94.231 $\pm$ 7.362	186.692 $\pm$ 15.402	P<0.001
Maksimum	200.615 $\pm$ 4.718	186.692 $\pm$ 15.402	P>0.01
Toparlanma 1	112.769 $\pm$ 16.518	103.000 $\pm$ 14.053	P>0.05
Toparlanma 2	88.583 $\pm$ 5.282	84.769 $\pm$ 7.758	p>0.05

*Toparlanma 1: İlk üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.*

*Toparlanma 2: İkinci üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.*

Şekil 2: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin kalp atım hızları değerlerinin karşılaştırması.

**KALP ATIM HIZI (VURU/DAKİKA)**



\* P<0.001 \*\* P<0.01

Her iki ergometrede dinlenme dönemi ve toparlanma dönemleri soluk hacmi değerleri arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 75 Watt'taki egzersiz yükünde kol ergometresinde ( $p<0.001$ ), maksimum yüklerde bisiklet ergometresinde soluk hacmi değerleri fazla bulunmuştur ( $p<0.001$ ).

Ergometrelerin soluk hacmi değerleri açısından karşılaştırmaları tablo 3 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

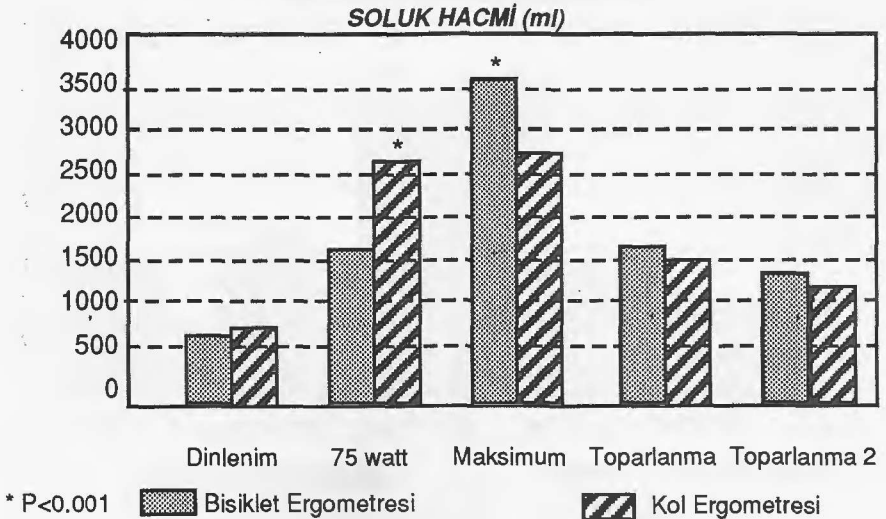
Tablo 3: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin soluk hacmi değerlerinin karşılaştırması.

	Bisiklet Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	Kol Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	TTest
Dinlenme	745.077 $\pm$ 270.338	880.077 $\pm$ 311.127	P>0.05
75 Watt	1606.385 $\pm$ 469.506	2746.538 $\pm$ 599.113	P<0.001
Maksimum	3486.385 $\pm$ 705.967	2746.538 $\pm$ 599.113	P>0.001
Toparlanma 1	1695.157 $\pm$ 549.543	2746.538 $\pm$ 256.985	P>0.05
Toparlanma 2	1359.727 $\pm$ 291.106	1232 $\pm$ 286.776	p>0.05

Toparlanma 1: İlk üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

Toparlanma 2: İkinci üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

**Şekil 3: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin soluk hacmi değerlerinin karşılaştırması.**





Her iki ergometrede dinlenme dönemi, maksimum yükler ve ikinci üç dakikalık toparlanma dönemi solunum frekansı değerleri arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 75 Watt'taki egzersiz yükünde ( $p<0.001$ ) ve ilk üç dakikalık toparlanma döneminde ( $p<0.05$ ) kol ergometresindeki solunum frekansı değeri bisiklet ergometresine oranla fazla bulunmuştur.

Ergometrelerin solunum frekansı değerleri açısından karşılaştırmaları tablo 4 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.

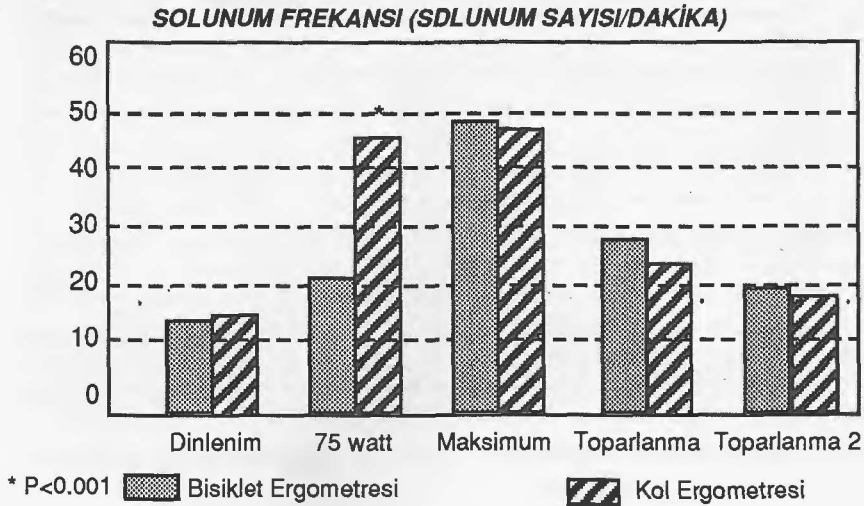
**Tablo 4: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin solunum frekansı değerlerinin karşılaştırması.**

