

EGE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA
PROJE KESİN RAPORU
EGE UNIVERSITY SCIENTIFIC
RESEARCH PROJECT REPORT

PROJE NO: 2012/SAUM/001

**ALETLİ DALIŞ ÖNCESİ YAPILAN TÜM VÜCUT TİTREŞİMLİ EGZERSİZİN
VENÖZ GAZ KABARCIKLARINA ETKİSİ**

PROJE YÖNETİCİSİ

Prof. Dr.Bahtiyar ÖLÇALDIRAN

ARAŞTIRMACILAR

Serap ÖZGÜL
Doç. Dr. M. Zeki ÖZKOL
Prof. Dr. Cengiz METİN
Dr. Aytaç ÖZGÜL
Dr. Erkan KISMALI
Dr.Figen AYDIN

Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi

Research and Application Center
of Underwater

**Bornova-İZMİR
2015**

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun daha derine yönelmesi merak, araştırma keşfetme duygusunun yanı sıra rekabet etme isteğinin bir yansıması olarak kabul edilebilir. İnsan ilk olarak nefesini tutarak keşfetmeye başladığı sualtında daha derine dalmak ve daha uzun süre kalmak için her türlü teknolojiyi kullanmaktan uzak kalmamıştır. Bununla birlikte insan vücudun bu rekabette geri kalmaya başlaması ile spor ve hareket biliminden de faydalanmaya başlamıştır. Bu çalışmada daha derin ve daha uzun süreli dalışlarda ortaya çıkan decompresyon hastalığına sebep olan venöz gaz kabarcıklarının azaltılmasın da iki farklı egzersiz uygulamasının etkileri incelenmiştir. Araştırmanın yürütülmesinde bize destek veren başta Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezine, çalışmamızda PowerPlate cihazını kullanmamız sağlayan Özkaya İthalat ve İhracat Şti., ultrasonik Doppler cihazı desteği sağlayan Simeks Tıbbi Sistemler San. ve Tic. A.Ş tüm gönüllü deneklere sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÇİZELGELER DİZİNİ	III
ŞEKİL DİZİNİ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
1 Giriş	1
2. Literatür Özeti	3
3. Materyal ve Yöntem	13
4. Bulgular	27
5 Tartışma ve Sonuç	37
6 Teşekkür	41
7 Kaynaklar	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Tablo.1	Deneklerde Egzersiz Uygulaması Öncesinde KUYP Değerleri	27
Tablo.2	Denek Grupları Arasında Egzersiz Öncesinde KUYP Değerleri	28
Tablo.3	Deneklerde Egzersiz Uygulaması Sonrasında KUYP Değerleri	28
Tablo.4	Denek Grupları Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerleri	28
Tablo.5	Gruplar Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması	29
Tablo.6	Deneklerde Dalıştan Önceki KUYP Değerleri	29
Tablo.7	Denek Grupları Arasında Dalış Öncesinde KUYP Değerleri	29
Tablo.8	Deneklerde Dalıştan Sonraki KUYP Değerleri	30
Tablo.9	Denek Grupları Arasında Dalış Sonrasında KUYP Değerleri	30
Tablo.10	Grup Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması	30
Tablo.11	Gruplara Yapılan Uygulamalar Sonrasında İkili Karşılaştırmaları (KUYP)	31
Tablo.12	Deneklerde Egzersiz Uygulaması Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri	32
Tablo.13	Denek Grupları Arasında Egzersiz Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri	32
Tablo.14	Deneklerde Egzersiz Uygulaması Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri	33
Tablo.15	Denek Grupları Arasında Egzersiz Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri	33
Tablo.16	Deneklerde Dalıştan Önceki Kan Akış Hızı Değerleri	33
Tablo.17	Denek Grupları Arasında Dalış Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri	34
Tablo.18	Gruplar Arasında Dalış Öncesinde Kan Akış Hızı Değerlerinin Karşılaştırılması	34
Tablo.19	Deneklerde Dalıştan Sonraki Kan Akış Hızı Değerleri	35
Tablo.20	Denek Grupları Arasında Dalış Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri	35
Tablo.21	Gruplara Yapılan Uygulamalar Sonrasında İkili Karşılaştırmalar (Kan Akış Hızı)	35

ŞEKİL DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil.1	Gaz Kabarcık ve Kan Akım Hızı Ölçümlerinde Kullanılan Ultrasonografi Cihazı	15
Şekil.2	Egzersiz Testlerinde Kullanılan Bisiklet Ergonometrisi	16
Şekil.3	Bisiklet Ergonometrisi Üzerinde Deneklerin Test Yüklerinin Belirlenmesi	17
Şekil.4	Çalışmada Titreşim Uygulamasında Kullanılan Power Plate My3	18
Şekil.5	Deneklere PowerPlate My3 Kullanılarak Yaptırılan Egzersizler	19
Şekil.6	Taşınabilir Ultrasonografi Cihazı İle Deneklerde Yapılan Ölçümler	20
Şekil.7	Araştırmada Uygulanan Protokol ve Yapılan Ölçümler	22
Şekil.8	Araştırmada Aletli Dalışların Gerçekleştirildiği Bölge	23
Şekil.9	Araştırmada Sualtı Çalışmalarından Bir Görüntü	24
Şekil.10	Deneklere Dalıştan Önce Uygulanan Egzersiz Testinden Görüntü	25
Şekil.11	Deneklerden Dalıştan Sonra Dopplerle KUYP değerleri Ölçümü	26

ÖZET

Aletli dalışlarda basınç altında nitrojen gazının solunulması ve sonrasında derinlik ve zaman limitlerine uyulmadığında ortaya çıkan rahatsızlık Dekompresyon Hastalığı olarak isimlendirilmektedir. Bu rahatsızlığın önlenmesi için sportif amaçlı dalışlarda dalış tabloları kullanılmaktadır. Ancak profesyonel amaçlı dalışlarda bu risk dalış tablolarıyla engellenebilecek boyutta değildir. Son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarda dalış öncesinde akut olarak uygulanan sub-maksimal aerobik egzersizin ve akut olarak uygulanan 30-40 Hz'lik tüm vücut titreşiminin venöz gaz kabarcıklarını küçültmede etkili olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada dalış öncesinde uygulanan egzersiz ve titreşim uygulamalarının venöz gaz kabarcıkları üzerine olan etkisini incelemek amaçlanmaktadır. Dalış öncesinde uygulanan egzersiz ve titreşimin dalış öncesi ve sonrasındaki kan akımı değerleri ve kanın ultrasonik yansıtıcılığa bağlı parlaklık değeri üzerine olan etkisi de bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Elde edilen veriler SPSS 15.00 istatistik programı ile One-Way Anova ve Paired-Samples "t" testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçların anlamlılık dereceleri ($p<0.05$) seviyesinde kabul edilmiştir. Dalışta meydana gelen venöz gaz kabarcıklarının azaltılmasında titreşimin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmasa da bir etkisinin olduğu fakat dalıştan önce yapılan sub-maksimal egzersizin anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz, Titreşim, Doppler, Scuba, Dalış, Dekompresyon

ABSTRACT

Breathing of nitrogen under pressure in the scuba diving and evade to comply with time and depth limits with emerging diseases are known as decompression sickness. This sportive diving dive tables are used for the prevention of diseases. But it is not the size of this risk could be avoided in professional diving dive tables. It was observed that recently the sub-maximal aerobic exercise applied before diving in acute and applied scientific studies to be effective in reducing venous gas bubbles of acute whole-body vibration applied as 30-40 Hz. This study applied venous gas bubbles in the pre-dive exercise and practice is aimed to examine the effect of vibration. Diving effect on blood flow in the exercise and vibration applied before and after the pre-dive values and ultrasonic reflectivity depends on the brightness values of the blood were also examined in this study. The data obtained with the SPSS statistical program 15:00 One-Way ANOVA and paired-samples "t" is evaluated using test. Results degree of significance ($p < 0.05$) level was adopted. The effect of vibration occurring in the reduction of venous gas bubbles dive was statistically insignificant, but made an impact before the dive sub-maximal exercise has been found to have a significant effect.

Key Words: Exercise, Vibration, Doppler, Scuba Diving, Decompression

1. GİRİŞ

İlk dalışların gerçekleştiği 1600'lü yıllardan bu yana basınç altında solunum yapmanın birçok rahatsızlığa yol açtığı bilinmektedir. 1878 yılında Henry Fleuss, dalgıçlar tarafından kullanılabilecek ilk pratik solunum cihazını geliştirmiştir. Kapalı devre prensibi ile çalışan bu aletin kullanılmaya başlanmasıyla sualtında bekleme ve derinlik limitleri artmıştır. Tasarımın kullanılmaya başlamasıyla birlikte, dekompresyon hastalığı ortaya çıkmaya başlamıştır. İlk zamanlarda dekompresyon hastalığının sebebinin biyokimyasal bir süreç olduğu fark edilmemiş ve birçok dalış ölüm ve felçle sonuçlanmıştır. 1880'de Fransız fizyolojist Paul Bert basınç altında solunum yapma ile ilgili ilk çalışmasını tamamlamış, dalgıçlarının karşılaştığı problemi “dekompresyon hastalığı” olarak tanımlamış ve kana karışan azot gazının meydana getirdiği kabarcıkların sebep olduğunu iddia etmiştir. 1908'de John Scott Haldane, eriyik haldeki azot gazının kabarcık haline dönüşerek dekompresyon hastalığını meydana getirdiğini onaylamış ve dalgıçların bu hastalıktan korunması için dekompresyon beklemesi (deko durakları) ile ilgili kurallar belirlenmiştir (Loiset et al., 2006; Jankowski et al., 1997; Pontier et al., 2014).

Aletli dalışta inilen derinliğe ve bu derinlikte kalınan süreye bağlı olarak solunum gazları üzerindeki parsiyel basınç artmaktadır. Derin ve uzun süreli dalışlarda solunum gazında bulunan nitrojeninde parsiyel basıncı artar ve dokularda normalden daha fazla çözünür ve doygunluğa ulaşır. Dalış tabloları nitrojenin dokulara zarar vermeden uzaklaştırılması için kullanılan dalınan derinlik ve sualtına kalınan süreye göre, yüzeye çıkarken belirli derinliklerde bekleme süreleri öngörülen tablolardır. Dalışta, bu tablolara uyulduğunda, dokularda doygunluğa ulaşan nitrojen zararlı boyutlara ulaşmadan zamanla solunum yoluyla atılmaktadır. Fakat derin ve/veya uzun süreli dalışlarda dalış tablolarına uyulmazsa, nitrojen yüzeye çıkarken büyük kabarcıklar haline gelip dokularda harabiyete sebep olabilmektedir. İlerlemiş vakalarda bu durum literatürde *Dekompresyon Hastalığı* halk arasında ise *Vurgun* olarak isimlendirilmektedir (Beköz vd., 2001; Dujic et al., 2006; Düzbastılar & Düzbastılar 2007).

Dekompresyon hastalığına neden olan kabarcıklar, literatürde venöz gaz kabarcıkları olarak isimlendirilmektedir. Bu kabarcıkları küçültmek, azaltmak, yok

etmek için yıllardır pek çok yöntem kullanılmıştır. Leonard Hill, dekompresyon hastalığının giderilmesinde yeniden basınca maruz kalma tekniğini kullanarak re-kompresyon odalarını geliştirmiştir. Bunun yanı sıra hava yerine helium karışımı ile daha derinlere dalınmasının dekompresyon hastalığını önlediği gözlenmiş ve karışım gaz dalışları gelişmiştir. Günümüzde dekompresyon hastalığına yol açan venöz kabarcıklarının önlenmesinde dalış öncesinde uygulanan birçok yöntem vardır. Bunlar arasında dalış öncesinde uygulanan akut submaksimal egzersiz, sauna uygulamaları, 30-40 Hz frekansta titreşim ve dalış öncesinde NO inhibisyonu sağlayan destekleyici alımları gibi yöntemler sıralanabilmektedir. Özellikle dalış öncesinde (1-2-24 saat) akut olarak uygulanan submaksimal aerobik egzersizin, dekompresyon hastalığının oluşmasına sebep olan venöz gaz kabarcıklarını azalttığı bilinmektedir (Dujic et al., 2004; Blatteau et al., 2005; Loset et al., 2006). Bununla birlikte, dalış öncesinde (1 saat), akut olarak uygulanan 30-40 Hz'lik tüm vücut titreşiminin de venöz gaz kabarcıklarını küçültmede etkili olduğu bildirilmektedir. Egzersiz ve titreşimin dekompresyon hastalığına sebep olan venöz gaz kabarcıklarını azatlığını söylemek mümkündür (Hids et al., 2008; Germonpre et al., 2010; Thom et a., 2013).

Egzersiz, titreşim gibi gaz kabarcıklarını azaltmada kullanılan bir çok yöntemde kabarcıkların azalma süreci Nitrik Oksit (NO) mekanizmasıyla yada kan akımı ile ilişkilendirilmekte, fakat venöz gaz kabarcıklarının azalmasına sebep olan şey tam olarak anlaşılamamıştır (Wilsloff et al., 2003, 2004; Johnson et al., 2014). Nitrik oksit (NO), organizmada birçok kaynaktan nitrik oksit sentaz (NOS) enziminin katalizörlüğünde endojen olarak üretilir ve en önemli kaynağı L-arjinindir. L-arginin donör olarak kullanıldığı çalışmalara bakıldığında venöz gaz kabarcıklarının azaldığı görülmektedir. Damar endoteli ve kaslar gibi birçok dokudan salgılanan nitrik oksit (NO), vazodilatör özelliklere sahiptir. NO endotelde bulunan nitrojen öncüllerini vazodilatasyon etkisi ile süpürdüğünü ve böylece nitrojenin içine girip büyüyebileceği bir çekirdek bulamadığı düşünülmektedir (Dujic et al., 2005; Johnson et al., 2014). Aerobik kapasite ile bazal kan NO düzeyleri arasında ilişkiler bulunmuş ve aerobik egzersizlerin, bazal kan NO düzeylerini yükselttiği tesbit edilmiştir. Tüm vücut titreşim sistemi olarak bilinen power plate ile yapılan bir çalışmada ise titreşim sonrası NO artmadığı fakat kan akımının hızlandığı görülmüştür (Foster et al., 2000; Lohman et al., 2007).

