



MEKİK KOŞU TESTİNİN HEMOREOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

Ayşegül YAPICI

Ağustos 2006
DENİZLİ

**MEKİK KOŞU TESTİNİN HEMOREOLOJİK PARAMETRELER
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı**

Ayşegül YAPICI

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Uğur DÜNDAR

**Ağustos, 2006
DENİZLİ**

TEZ ONAY SAYFASI

Ayşegül YAPICI tarafından Yrd. Doç. Dr. Uğur DÜNDAR yönetiminde hazırlanan “**Mekik Koşu Testinin Hemoreolojik Parametreler Üzerine Etkisi**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Uğur DÜNDAR
Jüri Başkanı
(Danışman)

Prof. Dr. İknur KALELİ
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Fatma ÜNVER
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.../.../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. A.Çevik TUFAN
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :
Öğrenci Adı Soyadı : Ayşegül YAPICI

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans bitirme tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, bana her konuda yol gösteren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Uğur Dündar' a,

Verilerimin toplanmasında yardımcı olan Dr. Gökhan Korkmaz'a ve çalışmanın gerçekleşmesinde gönüllü olan Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu öğrencilerine,

Kan analizi ölçümlerinin yapılmasında yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Melek Bor Küçükataş ile asistanları Piray ve Gülten'e,

Verilerin bilgisayar ortamına girişini sağlayan ve istatistiksel analizinde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Beyza Akdağ'a,

Yüksek lisans eğitimimde kaynak bulma konusunda yardımcı olan Cihan Doğan'a,

Tezimin son aşamasına kadar hep yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

MEKİK KOŞU TESTİNİN HEMOREOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

Yapıcı, Ayşegül

Yüksek Lisans Tezi, Antrenman ve Hareket ABD

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Uğur DÜNDAR

Ağustos 2006, 68 Sayfa

Egzersize bağlı hemoreolojik değişiklikler çok karşılaşılan bir bulgudur. Buna karşılık bu değişikliklerin mekanizması hakkında ileri sürülen görüşler yetersizdir. Bu çalışmada, akut bir egzersiz olan mekik koşu testinin öncesinde ve egzersiz sonrasında yapılan ölçümlerle, deneklerde hemoreolojik parametreler üzerindeki değişikliklerin mekanizmaları araştırılmıştır. Araştırmaya Denizli Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu'nda okuyan, profesyonel futbol oynayan, sigara içmeyen, 9 erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Deneklere egzersiz protokolü olarak "mekik koşu testi" uygulanmıştır. Egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersiz bitiminden 24 saat sonra alınan kan örneklerinde eritrosit deformabilitesi, eritrosit agregasyonu ve tam kan sayımı ölçümleri yapılmıştır. Deneklerin koştuğu mekik sayısına göre aerobik güç değeri, VO_2 max tahmin tablosundan belirlenmiştir. Deneklerin 0.53, 0.95, 1.69, 3.00, 5.33 Pa kayma kuvvetlerinde ölçülen eritrosit deformabilitesi, kontrol değeri olarak kabul edilen egzersiz öncesi ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında uygulanan akut egzersizden sonra arttığı bulunmuştur ($p<0.05$). Egzersiz sonrası artan agregasyon indeksine karşılık eritrositlerin kümelenmesi için geçen sürede düşüş gözlenmiştir ($p<0.05$). Tam kan sayımı ölçümlerinde ise hematokrit değeri, kan hemoglobin konsantrasyonu ve eritrosit sayısında, egzersizin sonunda önemli bir artış görülmüştür ($p<0.05$). Egzersizden 24 saat sonra bu değerler, dinlenik değerlerine göre düşük çıkmıştır ($p<0.05$). Deneklerin lökosit değerlerinde (WBC, NE, NE %, LY, LY %, MO, EO, EO %, BA) ise egzersiz sonunda çıkan değerler, kontrol grubu olarak alınan egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). Trombosit değerlerinde ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Deneklerin toplam kan hacmi ve hemoglobin seviyelerindeki bu artış oksijen taşıma sisteminde önemli rol oynar, çünkü her ikisi de VO_2 max (Aerobik güç) ile yakından ilişkilidir. Sonuç olarak yapılan egzersizin şiddeti arttıkça, egzersizle meydana gelen hemoreolojik değişikliklerin büyüklüğü de artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mekik Koşu Testi, Eritrosit deformabilitesi, Eritrosit agregasyonu, Hemogram, Aerobik güç