	Bisiklet Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	Kol Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	TTest
Dinlenme	15.977 $\pm$ 4.485	15.046 $\pm$ 3.51	P>0.05
75 Watt	21.131 $\pm$ 7.183	48.462 $\pm$ 6.3981	P<0.001
Maksimum	49.077 $\pm$ 6.500	48.462 $\pm$ 6.398	P>0.05
Toparlanma 1	28.400 $\pm$ 5.817	24.323 $\pm$ 6.865	P>0.05
Toparlanma 2	21.630 $\pm$ 4.821	20.577 $\pm$ 4.825	p>0.05

Toparlanma 1: İlk üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

Toparlanma 2: İkinci üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

**Şekil 4: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin solunum frekansı değerlerinin karşılaştırması.**



Her iki ergometrede dinlenme dönemi ve ikinci üç dakikalık toparlanma döneminde pulmoner ventilasyon değerleri arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 75 Watt'taki egzersiz yükünde ( $p<0.001$ ) kol ergometresinde, maksimum yükte ve ilk üç dakikalık toparlanma döneminde ( $p<0.01$ ) bisiklet ergometresinde ( $p<0.005$ ) pulmoner ventilasyon değerleri fazla bulunmuştur. Ergometrelerin pulmoner ventilasyon açısından karşılaştırmaları tablo 5 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.

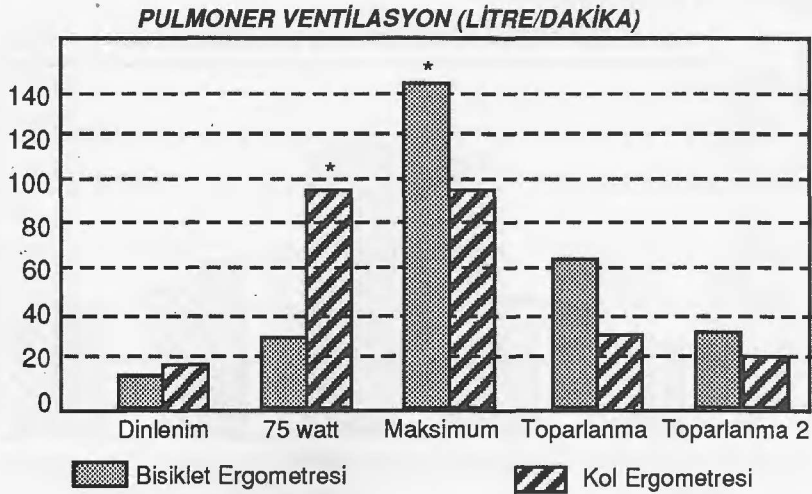
**Tablo 5: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin pulmoner ventilasyon değerlerinin karşılaştırması.**

	Bisiklet Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	Kol Ergometresi Ortalama $\pm$ STD	TTest
Dinlenme	11.565 $\pm$ 4.103	13.026 $\pm$ 4.669	$P>0.05$
75 Watt	31.658 $\pm$ 6.111	97.832 $\pm$ 23.999	$P<0.001$
Maksimum	127.981 $\pm$ 24.948	97.832 $\pm$ 23.999	$P>0.005$
Toparlanma 1	48.248 $\pm$ 18.064	30.351 $\pm$ 11.940	$P>0.01$
Toparlanma 2	28.654 $\pm$ 6.607	21.548 $\pm$ 8.139	$p>0.05$

Toparlanma 1: İlk üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

Toparlanma 2: İkinci üç dakikadaki toparlanma dönemini ifade etmektedir.

**Şekil 5: Bisiklet ve kol ergometresinde dinlenme dönemi, 75 Watt, maksimum yükler ve toparlanma dönemlerinin pulmoner ventilasyon değerlerinin karşılaştırması.**



\*  $P<0.001$  \*\*  $P<0.005$  \*\*\*  $P<0.01$

## **TARTIŞMA**

Bisiklet ergometresi ve kol ergometresinin fizyolojik yanıtlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda sonuçlar vücut postürüne, gövdenin sabitleştirilip sabitleştirilmemesine, krank yüksekliğine, araştırmaya alınan denek grubunun yaşlarına, antrenman durumlarına, kol spesifik yada bacak spesifik bir sporu yapıp yapmadıklarına, özürli olup olmamalarına, kullanılan ergometrelerin cinslerine, uygulanan metodolojiye, yapılan testin sürekli yada kesikli protokol oluşuna, kol pedallama hızlarının sabit yada değişken oluşuna göre farklılık göstermektedir (5,6,7,8,9,11,16,20,28,29,30,36,37,41,43,45,46,52,53,57).