Bu çalışmada aletli dalışlarda decompresyon hastalığına neden olan venöz gaz kabarcıklarına dalış öncesinde uygulanan egzersiz ve titreşim uygulamalarının etkisini incelemek amaçlanmaktadır. Çalışmada uygulanacak farklı titreşim ve aerobik egzersiz protokolüyle dalış sonrasında venöz gaz kabarcık değerlerini ne yönde etkilediği de çalışma kapsamı içerisinde yer almaktadır. Dalış öncesinde uygulanan egzersiz ve titreşim uygulamalarının dalış öncesi ve sonrasındaki kan akımı değerleri üzerine olan etkisini de incelemek bu çalışmanın hedefleri arasında yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dekompresyon hastalığına neden olan venöz gaz kabarcıklarını küçültmek, azaltmak, yok etmek için yıllardır pek çok yöntem çalışma yapılmıştır. Dalış öncesinde yapılan egzersiz ve/veya tüm vücut titreşim uygulamalarının venöz gaz kabarcıklarını azaltmada etkili olduğu ifade edilmekle birlikte bu biyolojik mekanizma hala tam olarak açıklanamamıştır. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmaların son 10 yılda yoğunlaştığı görülmektedir.

Jankowski et al., (1997); Bu çalışmada, dekmopresyon sırasında orta şiddetli egzersizin venöz gaz embolisine etkisini incelemişlerdir. 29 sağlıklı gönüllü erkek 30 metre derinlikte basınç altında 30 dakika hava ile dalış gerçekleştirmiştir. Her bir gönüllü 28 dakika boyuna kol ve bacak egzersizlerini aerobik kapasitelerinin % 50'sinde gerçekleştirmişlerdir. Yüzeye döndüklerinde doppler ile kabarcıklar ölçülmüştür. Dekompresyon sırasında egzersiz yapan grupta kontrol gurubuna göre daha az kabarcık olutuğu tespit edilmiştir.

Balestra et al., (1998); Patent foramen ovale hastalarının dalış sırasında risk altında olabileceğini vurgulamışlardır. Sağ artrioma kan dolması sırasında nitrojen gaz embolisinin ortaya çıkabileceği tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmada 15 balıkadamda yükselen ve düşen intrathorakik basınç değerleri standart izometrik egzersiz (kontrol), zorlu öksürük, diz çökme (nefes tutarak ve tutmadan), valsavra manevrası (maksimal, dalış sırasında kulak eşitleme, kontrollü intratoakal basınç yükseltme) gibi durumlarda ölçülmüştür. Intrathorakal basınç nefes tutarak diz çökme, öksürme ve maksimal valsavra da en yüksek seviyede bulunurken kulak açma sırasında ise oldukça düşük

tespit edilmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda dekompresyon sırasında özellikle patent foramen ovale hastalarının şiddetli kol bacak karın egzersizlerinden kaçınmaları gerektiği belirtilmiştir.

Wisloff et al., (2001); 52 dişi fare üzerinde yaptıkları çalışmada denekler hiperbarik basınç öncesi egzersiz yapanlar ve kontrol grubu olarak 2 ye ayrılmıştır. Egzersiz yapan denekler, 6 hafta boyunca maksimal oksijen kullanım kapasitelerinin % 85-90'ında 8 dakika; ardından % 50-60'ında 2 dakika, toplamda 1,5 saat her gün koşu bandında egzersiz uygulanmıştır. Denekler daha sonra rekompresyon odasında 200 kPa/min¹ den 700 kPa 45 dakika boyunca basınca maruz kalmıştır. Yüzey basıncına ulaşan deneklerin sağ ventriküllerini doppler ile incelenmiştir. 6 hafta sonunda egzersiz yapan deneklerin MaxVo²'leri % 12-60 oranında artmış, sağ ve sol ventrikülleri % 14-17 oranında büyümüştür. Kabarcık oluşumu egzersiz uygulanan deneklerde anlamlı bir şekilde azalmıştır. Aynı etki rekompresyon odası öncesi tek bir egzersiz yapan deneklerde de görülmüştür. Bu çalışma aerobik egzersizin fareleri ağır dekompresyon yaralanmalarından koruduğunu göstermektedir.

Wisloff et al., (2002); Dalışın 20 saat öncesinde tek sefer yapılan egzersizin ciddi dekompresyon hastalığından fareleri koruduğunu bildirmektedir. Bu mekanizmanın arkasındaki sebebinin henüz tam olarak açıklığa kavuşmadığı vurgulanmıştır. Bu çalışmada egzersiz yapan ve yapmayan sıçanlarda nitrik oksit sentaz inhibisyonun basınç etkisiyle kabarcık oluşumu incelenmiştir. Bu amaçla 45 dişi sıçan egzersiz yapmayan kontrol ve egzersiz yapan grupları oluşturmuştur. Dalışın 20 saat öncesinde egzersiz uygulanmıştır. İntervaller Max VO₂ nin %85-90'ında 8 dakika ardından Max VO₂ nin % 50-60'ında 2 dakika 1,5 saat boyunca devam etmiştir. Dalış 700 kPa'da 45 dakika boyunca sürdürülmüştür. Periyodun sonunda denekler dekompresyon duraklarına uyarak yüzey basıncına ulaşmıştır. Yüzeğe ulaşan deneklerin sağ ventrikülünden ultrason ile ölçümleri yapılmıştır. Ağırlığı 300 gr'dan fazla olan egzersiz yapmayan sıçanlarda büyük kabarcıklar oluşurken 300 gr'dan az olan sıçanlarda birkaç kabarcık gözlemlenmiştir. Ağırlığı 300gr fazla olanlarda dalış öncesi egzersiz yapmak ise kabarcık sayısını azaltıp yaşama oranını artırmıştır. NOS inhibisyonu sonuç ağırlığı 300 gr'dan az olan tüm sıçanlarda çok fazla kabarcık oluşmuştur. Fakat bu durum 20 saat önce egzersiz yapanlarda daha az ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada dalış öncesi

yapılan egzersizin NOS inhibisyonunu önleyerek sıçanları ciddi kabarcık oluşumundan ve ölümden koruyacağını ortaya koymuştur.

Dujic et al., (2003); Çalışmada, 12 sağlıklı balıkadam hiperbarik odada 280 kPa basınç altında 80 dakika kalmışlardır. Her bir balıkadam dalış öncesi egzersiz yaparak ve yapmadan iki dalış gerçekleştirmiştir. Egzersiz dalışın 24 saat öncesinde tek bir interval olarak koşu bandında, maksimal kalp atımının %90'ında, 3dakika ve ardından % 50'sinde 2 dakika olacak şekilde toplamda 40 dakika uygulanmıştır. Venöz gaz kabarcıkları dalışın 20 ve 80 dakika sonrasında ultrason ile ölçülmüştür. Dalışın 24 saat öncesinde tek sefer yapılan intensive egzersizin dalış sonrası venöz gaz kabarcıklarını azalttığı gözlemlenmiştir.

Jankowski et al., (2004); Genellikle egzersiz ve dalışın birlikte yapıldığında tehlikeli olduğu düşünüldüğünü, fakat yeni çalışmaların bunun aksini gösterdiğini vurgulamaktadır. Dekompresyon sırasında inaktif almak yerine orta şiddette egzersiz uygulandığında dalış sonrası venöz gaz embolisinin precordium ve subklavian venlerinde azaldığı gözlemlenebileceğini belirtmektedir. Çalışmada 39 sağlıklı erkek birey rekompresyon odasında 450 kPa'da 30 dakika basınca maruz bırakılmışlardır. Denekler aktif ve inaktif bekleme yapmışlar, aktif gurup 3 kez 5 dakika boyunca kol ve bacaklarıyla orta şiddetli interval gerçekleştirmiştir. Dekompresyondan sonra precordium ve subklavian ven bölgesinden venöz gaz embolisi doppler ile gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, dekompresyon sırasında orta şiddetli egzersizin dalış sonrası venöz gaz embolisini azalttığı tespit edilmiştir.

Wisloff et al., (2004); Fareler üzerinde yaptıkları çalışmalarında dalışın 20 saat öncesinde tek sefer uygulanan egzersizin, kabarcık oluşumunu önleyerek ciddi dekompresyon yaralanmalarından ve ölümden koruduğunu bildirmektedir. Diğer taraftan daha önce yapmış oldukları çalışmada NO inhibitörü verilen sedanter farelerde kabarcık oluşumunun arttığı gözlemlenmiştir. Bundan yola çıkarak NO yada dalış öncesi egzersizin kabarcık oluşumunu azalttığı oraya konumuştur. Bu amaçla, çalışmada farelerde akut ve kronik olarak NO salınım ajanın ve 20 saatten daha az bir süre önce dalış öncesi egzersizin kabarcık oluşumunu önleyip önlemediği incelenmiştir. Farelere NO 5 gün boyunca verilmiştir ve kabarcık oluşumu önemli derecede önlenmiştir. Aynı etki, dalışın 30 dakika öncesinde NO salınım ajanı verilen farelerde

de görülmüştür. Yine dalışın 20 saat öncesinde egzersiz yapılmasının da kabarcık oluşumunu azalttığı bildirilmektedir.

Blatteay et al., (2005); Dalışın 2 saat öncesinde yapılan tek egzersizin kabarcık oluşumuna etkisi incelemişlerdir. 16 profesyonel balıkadam 3 gün arayla iki dalış olamk üzere hiperbarik odada 30 metrede 30 dakika dalış gerçekleştirmiştir. Dalışların ilkinde dalış öncesi egzersiz yapılmış diğerinde ise yapılmamıştır. Egzersiz maksimal kalp atımının %60-80'ninde 45 dakika boyunca yapılmıştır. Venöz gaz kabarcıkları yüzey basıncına döndükten sonra 30 ve 60 dakika sonra doppler ile ölçülmüştür. Kontrol grubuna göre egzersiz yapan grupta kabarcık oranı daha düşük tespit edilmiştir. Dalışın 2 saat öncesinde egzersiz yapmak tıpkı 24 saat öncesinde egzersiz yapmak gibi kabarcık sayısını azaltmıştır. Egzersizin şiddet eşiği ve süresi kabarcıkları değiştirip değiştirmediği henüz ve bu mekanizmanın altında neyin rol oynadığı henüz bilinmediği belirtilmiştir.

Dujic et al., (2005); Sağlıklı erkeklerde, egzersize bağlı intrapulmoner değişimin, alveollerden arterlere geçen oksijen oranını arttırdığını bildirmektedir. Bu çalışma dalış sonrası yapılan şiddetli egzersizin da intrapulmoner değişime yol açıp açmadığı da incelenmiştir. Çalışmada 11 erkek asker, 30 metrede 30 dk kalmışlar, bu sırada denekler maksimal oksijen kullanımının %30'unda hafif egzersiz yapmışlardır. Denekler 9 m/dk hızla yüzey basıncına ulaşmıştır. Her bir balıkadama dalışın 40 dakika sonrasında maksimal oksijen kullanım kapasitesinin %80'ninde bisiklet ergometrisinde, egzersiz uygulanmıştır. Venöz gaz kabarcıkları denekler yatay pozisyondayken ultrasonik görüntüleme kullanılarak kalbin sağından ve solundan her 20 dakikada bir ve 60 dakika sonra tekrar ölçülmüştür. Çalışmada venöz kabarcıkların önemli miktarda artıracak dalış profili kullanılmıştır. Egzersiz sırasında ve yatar pozisyonda hiçbir intrapulmoner değişim tespit edilememiştir. Kısa süreli şiddetli egzersiz sonrası yapılan dalışta deneklerin hiçbirinde sonradan dekompresyon hastalığı ortaya çıkmamıştır. Çalışmada dalış sonrası egzersizin yapıp yapılmama konusunda ki çalışmalar ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Dujic et al., (2006a); Yaptıkları çalışmada dalış sonrası kısa süreli şiddetli egzersizin gaz kabarcıkları azaltıp azaltmadığı gözlemlemiştir. 7 erkek asker üzerinde yapılan çalışmada dalışın 24 saat sonrasında yada dekompresyon duraklarında sırasında yapılan

egzersizin gaz kabarcıklarını anlamlı derecede azalttığını gözlemlenmiştir. Denekler 30 metrede 30 dk bekledikten sonra dekompresyon standartlarına uyarak dalışı tamamlamışlardır. Denekler dekompresyon sırasında hafif tempolu palet vurma egzersizi yapmışlardır. Dalış sonrasında maksimal oksijen kullanım kapasitesinin %85'inde 10 dakika, şiddeti artan egzersiz uygulanmıştır. Egzersizden sonra venöz gaz kabarcıkları her 20 dakikada bir, denekler yatay pozisyonda iken eko görüntüleme sistemi ile gözlemlenmiştir. Sonuç olarak dalış sonrasında uygulanan şiddetli egzersiz, oluşan gaz kabarcıklarını azalttığını bildirmektedir.

Dujic et al., (2006b); Son zamanlarda yapılan çalışmalarda dalış öncesi egzersizin ve NO'in venöz gaz kabarcıklarını azalttığını vurgulamışlardır. Çalışmalarında bir NO donuru olan nitrogliserinin kabarcıkları azaltıp azaltmadığı incelenmiştir. 16 deneyimli balıkadamdan rastgele seçim yapılarak iki grup oluşturulmuştur. İlk grup, biri kontrol dalışı olmak üzere, denizde 30 metreye 30 dakikalık iki dalış gerçekleştirmiştir. Dalış sırasında maksimal oksijen kullanım kapasitesinin % 30'unda egzersiz uygulanmıştır. İkinci grup, biri kontrol olmak üzere, rekompresyon odasında 18 metreye 80 dakikalık iki dalış gerçekleştirmiş ve dalış sırasında herhangi bir egzersiz uygulanmamıştır. İlk dalışlar tüm balıkadamlar için kontrol dalışı olarak kullanılmış. İkinci dalışların 30 dakika öncesinde balıkadamlara ağızdan 0,4 mg nitrogliserin verilmiştir. Dalışların ardından venöz gaz kabarcıkları pulmoner arter üzerinden ultrason ile ölçülmüştür. Deniz dalışında rekompresyon odası dalışına göre çok daha fazla gaz kabarcığı tespit edilmiştir. Hem denizde hem rekompresyon odasında yapılan dalışlarda nitrogliserin alımı kabarcık oluşumunu anlamlı düzeyde düşürmüştür.