ABSTRACT**INFLUENCE OF SHUTTLE RUN TESTS ON HEMORHEOLOGICAL PARAMETERS**

Yapıcı, Ayşegül

M. Sc. Thesis in Sports Science

Supervisor: Assis. Prof. Dr.Uğur DÜNDAR

August 2006, 68 Pages

Hemorheological varieties connected to exercise are mostly run into finding. However, opinions put forward related to mechanism of these varieties are not enough. On this study, measurements made before shuttle run test which is acute exercise and after exercise, mechanism of varieties on hemorheological parameters are searched on the volunteers. Playing professional soccer and non smoking nine volunteers, studying at Sport Science and Technology of Denizli Pamukkale University, were participated in this research. "Shuttle run test" were carried out to these volunteers. They made analysis of erythrocyte deformability, erythrocyte aggregation and whole blood enumerating measurements on blood examples taken before exercise, after exercise and after 24 hours while exercise is end. According to number of shuttle run carried out by volunteers, the value of aerobic power was defined from maximum VO_2 estimate table. When the erythrocyte deformability of volunteers that 0.53, 0.95, 1.69, 3.00, 5.33 Pa measured on shear stress and the results of measurements that accepted control value before exercise were compared, it was found that results of measurements were increased after applied acute exercise ($p<0.05$). After exercise, against aggregation index, the time past for erythrocyte banking up, scaled down ($p<0.05$). After exercise, at whole blood enumerating measurements, value of hematocrit, blood hemoglobin concentration and number of erythrocyte increased importantly ($p<0.05$). After 24 hours from exercise, these values were low according to values taken before exercise ($p<0.05$). Leukocyte values (WBC, NE, NE %, LY, LY %, MO, EO, EO %, BA) of volunteers after exercise were higher than values taken before exercise as a control group ($p<0.05$). Between thrombon values before exercise and after exercise; and after exercise and 24 hours after exercise statistically significant differences were found ($p<0.05$). Total volumes of blood of volunteers and increasing level on hemoglobin act very essential role on system of carrying oxygen. Because, both of them are connected with VO_2 max (aerobic power) closely. As a result, if intensity of exercise carried out is increasing, the superiority of hemorheological alterations happened with exercise is increasing.

Keywords : Shuttle Run Test, Deformability of Erythrocyt, Aggregation of Erythrocyt, Complete Blood Control, Aerobic Power

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Tez Onay Sayfası	i
Bilimsel Etik Sayfası	ii
Teşekkür	iii
Özet	iv
Abstract	v
İçindekiler	vi
Şekiller Dizini	viii
Tablolar Dizini	ix
Simge ve Kısaltmalar Dizini	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Kan Fizyolojisi	4
2.2. Plazma Proteinleri	5
2.3. Kan Hücreleri	6
2.3.1. Eritrositler	6
2.3.2. Lökositler	8
2.3.2.1. Granülositler	9
2.3.2.2. Monositler	10
2.3.2.3. Limfositler	10
2.3.3. Trombositler	11
2.4. Kanın Akışkanlık Özellikleri	12
2.4.1. Kanın Akışkanlık Özelliklerinin Önemi	12
2.4.1.1. Kanın Akışkanlık Özellikleri	13
2.4.1.1.1. Kitle Halinde Akım	13
2.4.1.1.2. Kapiller Kan Akımı	14
2.4.1.2. Kanın Akışkanlığını Belirleyen Faktörler	15
2.4.2. Eritrositlerin Rolü	16
2.4.2.1. Eritrosit Membranı	16
2.4.2.1.1. Eritrosit Membran Lipitleri ve Proteinleri	16
2.4.2.2. Eritrosit Sitoplazması	17

2.4.2.3. Eritrosit Deformabilitesi	17
2.4.2.3.1. Eritrosit Deformabilitesini Değiştiren Nedenler	18
2.4.2.4. Eritrosit Agregasyonu	18
2.5. Kardiyovasküler Sistem ve Egzersiz	21
2.5.1. Dayanıklılık ve VO ₂ Max	21
2.5.2. Kalp Atım Hızı ve Kan Basıncı	25
2.5.3. Egzersizde Kardiyovasküler Düzenlemeler	26
2.6. Egzersiz ve Hemoreoloji	28
2.6.1. Egzersizde Eritrosit Yapısal ve Fonksiyonel Değişimler	28
2.6.1.1. Egzersiz sonrası Eritrosit Morfolojisinde Değişimler	28
2.6.1.2. Ozmotik Değişiklikler	29
2.6.2. Egzersizin Kanın Reolojik Özelliklerine Etkisi	30
2.6.2.1. Plazma Fibrinojen Konsantrasyonu ve Plazma Viskozitesi Değişiklikleri	30
2.6.2.2. Egzersizde Tam Kan Viskozitesi Değişiklikleri	30
2.6.2.3. Eritrosit Agregasyonu ve Deformabilite Değişiklikleri	31
2.6.3. Egzersizin Kana Akut Etkisi	33
3. MATERYAL VE METOT	35
3.1. Araştırma Grubu	35
3.2. Veri Toplama Araçları	35
3.3. Verilerin Toplanması	36
3.4. Verilerin Analizi	38
4. BULGULAR	39
4.1. Hemoreolojik Parametreler	39
4.2. Hematolojik Parametreler	46
5. TARTIşMA	49
6. SONUÇ	55
6.1. Öneriler	56
7. KAYNAKLAR	57
8. EKLER	65
9. ÖZGEÇMİş	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Normal kan izotonik tampon içerisinde ve plazmadaki rijid eritrositler için kayma hızı-vizkozite eğrileri	14
Şekil 2. Eritrosit agregatları	19