Kol ergometresi genellikle gövdeyi sabitleştirmeden (no torso restraints) uygulanmaktadır. Bunun amacı vücut postürünü sağlayan kasların izometrik kasılmasını ve gövdenin rotasyonel hareketlerinin kısıtlanmaması, kan akımı ve solunumun sınırlanmaması ve mümkün olduğunca aktif kas kitle miktarını artırmaktır (53). Bu nedenle bu çalışmada gövde sabitleştirilmemiştir.

Kol ergometrelerinde uygulanan protokollerin karşılaştırıldığı çalışmalarda kesikli, sürekli ve jump max test protokollerinin çok farklı sonuçları ortaya çıktığı görülmektedir (7,15,30,32,46,51,53,60,62).

Kesikli protokollerle yapılan çalışmalarda sürekli protokollere oranla ulaşılan maksimum oksijen tüketimi ve maksimum yükün daha fazla olduğu bulunmuştur. Ancak yeni uygulanmaya başlanan jump max testte ulaşılan maksimum oksijen tüketimi ve maksimum yük diğer iki protokolden de fazla bulunmuştur (53,62,60).

Jump Max Test diğerlerine oranla daha kısa süren ve yüklemelerin her yükte denge durumuna ulaşılmadan, daha kısa sürelerde yapıldığı ve kol pedallama hızının dakikada ortalama 80 devir sayısı olduğu bir testtir (31,60).

Üst ekstremitte egzersizlerini sınırlayan faktörlerin merkezi faktörlerden çok lokal yorgunluk ve kas perfüzyonu gibi periferik faktörler olduğu bilinmektedir. Yüklerin çok kısa aralıklarla artırılması ve yükler arasında dinlenme periyodlarının uygulanması lokal yorgunluk etkilerini minimuma indirmektedir. Yüksek pedallama hızlarının kullanılması da, kas içi basıncın egzersizi etkilemesini minimuma indirmeyi amaçlamaktadır (31,60).

Literatürdeki çalışmalarda uygulanan protokoller çok farklıdır. Kesikli protokollerde yükler arasındaki duraklama süreleri 1 dakikadan 15 dakikaya kadar değişmektedir (53,60,62). Sürekli protokollerde bile çoğunlukla her yükleme sonunda kan basıncı ölçümü ve laktik asit tayini en az 30 saniyelik duraklama dönemleri bulunmakta, bu kısa duraklamaların bile lokal yorgunluk oluşturan faktörleri kastan uzaklaştırdığı düşünülmektedir (32,53).

Bu çalışmada sürekli protokol uygulanmış hiçbir şekilde yükler arasında duraklama periyodları bulunmamıştır. Bu nedenle protokol açısından lite-

ratürdeki çalışmalardan farklıdır.

### **EGZERSİZ ÖNCESİ DİNLENME DÖNEMİ**

Egzersiz öncesi dinlenme döneminde aynı bireylerde farklı günlerde oksijen tüketimi, kalp atım sayıları, solunum frekansı, soluk hacmi ve pulmoner solunum değerlerinde, açlık yada tokluk, psikolojik stres, fiziksel aktivite gibi etkenler nedeniyle farklılık görülebilir (4,38,50). Bu da yapılacak testin sonucunu baştan etkileyebilir.

Bu çalışmada bu dönemde her iki ergometrede egzersiz öncesi söz konusu değerlerde fark bulunmamıştır. Yani denekler her iki egzersize de literatürde de belirtildiği gibi hemen hemen eşit fizyolojik koşullarla başlamışlardır (4,38,50).

### **AYNI İŞ YÜKÜNDEKİ (75 WATT) EGZERSİZ DÖNEMİ**

Hem alt hem de üst ekstremite egzersizlerinde kalp debisini sağlayan merkezi kontrol mekanizmalarının ortak olmasına karşın, kol ve bisiklet ergometrelerinde aynı egzersiz yükünde farklı fizyolojik yanıtlar alındığı tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda aynı iş yükünde oksijen tüketimi, kalp atım sayısı, kan laktik asit konsantrasyonu, soluk hacmi, solunum frekansı değerleri kol ergometresinde daha fazla bulunmuştur (8,9,10,11,18,29,32,37,43,48,53,56,57). Yine aynı şekilde bu çalışmada da aynı iş yükünde (75 Watt) oksijen tüketimi, kalp atım sayısı, solunum frekansı, soluk hacmi ve pulmoner ventilasyon değerleri kol ergometresinde bisiklet ergometresine oranla daha fazla bulunmuştur.

Kol ergometresinde daha küçük bir kas kitlesi aynı dirence karşı çalışmaktadır. Birim kas başına düşen yük miktarı bisiklet ergometresine oranla kol ergometresinde daha fazladır. Bu yüzden enerji gereksinimi aynı iş yükünde kol ergometresinde bisiklet ergometresinden daha fazladır. Çalışan kaslarda oksijen tüketimi daha fazladır ve çalışan kasa oksijen gereksinimini karşılamak amacıyla kalp atım hızı, soluk hacmi, solunum frekansı ve pulmoner ventilasyon artmaktadır. Bisiklet ergometresinde aynı iş yükünde birim kas başına düşen yük miktarı az olduğundan çalışan kasların metabolik gereksinimleri de az olmakta ve kol ergometresine oranla bisiklet ergometresinde aynı iş yükünde oksijen tüketim miktarı düşük bulunmaktadır (8,9,18,29,37,43,53,57).