Loset et al., (2006); Çalışmada dalmadan hemen önce yapılan yüksek şiddetli egzersiz ile dalışın 24 saat öncesinde yapılan yüksek şiddetli egzersizin kabarcık oluşumu üzerine etkisini belirlemek hedeflenmiştir. 12 dişi fare iki eşit guruba ayrılmıştır. 1. grup ilk olarak dalışın 24 saat öncesi, daha sonra dalışın 2 saat öncesi olmak üzere 90 dakikalık iki egzersiz uygulanmıştır. 2. grup 90 dakika egzersizi dalışın 25.5 saat öncesinde yapmıştır. Denekler $MaxVO_2$ nin % 40-50'sinde 20 dakika ısınma yaptıktan sonra 7x8 dakika $MaxVO_2$ 'nin %85-90'ında setler yapmışlardır. Bu setlerin aralarında 2 dakikalık $MaxVO_2$ 'nin %50'inde egzersizler yer almıştır. Toplam da 90 dakika egzersiz uygulanmıştır. Bütün denekler hiperbarik odada 700 kPa basınçta 45 dk kalmışlardır. Sonuç olarak, dalışın 24 saat öncesinde ve 30 dakika öncesinde 2 egzersiz yapan

deneklerde dalışın 25,5 saat öncesi egzersiz yapan deneklere göre daha fazla kabarcık tespit edilmiştir.

Mollerloken et al., (2006); NO alınımının farelerde kabarcık oluşumuna etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada dalış öncesi farelerin NO donorü olan gliserol trinitrat nycomed pharma kullanımının dalış sonrası veya sırasında vasküler kabarcıkların oranını etkileyip etkilemediği incelenmiştir. Rastgele 14 fare seçilmiş, bunların 7'si kontrol 7'si deney grubunu oluşturmuştur. Fareler ketamin ile uyuşturularak hiperbarik odada 2 dakika içinde 40 metreye indirilmiştir. Dalışın 30 dakika öncesinde deney grubu farelerine NO verilmiştir. Kontrol grubu ise aynı oranda tuzlu su almıştır. Deney grubu, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kabarcık sayısının azaldığı görülmüştür.

Blatteau et al., (2007); Dalışın 2 saat öncesinde yapılan submaksimal egzersizin kabarcık oluşumu üzerine etkisi incelemek ve hemodinamik değişiklikleri gözlemlemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. 16 antrenmanlı balıkadam hiperbarik odada 400 kPa basınç altında 30 dakika kaldıktan sonra 130 kPa basınçta 9 dakika bekleme yaparak Fransız askeri dalış tablosu limitlerinde uygulamayı gerçekleştirmiştir. Herbir balıkadam 3 gün arayla 2 dalış gerçekleştirmiştir. Bunların birinde dalış öncesi egzersiz yapılmış, diğerinde ise yapılmamıştır. Katılımcılar dalışın 2 saat öncesinde 40 dakika submaksimal egzersiz yapmışlardır. Dalış sonrası kabarcıklar precordial doppler ile 30-60-90 dakikalarda tespit edilmiştir. Dalışın 2 saat öncesinde yapılan şiddetli egzersiz sonrası sağ kalpten ölçülen kabarcıkların sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Dalış öncesi yapılan egzersiz sırasında oluşan orta dereceli dehidratasyon buna sebep olduğu düşünülmektedir.

Lohmann et al., (2007); Çalışmada kısa süreli yüksek yoğunluklu titreşimli isometrik ağırlık çalışmasının ve sadece titreşim çalışmasının kan akımı üstündeki etkilerini incelemişlerdir. Yaşları 18-43 arasında değişen denekler rastgele 1- titreşim ve egzersiz, 2- titreşim, 3- egzersiz olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Deri kan akımı lazer doppler ile uygulamanın öncesi, sonrası ve 10 dakika sonrası olmak üzere 3 kez ölçülmüştür. Titreşim grubundaki deri kan akım değerleri anlamlı derecede diğerlerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Uygulamanın 10 dakika sonrasında kan akımı iki kat yükselmiştir.

Blatteau et al., (2008); Çalışmalarında dalış öncesi sauna kullanımının kabarcık oluşumuna etkisini ve buna bağlı hemodinamik değişiklikleri incelemişlerdir 16 balıkadam 400 kPa basınçta 25 dakika kaldıktan sonra 100 kPa basınçta 4 dakika deko durağı yaparak dalışlarını tamamlamışlardır. Herbir balıkadam 5 gün arayla 2 dalış gerçekleştirmiştir. Bunların birinde dalış öncesi saunaya girilmiş diğerinde ise girilmemiştir. Denekler dalışın 1 saat öncesinde saunada 65 derecede 30 dakika kalmışlardır. Venöz gaz kabarcıklarının dolaşımı precardial doppler ile dalış sonrasında 20-40-60 dakika arayla tespit edilmiştir. Brakial arter akımı ile genişleme, kan basıncı, vücut ağırlığı, kan plazma volümü, protein konsantrasyonu, plazma osmolitesi, plazma HSP 70 saunanın öncesi ve sonrasında ölçülmüştür. Sauna sonrası ekstraselüler dehidratasyon, plazma volumünde düşüşe sebep olduğu, vücut ağırlığının azaldığı bildirilmiştir. Arterdeki akımın artması ile meydana gelen genişlemenin arttığı ve sistolik basıncın düştüğü gözlemlenmiştir. Plazma HSP70 ise saunun 2 saat sonrasında anlamlı oranda yükselmiştir. Dalış öncesi girilen saunanın kabarcıkları azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durum dekompresyon hastalığı riskini azalttığı düşünülmektedir. Terleme ile dehidretasyon, HSP, NO yöntemi aynı etkiyi yaratıyor olabileceği vurgulanmaktadır.

Maloney-Hinds et al., (2008); Çalışmalarında tüm vücut titreşimin kan akımını anlamlı derecede artırdığı gözlemlenmiştir. Fakat farklı frekanslarda titreşimin kan akımı ile ilişkisini inceleyen çalışma eksikliği vurgulanmıştır. Yaptıkları çalışmada iki farklı frekanstaki (30Hz – 50 Hz) pasif titreşimin koldaki kan akımını nasıl etkilediği incelenmiştir. Rastgele seçilmiş 18 denek sırasıyla 30 Hz ve 50 Hz frekanslarda pasif titreşime maruz bırakılmıştır. Ayrıca 7 kişilik diğer denek grubu ise 10 ve 15 dakikalık pasif titreşim uygulanmıştır. Sonuç olarak her iki frekansında ilk 4 dakika içerisinde kan akımını artırdığı gözlemlenmiştir. Maksimum kan akımı için 15 dakika gerektiği tespit edilmiştir.

Pontier et al., (2009); Çalışmalarında dalış öncesi intensive egzersizin kabarcık oluşumunu azaltıp azaltmadığı ve bu durumun endoteldeki deri kan akımından kaynaklanıp kaynaklanmadığını incelemişlerdir. 22 balıkadama dalış öncesi ve sonrası 90 dakika egzersiz programını uygulamış toplam 67 adet deniz dalışı gerçekleştirilmiştir. Balıkadamlar 30 metrede 30 dakika dalış gerçekleştirmişlerdir. Deneklerin venöz gaz kabarcıkları sırasıyla 30-60-90 dakika arayla doppler ile

ölçülmüştür. Kabarcıkların dalış sonrası azaldığı tespit edilmiştir. Ağırlık vücut kitle indeksi, maksimal oksijen kullanım kapasitesinde ve endotel fonksiyonunda herhangi bir değişikliğe rastlanmamıştır. Mükerrer dalışlar ve tekrarlayan egzersizlerde kabarcık oluşumunu azalttığı fakat bu durumun NO ve egzersizle ilişkilendirmek henüz mümkün olmadığı vurgulanmıştır.

Rittweger et al., (2009); Bu çalışmada 37 sağlıklı erkek denek grubunda egzersiz ve kardiovasküler veriler karşılaştırılmıştır. Titreşim egzersizi 26 Hz de yapılmış, egzersizden sonra kalp atımı 128'e kan basıncı 132- 52 mmHg'e laktak ise 3.5'e yükselmiştir. Titreşim egzersizinde oksijen tüketiminin bisiklet egzersizindeki Max VO₂ nin % 48'i olduğu belirlenmiştir. Titreşim egzersizinden sonra deneklerde diz ekstansiyonu kuvvetinde %9,2, sıçrama uzunluğunda ise % 9,1 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir Ayrıca deneklerde deride kızarma ve kan akımı hızında artış gözlenmişve orta dereceli bir kardiovasküler yorgunluk oluşmuştur.

Castagna et al., (2010); 24 balıkadam ile yapılan çalışmada, dalışın 1 saat öncesinde 45 dakika egzersiz yapılmış kontrol dalışı olan diğer dalışta ise egzersiz yapılmadan dalış gerçekleştirilmiştir. Dalışlar 30 metreye 30 dakika şeklinde gerçekleştirilmiş, 3 metrede 3 dakikalık dekompresyon durağı gerçekleştirilmiştir. Dalışın 1 saat öncesinde deney grubu tarafından 45 dakika egzersiz yapılmıştır. Kabarcıklar dalış sonrası prekardial doppler ile 30 ve 90 dakika arayla tespit edilmiştir. Vücut ağırlığı, total vücut sıvısı, vücut sıcaklığı, vücut su volumü ölçülmüştür. Dalış öncesi egzersiz yapan grupta kabarcıkların azaldığı gözlemlenmiştir. Bu azalma sadece ter dehidratasyonu ile bağlantılı olmadığı fakat egzersiz sonrası vücut su volumünde azalma olduğu görülmüştür.

Germopre et al., (2010); Fransız askeri dalış tablolarının kullanıldığı çalışmada 14 erkek asker denek olarak seçilmiş ve iki kez dalış gerçekleştirmiştir. Dalışlarda toplam dip zamanı 30 metre derinlikte 30 dakika olarak kullanılmıştır. İlk uygulamada dalışın 1 saat öncesinde 30 dakika tüm vücut titreşimi (35-40 Hz) uygulanmış; dalış sonrasında sırasıyla 30-60-90 dakika arayla kabarcık ölçümü yapılmıştır. Arterial endotelden titreşimin öncesi ve sonrasında da kan akımına bağlı genişleme ölçülmüştür. Sonuç olarak vibrasyon uygulaması sonrası dalışta gaz kabarcıklarının anlamlı ölçüde azaldığı

görülmüştür. Bu azalmaya nitrik oksit sisteminden daha ziyade kan akımının neden olduğu endotel genişlemesinin sebep olduğu belirtilmiştir.

Jurd et al., (2011); Yaptıkları çalışmada dalış öncesi egzersizinin dalış sonrası oluşan venöz gaz kabarcıklarına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, dalış öncesi yapılan egzersizin yoğunluk ve zamanın dalış sonrası oluşan venöz gaz kabarcıkları üzerindeki etkisini incelemek hedeflenmiştir. 15 gönüllü erkek, üç ayrı zamanda rekompresyon odasında 18 metre derinlikteki basınça 100 dakika maruz bırakılmıştır. Gerçekleştirilen 3 dalışın 2'sinde deneklere dalıştan 24 ve 2 saat öncesinde egzersiz uygulanmıştır. Kontrol grubunda ise dalış öncesinde hiç egzersiz uygulanmamıştır. Egzersiz olarak 40 dakika boyunca denekler 1 dakika yerinde koşu ve ardından 1 dakika yerinde sıçrama yapmışlardır. Egzersiz maksimal kalp atım hızlarının %70'inde gerçekleştirilmiştir. Venöz gaz kabarcıklarının tespitinde doppler methodu kullanılmıştır. Sonuç olarak dalışın 2 saat öncesinde orta şiddette egzersiz yapan grupta, kontrol grubuna göre daha az venöz gaz kabarcığı tespit edilmiştir.

Gennser et al., (2012); Yapılan çalışmalarda dalış öncesi yapılan egzersizin kabarcıkları ve dekompresyon hastalığı riskini azalttığı, fakat egzersiz sonrasındaki bekleme zamanı ve dalış arasında ilişkiye henüz bir açıklık getirilemediğini vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada, 10 erkek deneye rekompresyon odasında, 18 metrede, 100 ve 45 dakikalık 3 ayrı dalış gerçekleştirmiştir. Dalışlarlardan biri 24 saat diğerinde 2 saat öncesinde egzersiz gerçekleştirilmiş son dalış kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Dalışlarda royal navy dalış tabloları kullanılmış, egzersiz 40 45 dakika submaksimal olarak bisiklet ergometrisinde yapılmış, kabarcıklar doppler ile tespit edilmiştir. Kontrol grubuna göre dalış öncesi bisiklet ile egzersiz yapan grupta venöz gaz embolisi sirkilasyon sayısı fazladır. Bu durum egzersizin tipi, dalışın suda yapılması ya da doppler ölçümündeki tekniklerden kaynakladığı ifade edilmektedir.

Lohman et al., (2012); Çalışmalarında cilt kan akışının ve deri sıcaklığının titreşim ve ısı uyararı ile nasıl değiştiğini araştırmışlardır. Yaşları 55-73 arasında değişen 3 erkek 7 kadın gönüllü üç gün boyunca 1- aktif titreşim, 2-pasif titreşim, 3-sıcaklık, 4-pasif titreşim ile birlikte titreşim, 5- masaj, 6- kontrol uyararına maruz bırakılmıştır. Deri kan akımı ve deri sıcaklığı MOOR laser doppler ile uyararın öncesinde ve sonrasında

ölçülmüştür. Sıcaklık ve pasif titreşim uyarısını birlikte alan grupta deri kan akımı diğerlerine göre anlamlı oranda farklılık göstermiştir.

Johnson et al., (2014); Çalışmalarında düşük frekans ve ampitüt tüm vücut titreşiminin kan akımı ve nitrik oksit üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Denekler bir hafta arayla iki deneyim yaşamışlar, birinde tüm vücut titreşimi alınmış diğerinde ise tüm vücut titreşimi uygulanmamıştır. Uygulamaların 5 dakika öncesinde ve sonrasında NO için kan alınmış ve laser doppler görüntüleyici ile kan akımı tespit edilmiştir. Düşük titreşim ve ampitüt deri kan akımı kontrol grubuna göre anlamlı derecede yükseltmiştir. Nitrik oksit konsantrasyonunda ise herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Madden et al., (2014a); Yaptıkları çalışmada dalış öncesi aerobik egzersiz yapan ve yapmayan gruplarda venöz gaz embolisi ve mikropartiküller arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 19 balıkadam 3 gün arayla 18 metreye 41 dakikalık 2 dalış gerçekleştirmiştir. Egzersizler koşubandında 60 dakikalık interval şeklinde uygulanmıştır. Dalış ve egzersizin öncesinde balıkadamlardan kan alınmış, yüzeye ulaşıldıktan sırasıyla 15-40-80-120 dakika arayla intravasküler kabarcıklar transthorakik ultrason kullanılarak ölçülmüştür. Egzersiz ve kontrol gruplarında mikropartiküler açıdan farklılıklara rastlanmıştır. Trombosit ve nötrofil aktivasyonu egzersiz yapan gruplarda etkili olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Madden et al., (2014b); Araştırmalarında dalış öncesi anaerobik bisiklet egzersizinin venöz gaz kabarcıklarının oluşumuna etkisini incelemişlerdir. 10 erkek balıkadam 18 metrede 41 dakikalık iki dalış gerçekleştirmişlerdir. Bu dalışlardan birinin öncesinde wingate bisiklet protokolü uygulanmış, diğerinde ise herhangi bir egzersiz yapılmamıştır. Venöz gaz kabarcıkları dalış sonrası sırasıyla 15-40-80-120 dakika arayla analiz edilmiştir. Venöz gaz kabarcıklarının dalış öncesi anaerobik bisiklet egzersizi yapan grupta azaldığı gözlemlenmiştir.