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. Deneklerin fiziksel özellikleri	35
Tablo 2. Deneklerin ölçülen değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikleri	39
Tablo 3. Eritrosit deformabilitesine ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon indeks değerleri	40
Tablo 4. Deneklerin ölçülen eritrosit agregasyon parametrelerine ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen değerleri	44
Tablo 5. Deneklerin tam kan sayımlarına ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen hemogram değerleri	46

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

\bar{x}	Ortalama
atım.dk ¹	Atım/dakika
ATP	Adenozintrifosfat
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
KAH	Kalp Atım Hızı
kg	Kilogram
km.h ¹	Kilometre/saat
l	Litre
m	Metre
max	Maksimum
min	Minumum
ml	Mililitre
mmHg	Milimetre Civa
n	Denek Sayısı
O ₂	Oksijen
Pa	Pascal
pH	Asit-Baz Dengesi
sn	Saniye
SS	Standart Sapma
VO ₂ max	Maksimal Oksijen Tüketimi
VYY	Vücut Yağ Yüzdesi

1. GİRİŞ

İç ortamın korunmasında çok önemli bir role sahip olan kan dokusu, dokular için gerekli maddeleri getirirken, oluşan metabolik artıkları da uzaklaştırır. Kan dokusunun bu taşıyıcı özelliği sayesinde, organizmayı oluşturan hücrelerin fonksiyonları sırasında ortaya çıkan değişiklikler organizmayı etkilemeyecek düzeyde korunur. Kan dokusuna etki eden sistemler sayesinde ve özelleşmiş bir dizi dokuyla aralarındaki sağlam ilişkiden dolayı iç ortamın pH' sı, elektrolit konsantrasyonu ve sıcaklığı fizyolojik sınırlar içerisinde tutulur.

Kalbin pompalama gücü ile damar sistemi içinde sürekli hareket halinde tutulan kan, akışkan nitelikte olması nedeniyle diğer dokulardan farklı bir özelliğe sahiptir. Kanın akışkanlık özellikleri sadece plazmanın fiziksel özellikleri ile değil, aynı zamanda bu dokunun hücresel elemanlarının özel yapıları tarafından da belirlenir. Kan dokusunun akışkanlığı, birinci planda eritrosit kitlesinin ve plazmanın özelliklerine bağlıdır (Charm 1974, Stoltz 1985). Eritrositlerin diğer hücrelerden farklı olan şekil değiştirme yetenekleri, bu hücrelerin sahip oldukları çok özel yapısal organizasyondan dolayıdır. Solunum gazlarının taşınması için özelleşmiş bir yapıya sahip olan eritrositler, bikonkav diskoid geometrileri ile şekil değişimi için ideal bir yapı oluşturur. Eritrosit membranının elastik yapısı ve sadece hemoglobinden oluşan sitoplazma, eritrositlerin reolojik davranışını etkiler (Mohandas vd 1993).

Eritrosit deformabilitesi, kitle halindeki kan akımı üzerindeki etkisi yanında mikrodolaşımın dokuların ihtiyacına en uygun şekilde sürmesine de katkıda bulunur (Chien 1997, Shiga vd 1990). Eritrositlerin mikrodolaşımda fonksiyonlarını yerine getirmeleri şekil değiştirme yeteneklerine bağlıdır (Branemark ve Bagge 1977, Wintrobe vd 1981). Eritrosit agregasyonu da özellikle düşük akım hızlarında kanın akışkanlığını etkiler. Özetle eritrositlerin reolojik özellikleri dolaşım fonksiyonunun yerine getirilmesi yönünden büyük bir öneme sahiptir (Chien 1997).