Bisiklet ergometresinde bacak ağırlık merkezi yukarıdadır, kol ergometresinde ise 'kol pedalla' aynı seviyededir. Bacağın daha yukarıda olması yerçekimi etkisiyle bacak kitlesinin serbest düşmeye uğramasına neden olur. Bu pedala bacak kitlesi ağırlığı kadar bir kuvvet miktarında mekanik bir avantaj sağlar. Buna bağlı olarak pedallama sırasında kas relatif olarak daha az kasılarak aynı işi yapar (31). Koldaki pedallama sırasında ise kolun geniş bir fleksiyon yapmasına gerek duyulmaktadır (53).



Üst ekstremite kasları alt ekstremite kaslarına oranla daha zayıftırlar. Sawka teorik olarak üst ekstremitesi güçlü bireylerin lokal kas yorgunluğu nedeniyle egzersizi sonlandırmadan çok yüksek kardiyorespiratuvar yanıtların alınabileceğini belirtmiştir.

### **MAKSİMUM EGZERSİZ DÖNEMİ**

Kol ergometresinde deneklerin ulaştığı ortalama maksimal yük (75 Watt), bisiklet ergometresinin ( $267.3 \pm 34.4$  Watt) %35'i kadardır. Bireylerin ulaşabildikleri maksimum yük bisiklete oranla kol ergometresinde daha az olması daha az oksijen tüketebileceğini düşündürmektedir (53). Bu konuyla ilgili yapılmış çalışmaların karşılaştırmaları tablo 6'da verilmiştir. Çalışmalarda kol ergometresi/bisiklet ergometresi maksimum oksijen tüketimleri oranının %36-%89 arasında ortalama %73 oranında olduğu gözlenmektedir. Ceretelli, Seals, Vrijens üst ekstremite egzersizleri yapan bireylerde bu oranın %90'a yakın olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanısıra sedanterlerde bu oran ortalama %60 civarındadır (8,19,20,30,32,45,52,53,54).

Maksimum oksijen tüketimi kalp debisi gibi merkezi, kasların oksijeni kandan alıp kullanabilmesi gibi periferik faktörlere bağlıdır. Yoğun antrenman programlarıyla myokard kontraktilesinin artması ve sol ventrikül hipertrofisi gibi merkezi komponentte fizyolojik adaptasyonların oluşması, hem alt ekstremite hemde üst ekstremite egzersizlerinde maksimum oksijen tüketimini artırmaktadır. Bunun yanısıra, yavaş kasılan kas liflerinin fazla olması gibi genetik farklılıklar ve antrenmanlarla ekstremite oksijen kullanma kapasitesinin geliştirilmiş olması, alt ekstremite ve üst ekstremite oksijen tüketimleri arasında fark oluşturabilmektedir (28,53).

Kol ergometresinde maksimum yüklenmede aktif kas kitlesinin az oluşu, kas kan akımının azalmış olması, yetersiz kalp atım hacmi nedeniyle kalp debisinin azalmış olması, oksijen tüketiminin bisiklet ergometresine oranla daha az olmasına neden olan en önemli faktörler olduğu iddia edilmektedir (53). Ancak bu durum bireyin antrenman durumu ve kol spesifik yada bacak spesifik spor yapma yapmamasına göre farklılık göstermektedir (53,54).

Literatürde yüzücülerde yapılan iki çalışmada kol ergometresi/bisiklet ergometresi maksimum oksijen tüketimi oranları %65 ve %82 bulunmuştur. İlk çalışmada araştırmaya katılan yüzücülerin ortalama 2 yıldır yüzme sporu yaptıkları ancak antrenman yoğunluğu konusunda bir bilginin bulunmadığı saptanmıştır (30). Diğer çalışmada ise sporcuların antrenman koşulları ile ilgili bilgi yoktur (54). Bu nedenle bu çalışmalara katılan sporcuların yüzmeye spesifik antrene olup olmadıkları konusunda şüphe uyanmaktadır.

Bu çalışmaya katılan deneklerin ortalama  $6.7 \pm 2.9$  yıldır üst ekstremitenin daha yoğun kullanıldığı, yüzme antrenmanı yapmış olmaları; kol ergometresindeki oksijen tüketiminin bisiklet ergometresine yakın değerler gösterme-

sine neden olmuş olabilir. Her iki ergometrede maksimum oksijen tüketimlerinde istatistiksel bir farkın bulunmamasında bir başka neden ise yüzme sırasında aktif olan üst ekstremiteler kaslarının, kol ergometresinde de aktif olması bu ergometrenin yüzücüler için spesifik olabileceğini düşündürmektedir (40).

Genel olarak antrenmanın periferik adaptasyonu fizyolojik açıdan önemlidir. Egzersiz yapan kasın maksimum performansı gösterebilmesi için dolaşım ve solunum sisteminin sağlam olması ve kanda oksijen taşınmasının normal olması gerekir. Kasların kanlanması ve oksijen kullanması kanın tüm vücuda dağılmasıyla ilgilidir. Bu da performansı etkileyen en önemli merkezi faktördür (26).