Mitchell et al., (2014); Çalışmada huzursuz bacak sendromunda tüm vücut titreşiminin kan akışını yükseltip yükseltmediğini ve nitrik oksit konsantrasyon artırıp artırmadığını incelenmiştir. İki grupta (huzursuz bacak sendromu olan ve olmayan), iki uyarı ile (tüm vücut titreşimli ve titreşimsiz) ölçümler yapılmıştır. Tüm vücut titreşimi 30 saniyelik on tekrar ile yapılmış, kan akımı lazer doppler ile ölçülmüştür. Deneklerden nitrik oksit için de kan alınmıştır. Kan akımı tüm vücut titreşimi sonrası huzursuz bacak sendromu

olan grupta kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Nitrik oksit konsantrasyonun da ise herhangi bir değişikliğe rastlanmamıştır. Tüm vücut titreşiminden sonra nitrik oksit değeri yükselmemesine rağmen deri kan akımı artmıştır.

Pontier et al., (2014); Çalışmalarında hiperbarik odada ve denizde NO solumanın etkilerini incelemişlerdir. 31 sağlıklı erkek balıkadam hava ile aletli dalış, oksijen ile sığ su dalışı, trimiks ile derin su dalışı yapmışlardır. Dalış öncesi ve sonrası NO değerleri elektrokimyasal el analizörü ile ölçülmüştür. Hava ile dalan grupta dalış öncesi ve sonrası NO değerlerinde herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Oksijen ve Trimiks ile dalış yapan grupların dalış sonrası NO değerlerinde anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir. Çalışmada hiperbarik ortam ve su dalışı arasında herhangi bir fark bulunmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan denekler, profesyonel sualtı adamları arasından sürekli olarak dalış yapmakta olan, sigara-alkol alışkanlığı olmayan ve uzun süredir herhangi bir ilaç yada vitamin kullanmayanlardan seçilmiştir. Denekler, profesyonel sualtı adamı yönetmeliğine göre iki yılda bir genel sağlık kontrolünden geçmelerine rağmen, bu çalışma için kardiyolojik kontrolleri, EKG ve solunum testleri yapılmıştır. Denekler çalışma sırasında oluşabilecek her türlü olumsuzluklara karşı 3. *Şahıslara Karşı Mali Mesuliyet Sigortası* kapsamında (*Police No: 0001-0310-0484742*) sigorta yapılmıştır. Bu kapsamda denekler 17.04.2013 tarihli *Klinik İlaç Araştırmalarında Gönüllülerin Sigortalanması Hakkında Kılavuz* doğrultusunda “Klinik Araştırmalar Sigorta Poliçesi” ile güvence altına alınmıştır. Çalışmaya denek olarak katılacak kişilere, çalışmanın amacı, yararı, yapılacak testler, olası riskleri hakkında bilgi verilmiş ve yazılı onayları alınmıştır. Denekler, aşağıda belirtilen ölçümlerden bir hafta öncesinde günlük dietlerini fazla değiştirmemeleri, derin ve mükerer dalış yapmamaları ve en az iki gün öncesinde ağır egzersizler yapmamaları konularında uyarılmışlardır.

Çalışmada yaşları 25 ile 45 arasında değişen 9 profesyonel erkek balıkadam denek olarak kullanılmıştır. 9 kişilik denek grubu, kontrol (1), egzersiz (2) ve titreşim (3) olmak üzere 3 gruba ayrılmış ve sırasıyla değiştirilerek test edilmiştir.

Antropometrik Ölçümler: Deneklerin tanımlayıcı boy, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi gibi antropometrik verileri saptanmıştır.

- Boy; boy, ölçümleri şortla ve ayakkabısız olarak yapılmıştır.
- Vücut ağırlığı; vücut ağırlığı ölçümleri şortla ve ayakkabısız olarak yapılmıştır.
- Vücut kütle indeksi; boy ve vücut ağırlığından, belirtilen formüle göre vücut kitle indeksleri (VKİ) hesaplanmıştır. $VKİ = \text{Ağırlık (kg)} / \text{boy (m}^2\text{)}$

Kalp Atım Hızı Ölçümleri: Testler süresince deneklerin kalp atım hızları ölçümleri “RS 400 Polar” marka kalp atım monitörü kullanılarak ölçülmüştür. Denekler, teste girmeden önce kalp atım monitörünün göğüs bandını ve saatini takmış, gerçek zamanlı kalp atım hızı göğüs bandından radyo dalgaları aracılığı ile saate gönderilmiştir. Kalp atım hızı sürekli olarak bu şekilde takip edilmiştir.

Solunum Gazları Analizi: Laboratuvar testleri sırasında solunum gazlarının analizi için *Cosmed Quark b2* (Cosmed, Rome-Italy) gaz analizörü kullanılmış ve oksijen tüketimi (VO_2) ve solunumsal değişim oranı ($RER=VCO_2/VO_2$) gaz analizörü ile incelenmiştir.

Venöz Gaz Kabarcıklarının Belirlenmesi: Ultrasonografik görüntülemeler, E.Ü. Sualtı Araştırmaları Merkezindeki laboratuvar da ve denizde (Aletli dalış çalışmaları için kullanılan E.Ü. Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi’ne ait “*EGE DERİN*” isimli araştırma gemisi içindeki kamarada) konusunda deneyimli tekbir radyolog tarafından yapılmıştır. Süreç içerisinde hemodinamik değişikliklerin zamana karşı değişmesi nedeniyle birden fazla radyolog görevlendirilmemiş, ölçüm yapanlar arası karşılaştırma yapılmamıştır.

Araştırmada deneklere yaptırılacak değişik özelliklerdeki egzersizlerin hemodinamik etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda beyne giden kan akımı özelliklerinin ve venöz kandaki gaz kabarcıklarının miktarını hesaplayabilmek için medikal görüntüleme için üretilmiş, pil ile çalışabilen taşınabilir ultrasonografi cihazı, Sonosite, Inc. M Turbo TM. (Bothell, WA 98021 USA, Ref: P08189-34, Serial: 03H823, Manif: 2009-12) kullanılmıştır (Şekil.1).

Damar görüntüleme için Lineer prob (*HFL38x/13-6MHz Transducer, Ref: P07682-30 Serial: 03VKRZ Manif: 2013-06*), cihazın “Vascular” preset ayarında kullanılmıştır. Kardiyak görüntüleme elektronik faz dizilimli prob (*P21x/5-1MHz Transducer Ref: P07698-21 Serial: 03N0135 Manif: 2011-10*), cihazın “Cardiac” preset ayarında kullanılmıştır. Cihazın bu marka ve modeline özel yapısından yararlanılarak tüm ölçüm ve görüntülerde, “derinliğe göre değişen kazanç (TGC)” ve “ toplam kazanç (overall gain)” ayarları, başlangıçta bir kere ayarlanmış, tüm denekler, tüm ölçümler ve tüm günler için sabit kalacak şekilde mekanik olarak kilitlenmiştir. Böylece farklı günlerde, farklı deneklerden, farklı zamanlarda elde edilen görüntülerin ekranda gösterilecek parlaklık ayarı sabit kalarak standardizasyon sağlanmış ve böylece eşleşen ölçümler karşılaştırılmıştır.



Şekil.1 Gaz Kabarcık ve Kan Akım Hızı Ölçümlerinde Kullanılan Ultrasonografi Cihazı

3.2 Yöntem

3.2.1 Egzersiz Testlerinde Kullanılan Bisiklet Ergometresi ve Laboratuvar Deneyleri

Submaksimal aerobik güç (60% maxVO₂) testlerinde kullanılmak üzere mekanik frenli bisiklet ergometresi (*Monark 894 Ergomedic E; Monark Sports & Medical, Sweden*) kullanılmıştır (Şekil.2). Laboratuvarda yapılacak tüm egzersiz testleri sırasında deneklerin bisiklet ergometresinde farklı günlerde uyum seansı, submaksimal aerobik güç testi ve maksimal aerobik güç (VO₂ zirve) testi veriler toplanmıştır.

Tüm egzersiz testlerinden önce denekler 5 dakika genel ısınma ve sonrasında 10 dakika özel ısınma yapmışlardır. Özel ısınma, bisiklet ergometresi üzerinde uygulanmış, deneklerden 65 rpm devir sayısında pedal çevirmeleri istenmiştir ve 50 wattlık bir iş yükü uygulanmıştır. Bu ilk test gününde gönüllülerin antropometrik verileri de toplanmıştır. Denekler test sırasında şort, tişört ve spor ayakkabı kullanmıştır.



Şekil.2 Egzersiz Testlerinde Kullanılan Bisiklet Ergonometrisi (*Monark 894 Ergomedic E.*)

Uyum seansı ve test yüklerinin belirlenmesi: Deneklerin test düzenine, bisiklet ergometresine, solunum gazları analizörünün maske/ağızlık gibi parçalarına uyum sağlayabilmesi için ilk test gününden 2–4 gün önce uyum seansına alınmıştır. Uyum seansları sırasında deneklerin bisiklet ergometresinde pedal yüksekliği ayarı, sele ayarı ve gidon ayarı yapılarak kayıt

altına alınmış ve sonrasındaki testlerde her bir deneğin tekrar aynı standartlarda testleri yapabilmesi sağlanmıştır. Uyum seansı, 4 adet ikişer dakikalık kademelerden oluşmuş, tüm kademelerde deneklerden 60-65 rpm devir sayısında pedal çevirmeleri istenmiştir. İlk kademede 60-65 wattlık bir iş yükü ile başlanmış ve her kademede 20-30 wattlık yük artışları ile test tamamlanmıştır. Deneklerden 8 dakika boyunca nabız, oksijen tüketimi (VO_2) ve solunumsal değişim oranı ($RER=VCO_2/VO_2$) verileri alınarak takip eden günlerde yapılacak submaksimal aerobik güç testi için başlangıç yükü belirlenmiştir (Şekil3).

Submaksimal aerobik güç testi: Bu test, uyum seansından 1 hafta sonra yapılmıştır. Test beşer dakikalık dört kademedan oluşmuştur. Başlangıç yükü olarak uyum testinden elde edilen kalp atım hızı ve RER değerinden belirlenen aerobik eşik düzeyine denk gelen değer kullanılmıştır. Testin başlangıcından itibaren yük artışları; 5, 10 ve 15'inci dakikalarda yapılmış, test 20. dakikada sonlandırılmıştır. Her kademede yük artışı 25-30 watt arasında gerçekleştirilmiş ve deneklerden 60-65 rpm devir sayısında pedal çevirmeleri istenmiştir. Her bir deneğe göre belirlenen yük artışları ile test sonunda deneklerin solunumsal anaerobik eşik düzeyine ulaşmaları sağlanmıştır (Şekil.3).



Şekil.3 Bisiklet Ergonometrisi Üzerinde Deneklerin Test Yüklerinin Belirlenmesi

Maksimal aerobik güç (VO₂ zirve) test: Bu test submaksimal aerobik güç testinden 1 hafta sonra yapılmıştır. Submaksimal aerobik güç testinden sağlanan veriler doğrultusunda belirlenen an-aerobik eşik düzeyine denk gelen yükler başlangıç yükü olarak kullanılmıştır. Testin başlangıcından itibaren yük artışları 4-6-8-10-11-12-13. dakikalarda yapılmış, her kademedeki yük artışı 20-40 watt arasında uygulanmış ve bu yük artışına istemli yorgunluk oluşana kadar devam etmiştir. Deneklerden 60-65 rpm devir sayısında pedal çevirmeleri istenmiş, test başlamadan önce ve testin her kademesinin VO₂, nabız ve RER değerleri kaydedilmiştir.

3.2.2 Tüm Vücut Titreşimi Testi

Bu uygulama için “Power Plate My3 Tüm Vücut Titreşim Cihazı” kullanılmıştır (Şekil.4). Tüm vücut titreşimine olanak sağlayan Power Plate My3, 2 mm/saniye amplitude değerinde 30-50 Hz frekans değerleri arasında titreşim üretmektedir.