Son zamanlarda birçok yayında düzenli egzersizin pek çok hastalığı önlemedeki önemi vurgulanmaktadır. Bu etkinin mekanizmaları hakkındaki hipotezler çoğunlukla kardiyovasküler risk faktörlerini etkileyen metabolik değişiklikleri içermektedir (Brun vd 1998). Egzersizin yararlı etkilerinin hem koroner, hem de periferik damar

hastalıklarında azalma, kardiyovasküler risk faktörlerinde bazı düzeltilmeler şeklinde olduğu gösterilmiştir (Kohl vd 1992). Kanın akışkanlık özelliklerinin egzersize bağlı olarak değişebildiği iyi bilinmektedir ve bu faktörler yukarıda değinilen fizyopatolojik süreçte önemli rol oynayabilirler.

Kan viskozitesi, plazma viskozitesi, hematokrit ve eritrositlerin reolojik davranışıyla yakından ilişkilidir. Kan viskozitesini belirleyen bu faktörlerin, egzersiz sırasında akut olarak değiştiği gösterilmiştir (Convertino 1991). Akut ve şiddetli bir egzersizde eritrosit yapısal parametreleri genellikle değişmezken, hem plazma viskozitesinin, hem de hematokritin artmış olduğu gösterilmiştir. Hematokrit değerindeki değişiklikler sıklıkla göz ardı edilir, çünkü bu değişiklikler kısa süreli olup, egzersizin sona ermesinden sonra hızla egzersiz öncesi değerlerine dönerler (Tong 1995).

Ağır egzersiz sırasında ve sonrasında tam kan ve plazma viskozitesi artışları yanında, eritrosit deformabilitesinin bozulduğu (Yang 1995, Yalçın vd 2000) ve eritrosit agregasyonunun arttığı saptanmıştır (Brun vd 1994, 1998). Eritrosit mekanik özellikleri bu hücrenin yapısı ve fizyolojik durumu ile yakından ilişkili olup, mikroçevredeki değişikliklere ve metabolik bozukluklara duyarlıdır (Chien 1997). Ağır kas egzersizinin organizmada inflamatuvar bir cevap ortaya çıkardığı bilinmektedir. Bu süreçte lökosit aktivasyonu da gözlenebilir (Woods vd 1999). Ağır kas egzersizinin eritrosit mekanik özellikleri üzerine etkisi oksidan stres, lökosit aktivasyonu veya hücre içine artmış laktat girişi ile açıklanabilir (Szygula 1990, Başkurt ve Meiselman 1998).

Antrenman sonrasında toplam kan hacmi ve hemoglobin sayısında artış görülür. Toplam kan hacmi ve hemoglobin seviyeleri oksijen taşıma sisteminde önemli rol oynar, çünkü her ikisi de maksimum VO_2 ile yakından ilişkilidir. Ayrıca vücut iç sıcaklığı kan yolu ile perifere taşınır ve orada vücut ısısı ayarlanır, bu yüzden kan hacmi egzersiz sırasında önemli rol oynar (Fox 1999).

Dayanıklılığın en önemli fizyolojik kriterlerinden biri olan Maksimal Oksijen Tüketimi yani VO_2 max; iş yükündeki yada egzersize katılan aktif kas kitlesindeki artışla belirli bir maksimal seviyeye ulaşan ve daha fazla arttırılamayan O_2 kullanımını ifade etmektedir (Astrand ve Rodahl 1986, Coyle 1995, Fox vd 1988). Aynı zamanda VO_2 max, bir bireyin kardiyovasküler sisteminin maksimal fonksiyon kapasitesini

yansır ve bu da kişinin aerobik olarak fiziksel aktiviteleredeki performansını belirlemede çok önemlidir (Lamb 1994).

Hemoreolojik değişikliklerin egzersizin şiddetine paralel olarak arttığı ve egzersizden sonra da bu değişikliklerin devam ettiği bilinmektedir (Brun vd 1998). Egzersiz sırasında hemodinamik faktörlerin değişimi kanın akışkanlığındaki değişiklikleri de ortaya çıkarır ve kompanse edici mekanizmalar bu değişikliklerin boyutunu azaltarak belli seviyede tutmaktadır. Ancak egzersiz sonrası hemodinamik faktörlerin normale döndüğü fakat hemoreolojik faktörlerin dönmediği durumlarda, özellikle oteregülasyon rezervi azalmış dokularda egzersiz sonrası kan akımı yetersizliği gözlenebilmektedir (Lowe 1988, Stoltz ve Donner 1987). Bu nedenle, egzersize bağlı hemoreolojik değişikliklerin zaman içindeki seyrinin ve mekanizmalarının iyi bilinmesi, kardiyovasküler sistem sorunları bulunan kişilerin günlük aktivitelerinin düzenlenmesinde ve bu kişilerin egzersiz protokollerinin oluşturulmasında önemli ipuçları sağlayabilecektir.