Dayanıklılık antrenmanlarının periferik hemodinamik etkileri dört madde ile özetlenebilir: 1. Kapillarizasyon artışı, 2. Kollateral dolaşımın artması, 3. Kas dokusuna kan perfüzyonunun artması ve 4. Eritrosit membranının elastikiyetinin artışıyla kılcıl damarlar içinde şekil değiştirme yeteneklerini artırması. Kapillarizasyon artışının kapillerlerin sayıca artmasından mı, yoksa rezerv kapillerlerin dolaşıma açılmasında mı kaynaklandığı konusunda çelişkili görüşler vardır. Kas biyopsileri ile yapılan çalışmalarda dayanıklılık antrenmanlarıyla kapiller alan artışının %36 oranında olduğunu göstermiştir (26).

Dayanıklılık antrenmanlarının periferik metabolik adaptasyonları ise: 1. Mitokondrilerin sayı ve hacim olarak artışı, 2. Aerobik ve anaerobik enzim aktivitelerinde artış, 3. Miyogloblin miktarında artış ve 4. Kas içi glikojen içeriğinde artıştır (26).

Tüm bu periferik etkilerin yüzme antrenmanlarıyla geliştirilmiş olması üst ekstremiteler egzersizinde oksijen tüketimini artırmış olabileceğini düşündürmektedir (53,54).

Kol ergometresindeki aktif kas gruplarının aktivite oranlarını araştıran bir çalışmaya literatürde rastlanamamıştır. Bu konuda laboratuvarda yaptığımız ön çalışmada yüzme sırasında da aktif olan m. deltoideus, m. latissimus dorsi, m. trapezius, ve m. rhomboideus kaslarının elektromyografik olarak yüksek aktivite gösterdiği saptanmıştır. Ancak bu kasların kol çevriminin hangi evresinde aktivite kazandığı konusunda bir bilginiz yoktur. Bu konuya ait hareket analizi ile ilgili senkronize elektromyografik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Genellikle serbest yüzme sırasında suyu çekici gücün kol ve omuz kasları tarafından sağlandığı, bacak kaslarının bunlara destekleyici rol oynadıkları düşünülmektedir (13,14,33,34,49). Elit ve daha az başarılı sporcularla yapılan çalışmada gluteus maksimus ve rektus abdominis gibi gövde kaslarının kol ve omuz kaslarından daha önemli rol oynadıklarını (49) ve doğru ve yanlış yüzme teknikleri arasındaki farkın gövde, pelvik ve bacak kaslarının



aktivitelerine bağılı olduğu iddia edilmektedir (13,14,33,34,49).

Karpovich ve Millman bacakların yüzme sırasındaki enerji gereksiniminin kollarındaki enerji gereksiniminin 2-4 katı olduğunu bildirmiştir (49). Holmer ise 1974 yılında yaptığı çalışmada bu bulguları destekleyici sonuçlar bulmuştur (49). Bu görüşler antrenörlerin bacakların çok fazla enerjiye gereksinim duydukları için uzun mesafe yüzme sırasında bacak hareketlerinin azaltılması gerektiği düşüncesini desteklemektedir (49). Bu nedenle bu çalışma elit yüzücülerin üst ekstremitelerinin alt ekstremitelerine oranla daha antrene olabildikleri görüşünü desteklemektedir (13,14,33,34,49).

Yüzmede çok aktif olan alt ekstremiteler ve karın kaslarının bisiklet ergometresinde aktivitesi çok azdır. Bisiklette en aktif kas olan rektus femoris kasının yüzmede aktivitesi maksimal izometrik kontraksiyonunun %21-24'ü arasındadır (49). Bu bulgu yüzücülerin alt ekstremitelerinin fizyolojik yanıtlarını incelemeye bisiklet ergometresinin spesifik bir ergometre olmadığı izlenimini vermektedir.

Bu çalışmada, her iki ergometrede maksimum egzersizde solunum frekansları arasında bir fark bulunmamış, ancak kol ergometresindeki maksimum yüklenmede soluk hacimleri ( $p<0.001$ ) daha düşük bulunmuştur. Pulmoner ventilasyondaki fark da soluk hacmindeki farktan kaynaklanmaktadır. Bu bulgular literatürdeki bulgularla da uyumludur (8,32,30,32,53,54).

#### **TOPARLANMA DÖNEMİ**

Alt ekstremiteler ile karşılaştırıldığında kol egzersizi sonrası toparlanma döneminde enerji gereksiniminin egzersize katılan aktif kas yüzdesi, egzersiz şiddeti, vücut sıcaklığı gibi birçok faktöre bağılı olduğu bildirilmektedir. Antrenmanlı bir bireyin sedanter bir bireye oranla dinlenik durumdaki değerlere dönme süresi daha hızlıdır (3).