Çalışmada tüm vücut titreşimi için 2 mm/sn amplitude değerinde, 35 Hz titreşim toplam 15 süre ile uygulanmıştır. Deneklere Power Plate cihazını üzerinde her dakikada bir, vücudun farklı bir bölümüne titreşim uygulayacak hareketler yaptırılmıştır. Deneklere yaptırılan hareketler genel rahatlama, masaj ve esnetme hareketlerinden seçilmiştir. Titreşim eşliğinde yapılan hareketler ile deneklerde tonik vibrasyon kasılmaları elde edilmiştir (Şekil.5)



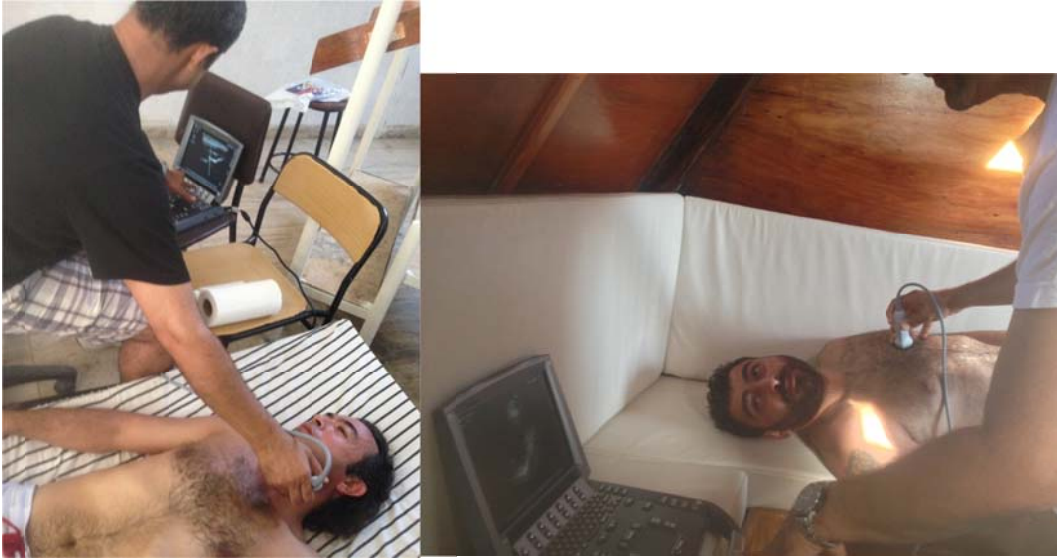
Şekil.4 Çalışmada Titreşim Uygulamasında Kullanılan PowerPlate My3



Şekil.5 Deneklere PowerPlate My3 Kullanılarak Yaptırılan Egzersizler

3.2.3 Beyne Giden Kan Akımı Özelliklerinin ve Venöz Kandaki Gaz Kabarcıklarının Miktarının Hesaplanma Yöntemi

Beyne Giden Kan Akımı Özellikleri: Çalışmada deneklere yaptırılacak değişik özelliklerdeki egzersizlerin hemodinamik etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda deneklerde beyne giden kan akım özelliklerinin taşınabilir ultrasonografi cihazı, (Sonosite, Inc. M Turbo TM.) kullanılarak belirlenmiştir. Başta boynun her iki tarafından beyne giden 4 adet ana atar damar bulunmaktadır. Ardışık ölçümlerde bekleme süresini kısaltmak ve hızlı ölçümler yapabilmek amacıyla her iki taraftan toplam 4 adet ölçüm yapmak yerine, tek taraftan en büyük tek atar damardan ölçüm yapmak hedeflenmiştir. Bu amaçla tüm deneklerin boynunun sol tarafında internal karotis arter tercih edilmiştir. Bu ana damardaki değişikliklerin sistemik etkileri temsil ettiği kabul edilmiştir. Ultrasonografi cihazı ile sol internal karotis arter uzunlamasına tamamen görüntülenirken çapı mm olarak ölçülmüştür. Daha sonra Doppler yöntemi ile açı düzeltilmesi sonrasında bu kesitten geçen kan akımı hızı ölçülerek debi hesaplanmıştır.



Şekil.6 Taşınabilir Ultrasonografi Cihazı İle Deneklerde Yapılan Ölçümler

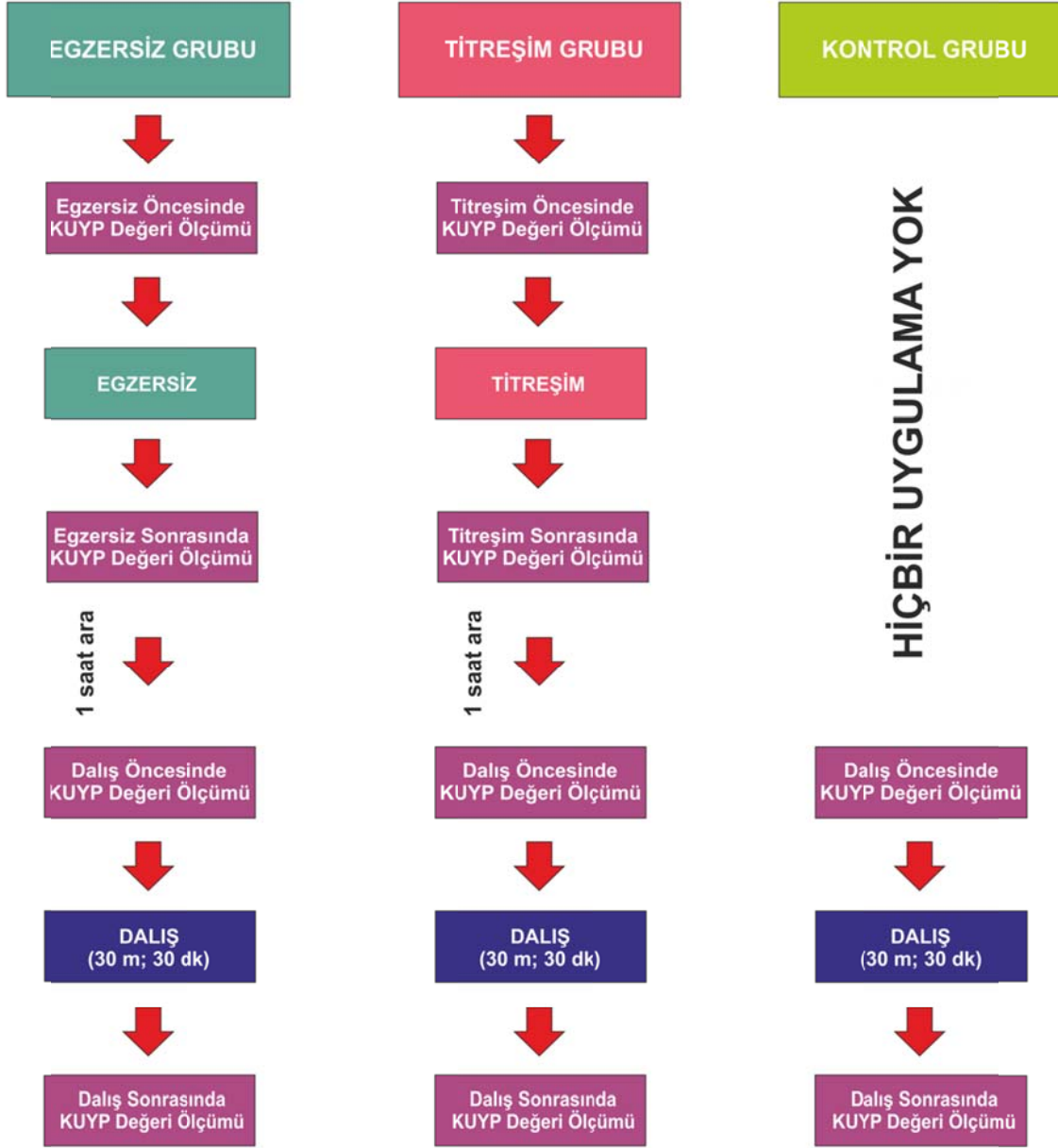
Venöz Gaz Kabarcıklarının Miktarının Hesaplanma Yöntemi: Çalışmada deneklerin kanında ortaya çıkacak olan gaz kabarcıklarının kan ile şiddetli akustik direnç farkı oluşturarak ultrasonografik sesi daha fazla yansıtacağı düşünülmüştür. Böyle bir durumda kabarcık içermeyen kanın ekranda, piksel parlaklığı ortalamasının kabarcıklı

kana göre daha düşük olacağı göz önüne alınmıştır. Diğer bir deyişle kabarcık içeren kan daha parlak piksellerden oluşan bir görüntü oluşturacaktır. Çalışmada bu yöntem ile Kanın Ultrasonik Yansıtıcılığa Bağlı Parlaklık Değeri (KUYP) değeri ölçülmüştür. Ayrıca gözle görülebilen boyuttaki gaz kabarcıkları görüntü ekranından not edilmiştir. Bu yöntem uluslararası bilimsel literatürde "Spencer Skalası" olarak bilinmektedir: (BLATTEAU J-E', GEMPP E, GALLAND F-M, PONTIER J-M, SAINTY J-M, ROBINET C. *Aerobic exercise 2 hours before a dive to 30 msw decreases bubble formation after decompression. Aviat Space EnvironMed* 2005; 76:666 –9). Bu amaçla ultrasonografik görüntü, hem video formatında hem de tek kare fotoğraf (jpeg) formatında ultrasonografi cihazının dijital hafızasına kaydedilmiştir.

Gözle görülemeyecek boyuttaki gaz kabarcıklarının ise toplamda görüntüdeki kanın piksel parlaklık değerlerini yükselteceği varsayımı ile görüntülerde kanı oluşturan piksellerin parlaklık değerleri histogram şeklinde, IMAGEJ isimli bilgisayar yazılımı kullanılarak analiz edilmiş, ortalama parlaklık değerleri bulunmuştur. Ultrasonografi cihazının dijital görüntü belleği jpeg özelliğinde dosya şeklini kullanmaktadır. Imagej yazılımı, üzerinde çalışılan görüntüdeki piksellerin parlaklık değerini 0 siyah olacak şekilde beyaza doğru değişen 255 basamaklı bir cetvelde derecelendirmektedir. Bu çalışmada siyah 0 değeri hiç yansıma oluşturmeyen kan bölgelerinin değeri olarak kabul edilmiştir. 255 beyaz değeri de görüntüde ultrasonografi cihazının elde edebildiği en yüksek yansıma değerini ifade etmektedir. Gaz kabarcıklarının yansıma değeri bu aralıkta beyaza yakın yerleşimdeki sayılardan oluşmaktadır. Başka bir ifadeyle sayı ne kadar büyürse ilgilenilen görüntüdeki kan içerisinde yansıtıcı materyaller yani kandaki hücreler ve gaz kabarcıkları yoğunluğu artmış anlamına gelmektedir.

3.2.4 Araştırma Protokolünün Uygulanması

Çalışma egzersiz ve titreşim uygulamaların aletli dalıştan sonra oluşan venöz gaz kabarcıkları üzerine olan etkisini inceleyemeye yönelik sualtı bölümü E.Ü. Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin İzmir Urla'daki yerleşkesinde yürütülmüştür. Çalışmada 9 kişiden oluşan denek grubu Kontrol, Titreşim ve Egzersiz olmak üzere 3 bölüme ayrılmış, her hafta gruptaki kişiler sabit tutularak uygulama değiştirilmiştir. Bu şekilde her denek sırasıyla egzersiz, titreşim ve kontrol grubunda yer alarak dalış yaptıktan sonra aşağıdaki protokole göre ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil.7).



Şekil.7 Araştırmada Uygulanan Protokol ve Yapılan Ölçümler

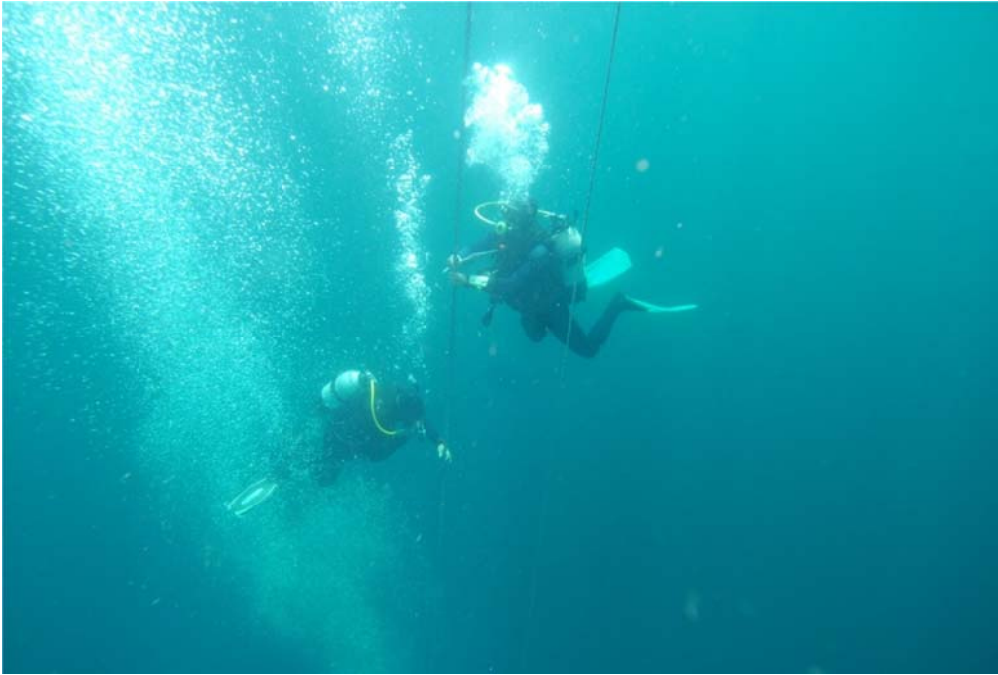
Dalış uygulaması: Dalışlar, Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne (SAUM) ait araştırma gemisi “*EGE DERİN*” kullanılarak İzmir Körfezinde Pırnalı-Alman Adası arasındaki bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil.8).



Şekil 8. Araştırmada Aletli Dalışların Gerçekleştirildiği Bölge

Aletli dalışlarda Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma Merkezi'ne (SAUM) ait standart scuba malzemeleri (tüp, BCD, dalış elbisesi, şnorkel, maske, palet, regülatör, manometre vb) kullanılmıştır. Deneklerin dalış hızı 15 m/dk olarak belirlenirken, çıkış

hızı 10 m/dk olarak tespit edilmiştir (Şekil.9). Dalış planlanması Amerika Birleşik Devletleri Deniz Kuvvetleri dalış tabloları (U.S. Navy Diving Manual) kullanılarak yapılmış ve 3 metrede 3 dakika deko durağı belirlenmiştir. Çalışmada yapılan dalışlarda, 30 metre derinlikte 27 dakika; 3 metre derinlikte 3 dakika dekompresyon süresi olmak üzere toplam 30 dakika dip zamanı şeklinde dalış profili kullanılmıştır. Araştırma süresince aynı denek test uygulanmak üzere birer hafta arayla 3 kez dalış yapmıştır. Dalış süre ve derinlikleri Suunto D9 dalış bilgisayarı kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil.9 Araştırmada Sualtı Çalışmalarından Bir Görüntü

Egzersiz testi: Egzersiz uygulanacak gruba dalış uygulamasından 1 saat öncesinde, bisiklet ergometresinde Max VO_2 'nin %60'ında akut submaksimal aerobik egzersiz testi (40 dakika) uygulanmıştır (Şekil.10). Egzersiz grubuna araştırma protokülünde de belirtildiği gibi egzersiz öncesi ve sonrasında ultrasonik görüntüleme cihazı (Doppler) ile Kanın Ultrasonik Yansıtıcılığa Bağlı Parlaklık Değeri (KUYP) değeri ve kan akım hızı ölçülmüştür. Denekler egzersiz uygulamasının 1 saat sonrasında 30 m derinliğe 30 dakikalık bir dalış gerçekleştirilmiştir. Deneklerin dalıştan hemen önce ve sonrasında tekrar doppler ile KUYP ve kan akım hızı değerleri ölçülmüştür.