Her iki ergometredeki egzersiz sonrası enerji gereksinimlerinin araştırıldığı araştırmalarda fizyolojik yanıtlarda istatistiksel fark gözlenmemiştir (32,37,55). Bu çalışmada da her iki ergometrede maksimal egzersiz sonrası toparlanma dönemindeki oksijen tüketimi, kalp atım sayısı, solunum frekansı, soluk hacmi değerlerinde fark tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar literatürdeki sonuçlarla da uyumludur. Ancak bisiklet ergometresinde bir miktar daha yavaş toparlanma gözlenmektedir. Ayrıca ilk üç dakikalık toparlanma döneminde bisiklet ergometresinde kol ergometresine oranla pulmoner ventilasyonda istatistiksel fark tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (bisiklet ergometresinde daha fazla pulmoner ventilasyon değeri). Bu durumun bisiklet ergometresinde aktif kas kitlesinin fazla olmasına, deneklerin daha çok kol ağırlıklı antrene olmalarına buna bağılı olarak toparlanmanın da kol ergometresi egzersizi sonrası daha hızlı olabileceğini göstermektedir.

Tüm bu bulgular da yüzücülerin kol ergometresine verdikleri fizyolojik

**Tablo 6: Kol ve bisiklet ergometresinde fizyolojik yanıtların karşılaştırması (8, 19, 20, 30, 32, 45, 52, 53, 54)**

ÇALIŞMA	Oksijen Tüketimi (Litre/dakika)			Pulmoner Ventilasyon (Litre/dakika)			Kalp Atım Hızı (Sayı/dakika)		
	Kol E	Bis. E	% *	Kol E	Bis. E	% *	Kol E	Bis. E	% *
Astrand 1965	2.36	3.50	67				180	187	96
Bergh 1976	3.01	4.12	73	129	184	70	176	189	93
Ceretelli 1979	1.60	2.48	65				170	171	99
Ceretelli 1979	2.60	2.98	87				174	171	102
Davies 1974	1.14	3.27	36						
Davies 1974	1.62	3.50	46						
Davis 1976	2.34	3.68	64	94	135	70	184	193	95
Falkel 1986	3.07	3.88	79				176	183	96
Falkel 1986	2.26	2.97	76				179	188	95
Fardy 1977	2.26	3.17	71	92	114	81	174	185	94
Pendergast 1976 Sed.	1.90	3.20	59						
Pendergast 1976 Ant.	2.40	3.40	71						
Reybrouck 1975	2.41	3.75	64	74	108	69	154	168	92
Seals 1982	3.36	3.85	87	140	154	91	175	178	98
Seals 1982									
Cimnas.	2.82	3.27	86	105	127	82	186	183	102
Seals 1982									
Yüzücü	3.22	3.94	82	118	137	86	169	183	92
Seals 1982									
Güreş.	3.10	3.49	89	127	131	97	168	174	96
Seals 1982 Sed	2.08	3.14	66	96	126	76	178	192	93
Secher 1974	3.62	4.27	85						
Sawka 1982	2.27	3.31	69	101	133	76	169	179	94
Sawka 1983	2.95	3.59	82						
Sawka 1984	2.46	3.44	72						
Vander 1984	1.60	2.02	79	58	69	84	169	177	95
Vokac 1975			78						
Vrijens 1975									
Kürekçi	3.92	4.42	89	115	128	90	182	183	99
Vrijens 1975									
Kontrol	3.67	4.52	81	100	115	87	188	187	100
Kimura 1990									
Yüzücü	2.93	4.49	65	82	129	63	182	202	90
Louhevaara 1990	2.52	3.24	71	90	102	88	153	185	83
ORTALAMA	2.56	3.49	73	103	128	81	175	182	96
Güner 1993									
Su Topu Oy.	2.79	2.72	100	98	128	76	186	200	93

\* Bu değer kol ergometresi / bisiklet ergometresi oranını göstermektedir.

yanıtların onların antrenman durumlarıyla yakından ilgili olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