Şekil.10 Deneklere Dalıştan Önce Uygulanan Egzersiz Testinden Görüntü

Titreşim testi: Deneklere dalış yapmadan 1 saat öncesinde tüm vücut titreşimi uygulanmıştır. PowerPlate My3 cihazı kullanılarak deneklere 15 dakika süre tüm vücut titreşimi uygulanmıştır. Titreşim grubuna araştırma protokolünde de belirtildiği gibi titreşim öncesi ve sonrasında ultrasonik görüntüleme cihazı (Doppler) ile Kanın Ultrasonik Yansıtıcılığa Bağlı Parlaklık Değeri (KUYP) değeri ve kan akım hızı ölçülmüştür. Titreşim uygulamasından 1 saat sonra 30 m derinliğe 30 dakikalık bir dalış gerçekleştirmişlerdir. Deneklerin dalıştan hemen önce ve sonrasında tekrar doppler ile KUYP ve kan akım hızı değerleri ölçülmüştür.

Kontrol Grubu: Kontrol grubunu oluşturan denekler herhangi bir uyarana maruz kalmadan 30 m derinliğe 30 dakikalık bir dalış gerçekleştirmişlerdir. Egzersiz ve

titreşim grublarında olduğu gibi deneklerin dalıştan hemen önce ve sonrasında tekrar doppler ile KUYP ve kan akım hızı değerleri ölçülmüştür (Şekil.11)



Şekil.11 Deneklerden Dalıştan Sonra Dopplerle KUYP değerleri Ölçümü

İstatistiksel analizler: Veri analizinde SPSS.15.0 istatistik programı kullanılmış ,verilerin sayısal sunumunda aritmetik ortalama ve standart sapma kullanılmıştır. İstatistiksel testlerde anlamlılık düzeyi olarak $p<0.05$ kabul edilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen verilerin analizinde Kolmogorov smirnov normal dağılıma uygunluk testi, Anova varyans analizi ve Eşleştirilmiş iki grup arasındaki farkların testi (Paired-Samples "t" testi) kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Araştırma tüm denek grubuna test uygulanması için 5 dalış yapılmış toplam 275 dakika sualtında çalışma gerçekleştirilmiştir. Sualtında uygulaması sırasında su sıcaklığı 24–26°C olarak ölçülmüş, testin uygulanması ise her denek için ortalama 35 dakika sürmüştür.

Aletli dalışta oluşan venöz gaz kabarcıkları ile iki farklı egzersiz türü arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada ultrasonik yöntemle (doppler) deneklerden kan akım hızı ve kanın ultrasonik yansıtıcılığa bağlı parlaklık değeri (KUYP) ölçülmüştür. Çalışmada kontrol grubundaki deneklere yapılan ultrasonografide KUYP değerleri 5-7 arasında değişirken, dalış sonrası ölçümlerde KUYP değerlerinin 17-52 arasında bulunmuştur. Kanda başlangıçta olmayan ultrasonik yansıtıcı cisimlerin dalış sonrası ortaya çıkarak kanın yansıtıcılık özelliğini arttırdığını ve elde edilen yeni görüntülerin beyaz renk tarafına yaklaşmış sayılardaki piksellerden oluştuğu kabul edilmiştir.

Çalışmada denekler kontrol (KG), titreşim (power plate; PP) ve egzersiz (bisiklet; BS) olmak üzere 3 gruba ayrılmış, tüm denekler her grubu içerisinde değiştirilerek test edilmiştir. Böylelikle 9 denek 3 kez test edilerek sırasıyla kontrol, titreşim ve egzersiz grubunu oluşturmuştur.

4.1. Egzersiz Öncesi KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

Kontrol (KG), titreşim (power plate; PP) ve egzersiz (bisiklet; BS) gruplarında egzersiz öncesi yapılan KUYP değerlerinin kontrol grubunda ortalama $6,96 \pm 0,45$, titreşim grubunda $7,24 \pm 0,73$ ve egzersiz grubunda ise $7,06 \pm 0,34$ olarak tespit edilmiştir (Tablo.1). Veriler normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermektedir ($p>0,05$).

Tablo.1 Deneklerde Egzersiz Uygulaması Öncesinde KUYP Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG0	9	6,9588	0,44983	6,34	7,61
PP0	9	7,2367	0,73467	6,44	8,62
BS0	9	7,0558	0,33973	6,42	7,38

Tablo.2’de kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz yapılmadan önceki KUYP değerleri göz önünde bulundurulduğunda

istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Bu durum deneklerin homejen bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Tablo.2 Denek Grupları Arasında Egzersiz Öncesinde KUYP Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,358	2	0,179	0,626	0,543
Within Groups	6,860	24	0,286		
Total	7,218	26			

4.2. Egzersiz Sonrası KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

Egzersiz uygulanan titreşim (power plate; PP) ve egzersiz (bisiklet; BS) gruplarında ortalama KUYP değerleri sırasıyla $7,55 \pm 0,65$ ve $7,59 \pm 0,58$ olarak tespit edilmiştir (Tablo.3). Egzersiz uygulaması sonrasında veriler normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermiştir ($p>0,05$).

Tablo.3 Deneklerde Egzersiz Uygulaması Sonrasında KUYP Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG1	9	6,9588	0,44983	6,34	7,61
PP1	9	7,5536	0,64957	6,64	8,35
BS1	9	7,5931	0,57867	6,73	8,42

Tablo.4’de kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz uygulamadan sonraki KUYP değerleri göz önünde bulundurulduğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir ($p<0.05$).

Tablo.4 Denek Grupları Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,273	2	1,137	3,555	0,044
Within Groups	7,673	24	0,320		
Total	9,946	26			

Egzersiz sonrasında kontrol grubu (KG) ile titreşim grubu (PP) ve kontrol grubu ile bisiklet grubu (BS) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilirken ($p<0.05$), egzersiz türleri arasında (titreşim yada bisiklet) ölçülen KUYP değerleri açısından anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Tablo.5).

Tablo.5 Gruplar Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

	(I) Grup	(J) Grup	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
LSD	1,00	2,00	-,59478(*)	,26655	,035	-1,1449	-,0447
		3,00	-,63433(*)	,26655	,026	-1,1845	-,0842
	2,00	1,00	,59478(*)	,26655	,035	,0447	1,1449
		3,00	-,03956	,26655	,883	-,5897	,5106
	3,00	1,00	,63433(*)	,26655	,026	,0842	1,1845
		2,00	,03956	,26655	,883	-,5106	,5897

4.3. Dalış Öncesinde KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

Egzersiz uygulamasından bir saat sonra dalış yapılmadan önce titreşim ve bisiklet gruplarında KUYP değerlerini çok fazla değiştirmedeği görülmektedir (Tablo.6). Egzersiz uygulamasından 1 saat sonra, dalış yapılmadan önce ölçülen KUYP değerleri normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermiştir ($p>0,05$).

Tablo.6 Deneklerde Dalıştan Önceki KUYP Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG2	9	6,9588	0,44983	6,34	7,61
PP2	9	7,3781	0,71258	6,51	8,85
BS2	9	7,5161	0,58086	6,85	8,20

Tablo.7’de kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz uygulamasından 1 saat sonra dalış yapılmadan hemen önce ölçülen KUYP değerleri açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$)

Tablo.7 Denek Grupları Arasında Dalış Öncesinde KUYP Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,517	2	0,758	2,172	0,136
Within Groups	8,380	24	0,349		
Total	9,897	26			

4.4. Dalış Sonrasında KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

Denek gruplarının dalıştan hemen sonra ölçülen KUP değerleri titreşim grubunda $36,77 \pm 10,91$, egzersiz grubunda $27,32 \pm 6,40$ ve kontrol grubunda ise $43,04 \pm 4,10$ olarak tespit etmiştir (Tablo.8). Dalış yapmanın kanda ölçülen KUYP değerlerini arttırdığı görülmektedir. Bununla birlikte yapılan egzersiz veya tüm vücuda uygulanan titreşimin KUP değerlerini düşürdüğü görülmektedir. Veriler normal dağılıma uygun olmakla birlikte ($p>0,05$), varyanslar homejen değildir ($p>0,05$).

Tablo.8 Deneklerde Dalıştan Sonraki KUYP Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG3	9	43,0389	4,10360	37,95	52,72
PP3	9	36,7711	10,90929	19,43	54,24
BS3	9	27,3222	6,40162	17,23	36,13

Tablo.9’da kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz uygulamadan sonraki KUYP değerleri göz önünde bulundurulduğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir ($p<0.05$).

Tablo.9 Denek Grupları Arasında Dalış Sonrasında KUYP Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1126,726	2	563,363	9,558	0,001
Within Groups	1414,545	24	58,939		
Total	2541,271	26			

Dalış sonrasında kontrol grubu (KG) ile egzersiz uygulanan bisiklet grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilirken ($p<0.05$), kontrol grubu (KG) ile titreşim uygulanan grup (PP) arasında ve egzersiz grupları (titreşim ve bisiklet) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Tablo.10).

Tablo.10 Gruplar Arasında Egzersiz Sonrasında KUYP Değerlerinin Karşılaştırılması

	(I) Grup	(J) Grup	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Dunnett C	1,00	2,00	6,26767	3,88504		-4,8336	17,3690
		3,00	15,71656(*)	2,53441		8,4746	22,9585
	2,00	1,00	-6,26767	3,88504		-17,3690	4,8336
		3,00	9,44889	4,21617		-2,5986	21,4964
	3,00	1,00	-15,71656(*)	2,53441		-22,9585	-8,4746
		2,00	-9,44889	4,21617		-21,4964	2,5986

4.5. Denek Gruplarının KUYP Değerleri Bakımından İkili Karşılaştırmaları

Araştırmada 3 denek grubu (kontrol, titreşim ve egzersiz) her uygulama öncesi ve sonrasındaki değişimleri anlamak için KUYP değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Kontrol grubunda denekler hiçbir uygulama yapılmadan sadece dalış yaptıkları için karşılaştırmalar dalış öncesi ve sonrasında uygulanmıştır (Tablo.11).

Tablo.11. Gruplara Yapılan Uygulamalar Sonrasında İkili Karşılaştırmaları (KUYP)

Paired Samples Test	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Upper	Lower			
KG0 - KG3	-36,08011	3,93024	1,31008	-39,10116	-33,05907	-27,540	8	0,000
KG1 - KG3	-36,08011	3,93024	1,31008	-39,10116	-33,05907	-27,540	8	0,000
PP0 - PP1	-0,31689	,47482	0,15827	-0,68187	0,04809	-2,002	8	0,080
PP0 - PP2	-0,14144	,33067	0,11022	-0,39562	0,11273	-1,283	8	0,235
PP0 - PP3	-29,53444	10,86340	3,62113	-37,88479	-21,18410	-8,156	8	0,000
PP1 - PP2	0,17544	,46875	0,15625	-0,18487	0,53576	1,123	8	0,294
PP1 - PP3	-29,21756	11,16024	3,72008	-37,79608	-20,63903	-7,854	8	0,000
PP2 – PP3	-29,39300	10,80910	3,60303	-37,70161	-0,10486	-2,8665	8	0,021
BS0 - BS1	-0,53733	,56263	0,18754	-0,96981	-0,10486	-2,865	8	0,021
BS0 - BS2	-0,46033	,56602	0,18867	-0,89541	-0,02525	-2,440	8	0,041
BS0 - BS3	-20,26644	6,22736	2,07579	-25,05321	-15,47967	-9,763	8	0,000
BS1 - BS2	0,07700	,32479	0,10826	-0,17265	0,32665	0,711	8	0,497
BS1 – BS3	-19,72911	6,02140	2,00713	-24,35757	-15,10065	-9,829	8	0,000
BS2 - BS3	-19,80611	6,09411	2,03137	-24,49046	-15,12176	-9,750	8	0,000

Kontrol grubunda dalış öncesinde KUYP değerleri ortalama $6,96 \pm 0,45$ olarak ölçülürken dalış sonrasında bu değer $43,04 \pm 4,10$ olarak tespit etmiştir. Dalıştan önce hiçbir uygulama yapılmayan deneklerde KUYP değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır ($p<0,05$).

Titreşim uygulanan grupta titreşim egzersiz yapılmadan önce ortalama KUYP değeri $7,24 \pm 0,74$ olarak ölçülürken uygulanan titreşim sonunda bu değer $7,55 \pm 0,65$ olarak tespit edilmiştir. Titreşim egzersizi uygulaması KUYP değerini etkilememiştir ($p>0,05$). Titreşim egzersizi uygulamasından 1 saat sonra, hemen dalıştan önce KUYP $7,38 \pm 0,71$ olarak ölçülmüştür. Bu değer titreşim egzersizinin KUYP değeri üzerine 1 saat sonrada etki yapmadığını göstermektedir ($p>0,05$). Fakat dalıştan sonra ölçülen KUYP değerinin ($36,77 \pm 10,91$) titreşim egzersizinden önce ve sonra ölçülen KUYP değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Bisiklet ergonometrisi üzerinde egzersiz uygulanan grupta egzersiz yapılmadan önce ortalama KUYP değeri $7,06 \pm 0,34$ olarak ölçülürken uygulanan egzersiz sonunda bu değer $7,59 \pm 0,58$ olarak tespit edilmiştir. Bisiklet egzersizi uygulaması KUYP değerini istatistiksel olarak anlamlı bir oranda arttırmıştır ($p<0,05$). Bisiklet egzersizi uygulamasından 1 saat sonra, hemen dalıştan önce KUYP $7,51 \pm 0,58$ olarak ölçülmüştür. Bu değer bisiklet üzerinde uygulanan egzersizin 1 saat sonrada etkisinin devam ettiğini göstermektedir ($p<0,05$). Dalıştan sonra ölçülen KUYP değerinin ($27,32 \pm 6,40$) bisiklet egzersizinden önce ve sonra ölçülen KUYP değerlerinin dalıştan sonra ölçülen KUYP değeri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4.6. Egzersiz Öncesi Kan Akış Hızlarının Karşılaştırılması

Kontrol (KG), titreşim (power plate; PP) ve egzersiz (bisiklet; BS) gruplarında egzersiz öncesinde kan akış hızları kontrol grubunda ortalama $463,11 \pm 45,04$ titreşim grubunda $463,11 \pm 49,24$ ve egzersiz grubunda ise $456,44 \pm 54,13$ olarak tespit edilmiştir (Tablo.12). Veriler normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermektedir ($p>0,05$).

Tablo.12 Deneklerde Egzersiz Uygulaması Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG0	9	463,1111	45,03733	394,00	512,00
PP0	9	463,1111	49,24288	402,00	535,00
BS0	9	456,4444	54,13204	369,00	520,00

Tablo.13'te kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz yapılmadan önceki kan akış hızı değerleri göz önünde bulundurulduğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Bu durum deneklerin homojen bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Tablo.13 Denek Grupları Arasında Egzersiz Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	266,667	2	133,333	,054	,947
Within Groups	59068,000	24	2461,167		
Total	59334,667	26			

4.7. Egzersiz Sonrası Kan Akış Hızlarının Karşılaştırılması

Egzersiz uygulanan titreşim ve bisiklet gruplarında ortalama kan akış hızı değerleri sırasıyla $429,44 \pm 50,30$ ve $431,22 \pm 63,29$ olarak tespit edilmiştir (Tablo.14). Egzersiz uygulaması sonrasında veriler normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermiştir ($p>0,05$).

Tablo.14 Deneklerde Egzersiz Uygulaması Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG1	9	463,1111	45,03733	394,00	512,00
PP1	9	429,4444	50,29690	381,00	495,00
BS1	9	431,2222	63,28661	326,00	502,00

Tablo.15'te kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz uygulamasından sonraki kan akış hızı değerleri göz önünde bulundurulduğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemektedir ($p>0.05$).

Tablo.15 Denek Grupları Arasında Egzersiz Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6460,519	2	3230,259	1,132	,339
Within Groups	68506,667	24	2854,444		
Total	74967,185	26			

4.8. Dalış Öncesinde Kan Akış Hızı Değerlerinin Karşılaştırılması

Egzersiz uygulamasından bir saat sonra dalış yapılmadan önce titreşim grubunda kan akış hızı $384,33 \pm 44,40$, bisiklet grubunda $398,11 \pm 69,41$ ve kontrol grubunda ise $463,11 \pm 45,04$ olarak ölçülmüştür (Tablo.16). Dalış öncesinde gruplardan ölçülen kan akış hızı değerleri normal dağılıma uygun olup varyanslar homojen olarak dağılım göstermiştir ($p>0,05$).

Tablo.16 Deneklerde Dalıştan Önceki Kan Akış Hızı Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG2	9	463,1111	45,03733	394,00	512,00
PP2	9	384,3333	44,40439	328,00	476,00
BS2	9	398,1111	69,41442	298,00	485,00

Tablo.17’de kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz uygulamasından 1 saat sonra dalış yapılmadan hemen önce ölçülen kan akış hızı değerleri açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p>0,05$)

Tablo.17 Denek Grupları Arasında Dalış Öncesinde Kan Akış Hızı Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31862,296	2	15931,148	5,420	,011
Within Groups	70547,778	24	2939,491		
Total	102410,074	26			

Dalış öncesinde kontrol grubu (KG) ile titreşim grubu (PP) ve kontrol grubu ile bisiklet grubu (BS) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilirken ($p<0.05$), egzersiz türleri arasında (titreşim yada bisiklet) ölçülen kan akış hızı değerleri açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo.18).

Tablo.18 Grupları Arasında Dalış Öncesinde Kan Akış Hızı Değerlerinin Karşılaştırılması

	(I) Grup	(J) Grup	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
LSD	1,00	2,00	78,77778(*)	25,55817	,005	26,0283	131,5273
		3,00	65,00000(*)	25,55817	,018	12,2505	117,7495
	2,00	1,00	-78,77778(*)	25,55817	,005	-131,5273	-26,0283
		3,00	-13,77778	25,55817	,595	-66,5273	38,9717
	3,00	1,00	-65,00000(*)	25,55817	,018	-117,7495	-12,2505
		2,00	13,77778	25,55817	,595	-38,9717	66,5273

4.9. Dalış Sonrasında Kan Akış Hızı Değerlerinin Karşılaştırılması

Denek gruplarının dalıştan hemen sonra ölçülen Kan akış hızı değerleri titreşim grubunda $406,44 \pm 63,74$ egzersiz grubunda $417,77 \pm 66,36$ ve kontrol grubunda ise $427,66 \pm 56,75$ olarak tespit etmiştir (Tablo.19). Dalış yapmanın kanda ölçülen KUYYP değerlerini etkilemediği görülmektedir. Veriler normal dağılıma uygun ve varyanslar homojendir ($p>0,05$).

Tablo.19 Deneklerde Dalıştan Sonraki Kan Akış Hızı Değerleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KG3	9	427,6667	56,75606	314,00	492,00
PP3	9	406,4444	63,74777	316,00	506,00
BS3	9	417,7778	66,36411	332,00	508,00

Tablo.20’de kontrol grubu (KG), titreşim (PP), bisiklet grubu (BS) arasında dalıştan sonra ölçülen kan akış hızı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemektedir ($p>0.05$).

Tablo.20 Denek Grupları Arasında Dalış Sonrasında Kan Akış Hızı Değerleri

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2029,852	2	1014,926	,260	,773
Within Groups	93513,778	24	3896,407		
Total	95543,630	26			

4.10. Denek Gruplarının Kan Akış Hızı Değerleri Bakımından İkili Karşılaştırılmaları

Araştırmada 3 denek grubu (kontrol, titreşim ve egzersiz) her uygulama öncesi ve sonrasındaki değişimleri anlamak için kan akış hızı değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Kontrol grubunda denekler hiçbir uygulama yapılmadan sadece dalış yaptıkları için karşılaştırmalar dalış öncesi ve sonrasında uygulanmıştır (Tablo.21).

Tablo.21. Gruplara Yapılan Uygulamalar Sonrasında İkili Karşılaştırmaları (Kan Akış Hızı)

Paired Samples Test	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Upper	Lower			
KG0 - KG3	35,44444	30,59866	10,19955	11,92423	58,96465	3,475	8	,008
KG1 - KG3	35,44444	30,59866	10,19955	11,92423	58,96465	3,475	8	,008
PP0 - PP1	33,66667	22,67157	7,55719	16,23976	51,09358	4,455	8	,002
PP0 - PP2	78,77778	52,64214	17,54738	38,31345	119,24211	4,489	8	,002
PP0 - PP3	56,66667	50,05247	16,68416	18,19293	95,14040	3,396	8	,009
PP1 - PP2	45,11111	50,65926	16,88642	6,17095	84,05127	2,671	8	,028
PP1 – PP3	23,00000	53,18364	17,72788	-1788057	63,88057	1,297	8	,231
PP2 - PP3	-22,11111	37,93232	12,64411	-51,26848	7,04625	-1,749	8	,118
BS0 - BS1	25,22222	12,33671	4,11224	15,73939	34,70506	6,133	8	,000
BS0 - BS2	58,33333	38,46427	12,82142	28,76708	87,89959	4,550	8	,002
BS0 - BS3	38,66667	27,15695	9,05232	17,79199	59,54135	4,271	8	,003
BS1 - BS2	33,11111	39,02385	13,00795	3,11472	63,10750	2,545	8	,034
BS1 – BS3	13,44444	27,86625	9,28875	-7,97545	34,86434	1,447	8	,186
BS2 - BS3	-19,66667	17,08069	5,69356	-32,79605	-6,53729	-3,454	8	,009

Kontrol grubunda dalış öncesinde ölçülen kan akış hızı değerleri ortalama $463,11 \pm 45,03$ olarak ölçülürken dalış sonrasında bu değer $427,66 \pm 56,75$ olarak tespit etmiştir. Dalıştan önce hiçbir uygulama yapılmayan deneklerde kan akış hızı değeri istatistiksel olarak değişmemiştir ($p>0,05$).

Titreşim uygulanan grupta egzersiz yapılmadan önce ortalama kan akış hızı değeri $463,11 \pm 49,24$ olarak ölçülürken uygulanan titreşim sonunda bu değer $429,44 \pm 5,29$ olarak tespit edilmiştir. Titreşim egzersizi uygulaması kan akış hızını değerini etkilemiştir ($p<0,05$). Titreşim egzersizi uygulamasından 1 saat sonra, hemen dalıştan önce kan akış hızı $384,33 \pm 44,40$ olarak ölçülmüştür. Bu değer titreşim egzersizinin kan akış hızını dalıştan önce anlamlı olarak düşürdüğünü göstermektedir ($p<0,05$). Fakat dalıştan sonra ölçülen kan akış hızı değeri ile titreşim egzersizinden sonra ölçülen kan akış hızı değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Bisiklet ergonometrisi üzerinde egzersiz uygulanan grupta egzersiz önceki ortalama kan akış hızı değeri $456,44 \pm 54,13$ olarak ölçülürken uygulanan egzersiz sonunda bu değer $431,22 \pm 63,28$ olarak tespit edilmiştir. Bisiklet egzersizi uygulaması kan akış hızı değerini istatistiksel olarak anlamlı bir oranda düşürmüştür. ($p<0,05$). Bisiklet egzersizi uygulamasından 1 saat sonra, hemen dalıştan önce kan akış hızı $398,11 \pm 69,41$ olarak ölçülmüştür. Bu değer bisiklet üzerinde uygulanan egzersizin 1 saat sonrada etkisinin devam ettiğini göstermektedir ($p<0,05$). Dalıştan sonra ölçülen kan akış hızı değerinin ($417,77 \pm 66,36$) bisiklet egzersizinden sonra ölçülen değer arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Uzun ve derin dalışlarda havamızda bulunan nitrojenin solunması ile kanda bir miktar gaz kabarcığının oluştuğu bilinmektedir. (Düzbastılar ve Düzbastılar 2007) Bazı çalışmalar göstermektedir ki, dalış sonrası oluşan gaz kabarcıkları dalış öncesi yapılan bir takım işlemlerle azaltılabilmektedir. Bunlardan bazıları egzersiz, titreşim ve sauna uygulaması olarak bildirilmiştir (Dujic et al., 2003; Blatteau et al., 2008; Germopre et al., 2010). Bu çalışmada çeşitli uygulamalar sonrası sistemik venöz kan dolaşımındaki gaz kabarcıklarının sağ kalp ventrikülünde toplandığı sıradaki miktarı ve beyne giden arteriyel kan akımındaki hemodinamik değişiklikler ultrasonografi cihazı ile incelenmiştir.

Bu doğrultuda Tablo.1 ve Tablo.2’de kontrol grubu (KG), power plate grubu (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz öncesi kabarcıkların saçılma artefaktları sonucu oluşan sağ kalp ventrikülündeki kanın ultrasonik yansıtıcılığına bağlı ortalama piksel parlaklık (KUYP) değerlerinde aritmetik ve istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı görülmektedir. Bu bulgunun literatürle örtüştüğü görülmüştür.

Tablo.3’te kontrol grubu (KG), power plate grubu (PP), bisiklet grubu (BS) arasında egzersiz yapıldıktan sonra aritmetik olarak, sağ kalp ventrikülündeki KUYP değerleri açısından güçlü bir farklılık görülmemektedir. Fakat istatistiksel olarak bir farklılık gözükmemektedir. Bu değerlerin ortalaması KG grubunda $6,96 \pm 0,45$ iken, PP grubunda $7,55 \pm 0,65$, ve BS grubunda $7,59 \pm 0,58$ şeklindedir. Bu küçük farklılık, sağ kalp ventrikülündeki sistemik venöz kanın ultrasonik ses yansıtıcılığındaki artışa işaret etmektedir. Bu artışın, kan akımı içindeki hücresel elemanların küresel yansıtıcı dış yüzeylerinin egzersizle hızlanmasının yansıtıcılığa olan etkisi ve terleme ile su kaybına bağlı hemokonsantrasyon ile oluştuğu düşünülmektedir. İstatistiksel olarak fark Tablo.5’te kontrol grubu (KG) ile power plate (PP) ve kontrol grubu (KG) ile bisiklet grubu (BS) arasında bulunurken power plate (PP) ile bisiklet (BS) arasında fark bulunamamıştır.

Egzersiz kan akımını yükselttiğini gösteren birçok çalışma mevcuttur. Örneğin Kingwell et al., (2000) yaptığı çalışmada aerobik egzersizlerin, bazal kan NO düzeylerini yükselttiği tespit etmiş ve bu durumun kan akımını arttırdığını öngörmüştür. Diğer bir çalışmada Maloney-Hinds et al., (2008), tüm vücut titreşimin kan akımını anlamlı derecede artırdığı göstermektedir. Bu verilere karşın egzersiz sırasında ve

sonrasında, beyin gibi hayati organlara giden kan akımında herhangi bir değişiklik olmadığı bildirilmektedir (Akgün, 1994). Tablo.13, 15 ve 20de power plate, bisiklet egzersizi ve kontrol gruplarında beyine giden akımı debileri ölçüldüğünde fark bulunamaması bu bulgunun literatürle örtüştüğünü göstermektedir.

Tablo.6 ve Tablo.7’de dalış öncesi sağ kalp ventrikülü KUYP değerlerinde kontrol grubu (KG), power plate grubu (PP), bisiklet grubu (BS) arasında aritmetik ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bu değerlerin ortalaması KG grubunda $6,96 \pm 0,45$ iken, PP grubunda $7,38 \pm 0,71$ ve BS grubunda $7,52 \pm 0,58$ şeklindedir. Egzersiz yapılmadan önce yapılan sağ kalp ventrikülü KUYP değerleri gösteren Tablo.1 ve Tablo.2 ile benzerlik göstermektedir. Buradaki verilere göre egzersiz sonrası ortaya çıkan KUYP değerlerindeki farklılığın ortadan kaybolduğu düşünülmektedir (Tablo.6). Bu durum hemokonsantrasyonun zamanla kompanse edilmesi ve kan akım hızının giderek normale dönmesi ile KUYP değerlerinin egzersiz öncesine dönmesi olarak tanımlanabilir.

Tablo.8 kontrol grubu (KG), power plate grubu (PP), bisiklet grubu (BS) arasında dalış sonrası değerleri göz önünde bulundurulduğunda aritmetik ve istatistiksel olarak, KUYP değerleri açısından güçlü bir farklılık görülmektedir. Bu farklılıklar gruplar arasında Tablo. 9’da olduğu gibi KG-BS arasında bulunurken KG-PP ve PP-BS arasında bulunamamıştır. Tablo.8 aritmetik olarak incelendiğinde KUYP değerlerinin kontrol grubunda en yüksek, power plate grubunda düşük fakat istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, bisiklet grubunda ise daha düşük ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu dikkati çekmektedir.

Tablo.8’de kontrol gurubu (KG), power plate gurubu (PP), bisiklet gurubu (BS) arasında dalış sonrası değerleri göz önünde bulundurulduğunda aritmetik ve istatistiksel olarak, KUYP değerleri açısından güçlü bir farklılık görülmektedir. Bu farklılıklar guruplar arasında Tablo 4.5’e olduğu gibi kg-bs arasında bulunurken kg-pp ve pp-bs arasında bulunamamıştır. Tablo 4.1 aritmetik olarak incelendiğinde KUYP değerlerinin kontrol gurubunda en yüksek, power plate gurubunda nispeten düşük fakat istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, bisiklet gurubunda ise en düşük ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu dikkati çekmektedir.