1. Akgün N:Yüzme Fizyolojisi. Egzersiz Fizyolojisi, Cilt I. 4. Baskı Ankara: Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü; 1993:145-161.
2. Astrand PO:Work Test with the Bicycle Ergometer. Ergometry . Varberg:Monark; 7-35.
3. Astrand PO, Rodahl K:The Muscle and Its Contraction. Textbook of Work Physiology:Physiological Basis of Exercise. 3th Ed. USA:Mc Graw Hill Company; 1986:12-53.
4. Astrand PO, Rodahl K: Evalution of Physical Work Capacity on the Basis of Tests. Textbook of Work Physiology:Physiological Basis of Exercise.3th Ed.New York:Mc Graw Hill Company; 1986:127-208.
5. Balady GJ, Schick EC Jr, Weiner DA, Ryan TJ:Comparison Determinants of Myocardial Oxygen Consumption During Arm and Leg Exercise in Normal Persons. Am J Cardiol. 57:1385-7, 1986.
6. Balady GJ, Weiner DA, Rose L, Ryan TJ:Physiologic Responses to Arm Ergometry Exercise Relative to Age and Gender. J Am Coll Cardiol. 16:130-5, 1990.
7. Bar-Or O, Zwirnen LD:Maximal Oxygen Consumption Test During Arm Exercise Reliability and Validity. J Appl Physiol. 38: 424-426, 1975.
8. Bergh U, Kanstrup IL, Ekblom B: Maximal Oxygen Uptake During Exercise with Various Combinations of Arm and Leg Work. J Appl Physiol. 41:191-6, 1976.
9. Bevegard S, Freyschuss U, Strandell T:Circulatory Adaptation to Arm and Leg Exercise in Supine and Sitting Position. J Appl Physiol. 21:37-46, 1966.
10. Bond V, Balkissoon B, Caprarola M, Tearney RJ: Aerobic Capacity During Two Arm and One Leg Ergometric Exercise. Int Rehab Med. 8:79,81, 1986.
11. Borg G, Hassmen P, Lagerstrom M: Perceived Exertion Related to Heart Rate and Blood Lactate During Arm and Leg Exercise. Eur J Appl Physiol. 56: 679-85, 1987.
12. Coplan NL, Gleim GW, Scandura M, Nicholas JA: Comparison of Arm and Treadmill Exercise at 85%Predicted Maximum Heart Rate. Clin Cardiol. 10:655,7, 1987.
13. Councilman JE: Mechanical Principles involved in Swimming. The Science of Swimming. London :Pelham Books Ltd; 1974: 1-18.
14. Councilman JE:The Crawl Stroke. The Science of Swimming. London:Pelham Books Ltd; 1974:19-66.
15. Cummins TD, Gladden LB : Responses to Submaximal and Maximal Arm Cycling Above, At and Below Heart Level. Med Sci Sports Exercise. 15:295-298, 1983.
16. Egger KC, Finch AE:Prediction of Maximal Oxygen Intake Using Submaximal Arm Ergometry. J Sports Med Phys Fitness.28:354-9, 1988.
17. Eriksson P, Lofstrom L, Ekblom B: Aerobic Power During Maximal Exercise in Untrained and Welltrained Persons with Quadriplegia and Paraplegia. Scan J Rehabil Med. 20: 141-7, 1988.
18. eston RG, Brodie DA:Responses to Arm and Leg Ergometry. Br J Sport Med. 20:4,6, 1986.
19. Falkel JE, Sawka mn, levine L, Pandolf KB: Upper to Lower Body Muscular Strength and Endurance Ratios for Women and Men. Ergonomics. 28: 1661-70, 1985.

20. Falkel JE, Sawka MN, Levine L, Pandolf KB: Upper Body Exercise Performance. Comparison Between Women and Men. *Ergonomics*. 29:145-154, 1986.
21. Flandrois R, grandmontagne M, Gerin H, Mayet MH, Jehl JL, Eyssette M: Aerobic Performance Capacity in Paraplegic Subjects. *Eur J Appl Physiol*. 55: 604-9, 1986.
22. Franklin BA: Exercise Testing, Training and Arm Ergometry. *Sports Med*. 2:100-9, 1985.
23. Gazonko OG, Shumakov VI, Kakurin LI, Katkov VI: Central Circulation and Metabolism of the Healthy Man During Postural Exposures and Arm Exercise in the Head Down Position. *Aviat Space Environ Med*. 51:113-20, 1980.
24. Gergley TJ, McArdle WD, DeJesus P, Toner MM, Jacobowitz S, Spina RJ: Specificity of Arm Training on Aerobic Power During Swimming and Running. *Med Sci Sports Exercise*. 16:349-54, 1984.
25. Gutin B, Ang KE, Torrey K: Cardiorespiratory and Subjective Responses to Incremental and constant Load Ergometry with Arms and Legs. *Arch Phys Med Rehabil*. 69:510-3, 1988.
26. Hollmann W, Liesen H, Moder A: Metabolic Capacity. Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K: The Olympic Book of Sports Medicine. Oxford: International Olympic Committee; 1988:58-68.
27. Holmer I: Swimming Physiology. *Ann Physiol Anthropol*. 11:269-76, 1992.
28. Keyser RE, Andres FF, Wojta DM, Gullett SL: Variations in Cardiovascular Response Accompanying in Arm Crank Rate. *Arch Phys Med Rehabil*. 69:941-5, 1988.
29. Keyser RE, Mor D, Andres FF: Cardiovascular Responses and Anaerobic Threshold for Bicycle and Arm Ergometer Exercise. *Arch Phys Med Rehab*. 70: 687-91, 1989.
30. Kimura Y, Yeater RA, Martin RB: Simulated Swimming: A Useful Tool for Evaluation the VO<sub>2</sub>max Swimmers in the Laboratory. *Br J Sports Med*. 24:201-6, 1990.
31. Lawler J, Powers SK, Dodd S: A Time Saving Incremental Cycle Ergometer Protocol to Determine Peak Oxygen Consumption. *Br J Sports Med*. 21: 171-3, 1983.
32. Louhevaara V, Sovijarvi A, Ilmarinen J, Teraslinna P: Differences in Cardiorespiratory Responses During and After Arm Crank and Cycle Exercise. *Acta Physiol Scand*. 138:133-43, 1990.
33. Maglischo EW: The Hydrodynamics of Competitive Swimming Strokes. *Swimming Faster. A Comprehensive Guide to the Science of Svimming*. California: Mayfield; 1082:11-52.
34. Maglischo EW: Front Crawl Stroke. *Swimming Faster. A Comprehensive Guide to the Science of Swimming*. California: Mayfield; 1082:53-99.
35. Marion C, Berg K, Meyer K, Jacques L: Effects of Arm Ergometry Training in an Adolescent with Myelodysplasia. A Case Report. *Phys Ther*. 66:59-63, 1986.
36. Martin TW, Zeballos RJ, Weisman IM: Gas Exchange During Maximal Upper Extremity Exercise. *Chest*. 99:420-5, 1991.
37. Miles DS, Sawka MN, Hanpeter DE, Foster JE, Doerr BM, Frey MAB: Central Hemodynamics During Progressive Upper and Lower Body Exercise and Recovery. *J Appl Physiol*. 57:366-70, 1984.
38. Morehouse LE: Ergometry . *Laboratory Manual for Physiology of Exercise*. Saint Louis: CV Mosby Company ; 1972:122.
39. Nag PK: Circulo-respiratory Responses to Different Muscular Exercises. *Eur J Appl Physiol*. 52:393-9, 1984.
40. Obert P, Falgairette G, Bedu M, Coudert J: Bionergetic Characteristics of Swimmers Determined During an Arm-ergometer Test and During Swimming. *Int J Sports Med*. 13:298-303, 1992.
41. O'Toole ML, Hiller DB, Crosby LO, Douglas PS: The Ultraendurance Triathlete: A Physiological Profile. *Med Sci Sports Exercise*. 19:45-50, 1987.