Bu güne kadar yapılmış çalışmalarda dalış öncesi aerobik egzersiz yapılmasının venöz gaz kabarcıklarını azalttığı birçok çalışmada ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda egzersiz protokollerini aerobik, submaksimal aerobik, anaerobik, intensive interval, ekstansive interval egzersizler oluşturmaktadır. Egzersizlerin bazıları dalışın 1-2-24 saat öncesinde yapılırken diğerleri dalış sonrası ve dalış sırasında yapılmıştır. İstisnasız tüm egzersiz sonrası dalışların akabinde ölçülen venöz gaz kabarcıklarının azaldığı görülmüştür (Jankowski et al., 1997; Wisloff et al., 2001; Wisloff et al., 2002; Dujic et al., 2003; Jankowski et al., 2004; Wisloff et al., 2004).

Dalış sırasında yapılan egzersiz ise yine venöz gaz kabarcıklarını azalttığı bildirilmiştir (Dujic et al., 2006). Bu çalışmada uygulanan egzersiz protokolü aerobik egzersizdir. Submaksimal olan egzersiz protokolümüzde denekler Max Vo₂ nin % 60'ında 40 dk boyunca egzersizi bisiklet ergometrisinde sürdürmüşlerdir. Deneklerin Max Vo₂ kapasitelerinin belirlenerek egzersiz protokolünün oluşturulması egzersizin aerobik sınırlar içinde güvenilir yapılmasını sağlar. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda maksimal kalp atım sayısı referans alınarak egzersiz protokolü oluşturulmuştur. Bu durum egzersizin aerobik sınırlar içinde yapılıp yapılmadığı ile çelişkiler içermektedir. Ayrıca çalışmamızda bisiklet ergometrisi kullanılmıştır. Diğer çalışmalarda ise treadmill ya da bisiklet ergometrisi kullanılmıştır.

Sadece Jurd et al., (2011), çalışmasında kendi vücut ağırlığında bir egzersiz protokolü belirlemiş ve Dujic et al. (2006) ise dalış sırasında paletli yüzme ile egzersiz protokolü oluşturmuştur. Bu iki çalışmada da yapılan egzersizin hangi egzersiz sınırları içinde olduğunu belirlemek oldukça zordur. Bu egzersizler venöz gaz kabarcıklarını azaltmasına rağmen egzersiz protokolü açısından netliğe sahip değildir. Bu çalışmada Max Vo₂ önceden belirlenmiş olup egzersiz protokolü güvenilir kılınmıştır. Literatürde çoğunlukla aerobik egzersizin venöz gaz kabarcıklarını azalttığına dair birçok yayın bulunmasına rağmen, Madden et al., (2014) vingate protokolü uygulayan ve dalış öncesi anaerobik egzersiz eşiğine kadar yükselen bir nabız aralığı kullanılmıştır. Bu çalışmada da bizim çalışmamızda olduğu gibi dalış sonrası venöz gaz kabarcıklarının azaldığı gözlenmiştir.

Dalış öncesi titreşim uygulaması yapılmış çalışma sayısı sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada dalışın 1 saat öncesinde tüm vücut titreşimi ile 30 dk gerçekleştirilmiştir

(Germopre et al., 2010). Bizim çalışmamızda egzersiz protokolümüz ise titreşim bölgesel olarak tüm vücuda uygulanmış ve 15 dk boyunca sürdürülmüştür. Literatürdeki çalışma dalış sonrası venöz gaz kabarcıklarında titreşim sonrası dalan kişilerde azaldığını görülmüştür. Tablo.8 ve Tablo.9'da KUYP değerlerinin aritmetik olarak azaldığı görülmekle birlikte istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu durum uygulanan titreşim egzersiz protokolünün daha kısa süreli olmasından ve tüm vücuda bölgesel uygulamalarla yapılmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Egzersiz uygulamaları dışında venöz gaz kabarcıklarında azalmaya yol açan başka uyaranlarla da literatürde karşılaşılmaktadır. Bunlardan bazıları dalış öncesi sauna uygulaması, , nitrik oksid sentaz ı inhibe edici bir donör olan nitro gliserin alımıdır (Dujic et al., 2006); Blatteau et al., 2008). Her ikisinde de venöz gaz kabarcıklarının azaldığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle venöz gaz kabarcıklarında azalmaya sebep olan sürecin dehidratasyona ya da NO metabolizmasına bağlayan çalışmalar mevcuttur (Wisloff et al., 2002; Blatteau et al., 2007). Bundan sonraki çalışmalarda egzersiz sonrası ve dalış öncesi nitrik oksitin temel metaboliti olan nitratin parmak ucunda kan alınmak suretiyle belirlenmesi deneklere yaptırılacak değişik egzersizlerin hemodinamik ve biyokimyasal etkilerinin analiz edilmesi bazı soru işaretlerini giderecektir. Egzersiz sonrası venöz gaz kabarcıklarının azalmasında etkin olan süreç açıklığa kavuşabilir. Ayrıca NO yükseldiği ve daha düşük olduğu farklı egzersiz türlerinin dalış öncesi uygulandığı çalışmalarda venöz gaz kabarcıklarının azalmasına yol açan mekanizma daha anlaşılır hale gelebilir. Bir çok çalışma NO'nin farklı branşlardaki sporcularda, farklı cinsiyetlerde, sedanterlerde ve profesyonellerde farklı oranlarda ortaya çıktığını gösteriyor. Örneğin aerobik sporlarda anaerobik spor dallarına oranla NO salınımının yüksek olduğu ya da sürekli spor yapanlarla spor yapmayanların egzersize NO cevaplarının farklı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, var olan hipotezlere göre venöz gaz kabarcıklarının da farklı oranlarda oluşacağı düşünülebilir. Bu aerobik ve anaerobik sporları profesyonel olarak yapan kişiler, sürekli egzersiz yapan ve yapmayanlarda, venöz gaz kabarcıklarının oluşumu araştırılması diğer çalışmalara da ışık tutabilir.

6. TEŞEKKÜR

Araştırmanın yürütülmesinde bize destek veren başta Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezine, çalışmamızda PowerPlate cihazını kullanmamız sağlayan Özkaya İthalat ve İhracat Şti., ultrasonik Doppler cihazı desteği sağlayan Simeks Tıbbi Sistemler San. ve Tic. A.Ş tüm gönüllü deneklere sonsuz teşekkür ederim.

7. KAYNAKLAR

- Akgün N., 1994. Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, İzmir Bornova, Ege Üniversitesi Basınevi.
- Balestra, C., Germonpre, P., Marroni, A., 1998, Intrathoracic pressure changes after Valsalva strain and other maneuvers: implications for divers with patent foramen ovale, Undersea Hyper Med, 25(3):171-174.
- Blatteau, J.E., Boussuges, A., Gempp, E., Pontier, J.M., Castagna, O., Robinet, C., Galland, F.M., Bourdon, L., 2007, Haemodynamic changes induced by submaximal exercise before a dive and its consequences on bubble formation, Sports Med, 41:375–379.
- Blatteau, J.E., Gempp, E., Galland, F.M., Pontier, J.M., Santy, J.M., Robinet, C., 2005. Aerobic exercise 2 hours before a dive to 30 msw decreases bubble formation after decompression, Aviat Space Environ Med, 76:666 –9
- Blatteau, J.E., Gempp E., Balestra, C., Mets T., Germonpre, P., 2008, Predive sauna and venous gaz bubbles upon decompression from 400 kPa. Aviat Space Environ Med., 79:1-6.
- Beköz, Ü., Baklavacı, Ö., Sarıgül, F. 2001. Sualtı Teorisi (2.baskı) TürkDive, ISBN:975-7365-14-9.
- Castagna, O., Brisswalter, J., Vallee, N., Blatteau, J.E., 2011. Endurance exercise immediately before sea diving reduces bubble formation in scuba divers, Eur J Appl Physiol (2011) 111:1047–1054.
- Coza, A., Nigg, B.M., and Dunn, J.F., 2011. Effects of Vibrations on Gastrocnemius Medialis Tissue Oxygenation. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 43, No. 3, pp. 509-515.
- Dujic, Z., Duplancic, D., Marinovic, I., Bakovic, D., Ivancic, V., Valic, Z., Eterovic, D., Petri, N.M., Wisloff, U., Brubakk, A.O., 2004. Aerobic exercise before diving reduces venous gaz bubble formation in humans, J Physiol, 555.3 pp 637-642.

- Dujic, Z., Palada, I., Obad, ., Duplancić, D., Brubakk, A. O., and Valic, Z., 2005. Exercise-induced intrapulmonary shunting of venous gas emboli does not occur after open-sea diving, *J Appl Physiol*, 99: 944–949.
- Dujic, Z., Ante, A., Palanda, I., Ivancev I., and Valic, Z., 2006. Venous Bubble Count Declines During Strenuous Exercise After an Open Sea Dive to 30 m, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77:592.
- Dujic, Z., Palanda, I., Valic, Z., Duplancić, D., Obad, A., Wislflk, U. and Brubakk, A.O., 2006, Exogenous Nitric Oxide and Bubble Formation in Divers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 38, No. 8, pp. 1432Y 1435.
- Düzbastılar, M. K., Düzbastılar, F. O., 2007. *Dalma Tekniği*, ISBN:978-975-483-733-9, İzmir.
- Foster, P., Feiveson, A.H., Glowinski, R., Izygon, M., and Boriek, A.M., 2000, A model for influence of exercise on formation and growth of tissue bubbles during altitude decompression. *Am J Physiol Regulator Integrative Comp Physiol* 279: R2304–R2316.
- Gennser, M., Jurd, KM., Blogg, SL., 2012. Pre-dive exercise and post-dive evolution of venous gas emboli, *Aviat Space Environ Med*; 83:30.
- Germonpre, P., Pontier, J-M., Gempp, E., Blatteue, J-E., Deneweth, S., Lafere, P., Marroni, A., Balestra, C., 2010, Pre-dive vibration effect on bubble formation after a 30-m dive requiring a decompression stop. *Aviat Space Environ Med*; 81:1044
- Hids, CM., Petrofsky, JS., Zimerman, G., 2008., The effect of 30 Hz vs. 50 Hz passive vibration duration of vibration on skin blood flow in the arm, *Med Sci Monit*, 2008; 14(3): CR112-116.
- Jankowski, L.W., Nishi, R.Y, Eaton, D.J, Griffin, A.P, 1997. Exercise during decompression reduces the amount of venous gas emboli, *Undersea & Hyperbaric Medicine : Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc* [24(2):59-65]
- Jankowski, L.W., Tikuşis P., Nishi, RY., 2004, Exercise effects during diving and decompression on postdive venous gas emboli, *Aviat Space environ Med.*, 75:489-95.
- Johnson, P.K., Feland, J.B., Johnson, A.W., Mack, G.W., Mitchell, U.H., 2014. Effect of Whole Body Vibration on Skin Blood Flow and Nitric Oxide Production, May 21.
- Jurd KM, Thacker JC., Seldon FM., Gennser M., Loveman GAM., 2011. The effect of pre-dive exercise timing, intensity and ode on post-decompression venous gas emboli. *Diving Hyperb Med.*, 41(4):183-188.

- Kingwell BA. 2000 Nitric oxide-mediated metabolic regulation during exercise effects of training in health and cardiovascular disease. *The FASEB*; 14:1685-1696.
- Lohman, E.B., Petrofsky, J.S., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H., Thorpe, D., 2007. The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects, *Med Sci Monit*, 13(2): CR71-76.
- Lohman, E.B., Sackiriyas, B.K.S., Bains, G.S., Calandra, G., Lobo, C., Nakhro, D., Malthankar, G., Paul, S., 2012. A comparison of whole body vibration and moist heat on lower extremity skin temperature and skin blood flow in healthy older individuals, *Med Sci Monit*, 18(7): CR415-424
- Loiset, A., Mollerlokken, A., Berge, V., Wisloff, U., Brubakk., A.O., 2006. Post-dive bubble formation in rats: effects of exercise 24 h ahead repeated 30 min before the dive, *Aviat Space Environ Med* 77:905–8.
- Madden, D., Thom, S.R, Milovanova, T.N, Yang, M., Bhopale, V.M, Ljubkovic M., Dujic, Z., 2014. Exercise before SCUBA Diving Ameliorates Decompression-Induced Neutrophil Activation, *Med Sci Sports Exerc.*
- Madden, D., Thom, S.R., Yang, M., Bhopale, V.M., Ljubkovic, M., Dujic, Z., 2014 High intensity cycling before SCUBA diving reduces post-decompression microparticle production and neutrophil activation, *Eur J Appl Physiol*.
- Mitchell, U.H., Johnson, P.K., 2014. Vibration and skin blood flow changes in subjects with restless legs syndrome, *Journal of Parkinsonism and Restless Legs Syndrome* :4
- Møllerlækken, A., Berge, V.J., Jørgensen, A., Wisløff, U., and Brubakk., A.O., Effect of a short-acting NO donor on bubble formation from a saturation dive in pigs, 2006, *J Appl Physiol* 101: 1541–1545. (15)
- Pontier, J.M., G uerero, F., Castanga, O., 2009. Bubble formation and endothelial function before and after 3 months of dive training, *Aviat Space Environ Med*, 80:15.
- Pontier , J.M., Buzzacott, P., Nastorg, J., Dinh-Xuan , A.T., Lambrechts, K., 2014, Exhaled nitric oxide concentration and decompression-induced bubble formation: An index of decompression severity in humans?, *Nitric Oxide* 39 (2014) 29–34.
- Rittweger, J., Beller, G., and Felsenberg, D., 2000, Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man, *Clinical Physiology* 20, 2, 134-142.
- Thom S.R., Milovanova T.N., Bogush, M., Yang M., Bhopale, V.M., Pollock N.W., Ljubkovic M., Denoble, P., Madden, D., Lozo, M., Dujic, Z., 2013. Bubbles, microparticles, and

neutrophil activation: changes with exercise level and breathing gas during open-water SCUBA diving, *J Appl Physiol* 114: 1396–1405.

Wisløff, U., Brubakk, A.O., 2001. Aerobic endurance training reduces bubble formation and increases survival in rats exposed to hyperbaric pressure, 2001, *Journal of Physiology* 537.2, pp.607–611.

Wisløff, U., Richardson, R.S., and Brubakk A.O., 2003, NOS inhibition increases bubble formation and reduces survival in sedentary but not exercised rats, *J Physiol*, 546.2, pp. 577–582.

Wisløff, U., Richardson, R.S., and Brubakk A.O., 2004, Exercise and nitric oxide prevent bubble formation: a novel approach to the prevention of decompression sickness, *J Physiol*, 555.3 pp 825-829.