42. Owens GR, Thompson FE, Scurba FC, Robertson R, Metz KF, Volmer RR: Comparison of Arm and Leg Ergometry in Patients with Moderate Chronic Obstructive Lung Disease. *Thorax*. 43:911-5, 1988.
43. Pandolf KB, Billings DS, Drolet LL, Pimental NA, Sawka MN: Differentiated Rating of Perceived Exertion and Various Physiological Responses During Prolonged Upper and Lower Body Exercise. *Eur J Appl Physiol*. 53: 5-11, 1984.
44. Patton JF, Duggan A: Upper and Lower Body Anaerobic Power in Elite Biathletes. *Med Sci Sports Exercise*. 17:247, 1985.
45. Pendergast DR: Cardiovascular, Respiratory and Metabolic Responses to Upper Body Exercise. *Med Sci Sports Exercise*. 21:121-5, 1989.
46. Pimental NA, Sawka MN, Billings SD, Trad LA: Physiological Responses to prolonged Upper Body Exercise. *Med Sci Sports Exercise*. 16:360-5, 1984.
47. Pink M, Perry J, Brown A, Scovazzo ML, Kerrigan J: The Normal Shoulder During Freestyle Swimming. An Electromyographic and Cinematographic Analysis of Twelve Muscles. *Am J Sports Med*. 19:569-76, 1991.
48. Pivarnik JM, Grafner TR, Elkins ES: Metabolic, Thermoregulatory and Psychophysiological Responses During Arm and Leg Exercise. *Med Sci Sports Exercise*. 20:1-5, 1988.
49. Reilly T: Swimming. Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C: *Physiology of Sports*. 1st Ed. London: E & FN SPON; 1990:217-57.
50. Ricci B: Calculating Oxygen Consumption by the Open-circuit Method. *Experiments in the Physiology of Human Performance*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1970:149-157.
51. Sawka MN, Foley ME, Pimental NA, Pandolf KB: Physiological Factors affecting Upper Body Aerobic Exercise. *Ergonomics*. 26:639-46, 1983.
52. Sawka MN, Foley ME, Pimental NA, Toner MM, Pandolf KB: Determination of Maximal Aerobic Power During Upper Body Exercise. *J Appl Physiol*. 54:113-7, 1983.
53. Sawka MN: Physiology of Upper Body Exercise. *Exercise Sport Sci Rev*. 14:175-211, 1986.
54. Seals DR, Mullin JP:  $\dot{V}O_{2max}$  in Variable Type Exercise Among Well Trained Upper Body Athletes. *Res Q Exercise Sport*. 53:58-63, 1982.
55. Sedlock DA: Postexercise Energy Expenditure Following Upper Body Exercise. *Res Q Exercise Sport*. 62:213-6, 1991.
56. Taguchi S, Horvath SM: Metabolic Responses to Light Arm and Leg Exercise When Sitting. *Eur J Appl Physiol*. 56: 53-7, 1987.
57. Toner MM, Sawka MN, Levine L, Pandolf KB: Cardiorespiratory Responses to Exercise Distributed Between the Upper and Lower Body. *J Appl Physiol*. 54:1403-7, 1983.
58. Toussaint HM, Beek PJ: Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sport Med*. 13:8-24, 1992.
59. Van Loan MD, McCluer S, Loftin JM, Boileau RA: Comparison of Physiological Responses to Maximal Arm Exercise Among Able-bodied, Paraplegics and Quadriplegics. *Paraplegia*. 25:397-405; 1987.
60. Walker R, Powers S, Stuart MK: Peak Oxygen Uptake in Arm Ergometry: Effects of Testing Protocol. *Br J Sports Med*. 20:25-6, 1986.
61. Warren GL, Cureton KJ, Dengel DR, Graham RE, Ray CA: Is the gender difference in Peak  $\dot{V}O_2$  Greater for Arm Than Leg Exercise? *Eur J Appl Physiol*. 60:149-54, 1990.
62. Washburn RA, Seal DR: Comparison of Continuous and Discontinuous Protocols for the Determination of Peak Oxygen Uptake in Arm Cranking. *Eur J Appl Physiol*. 51:3-6, 1983.