Bu araştırmanın amacı, mekik koşu testinin hemoreolojik parametreler üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmada, akut bir egzersiz öncesinde, egzersiz sonrasında ve egzersizden 24 saat sonra yapılan ölçümlerle, deneklerde hemoreolojik parametreler üzerindeki değişikliklerin mekanizmaları araştırılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve LİTERATÜR TARAMASI

2.1. KAN FİZYOLOJİSİ

Ekstrasellüler sıvının (hücre dışı sıvısı) bir parçası olan kan, plazma adı verilen sıvı ortam içinde kan hücrelerinin (eritrosit, lökosit, trombosit) süspansiyon halinde dağıldığı, damar sisteminin içini dolduran ve kalbin pompa gücü sayesinde bu sistem içinde tüm vücudu dolaşan bir dokudur. Özgül ağırlığı 1.055-1.065 olan kan, sulu ortamda hareket halindeki özelleşmiş hücrelerden oluşur (Tunçel 1991). Kanın görevleri; birçok maddenin taşınması (O₂, CO₂, besinler, vitaminler, elektrolitler, metabolizma ürünleri gibi), homeostaz, tamponlama, sinyal taşınması (hormonlar), vücudun yabancı molekül ve hücrelerden korunması, onkotik basıncın düzenlenmesi, suda çözünmeyen maddelerin taşınması, pıhtılaşma (hemostaz), fibrinoliz, bazı maddelerin böbrekten atılmasını engelleme şeklinde özetlenebilmektedir (Onat vd 2002). Ana görevlerini, taşıma, düzenleme ve savunma olmak üzere üç grup altında toplayabiliriz.

Taşıma görevi: İnsan organizmasının yaklaşık %60 ı sıvıdır. Bu sıvının ortalama %40 ı hücreler içinde (**intraseküler sıvı**), %20 si ise hücrelerin dışında (**ekstrasellüler sıvı**) bulunur. Ekstrasellüler sıvının da %15 i interstisyel sıvıdan, %5 i ise kan plazmasından oluşmaktadır (Onat vd 2002). Ekstrasellüler sıvı devamlı hareket halinde olan bir sıvıdır. Bu hareketliliğin nedeni; kan dolaşımına, kan ile interstisyel sıvı arasındaki sürekli alış verişe bağlıdır. İnterstisyel sıvı, hücrelerin etrafını çevreleyen ve hücrelerin atmosferi gibi davranan bir sıvıdır (Guyton 2001). Kan, interstisyel sıvıya oksijenle birlikte hücrelerin kullanacağı besin maddelerini getiren ve aynı zamanda hücrelerin oluşturduğu metabolizma artıkları ve karbondioksiti buradan götüren bir sistemi oluşturmaktadır (Tunçel 1991).

Düzenleme görevi: Düzenleyici görevini iç ortamın PH ve sıcaklığını değişmez tutulmasına katkıda bulunarak ve taşıdığı hormonlarla organlar arasındaki karşılıklı işbirliğini sağlayacak mesajları ileterek gerçekleştirmektedir. Kanın bileşimi ve fiziksel özellikleri vücut hücrelerini dolaşması sırasında bazı organlar tarafından sürekli kaydedilmektedir (Onat vd 2002). Kanın bileşimi ve fiziksel özellikleri iç ortamı ve iç ortamdaki değişiklikleri yansıtır. Böylece, kandan, iç ortamın yapısında herhangi bir

değişikliği bildiren şekilde mesaj alınması sinir ve endokrin sistemin devreye girmesine ve durumu düzeltecek organlara gerekli emirlerin gönderilmesine neden olmaktadır (Tanyer 1985).

Savunma görevi: Bileşiminde bulunan çeşitli moleküller ve lökositler (Akyuvarlar) yardımı ile organizmayı mikroorganizmalara ve organizmanın kendine yabancı bulduğu her türlü etkene karşı savunur. Dolaşımında bulunan kan hacmi, 70 kg bir insan için ağırlığının % 8 i veya 5600 ml civarındadır (Guyton 2001). Normal olarak hücreler total volümün yaklaşık olarak % 45' ini kapsarlar. Bu ölçü (%45), erkekler için normal bir hematokrit veya sıkıştırılmış hücre volümüdür. Kadınlar için normal sıkıştırılmış hücre volümü yaklaşık olarak % 41' dir (Harper 1976).

Tam kanın dansitesi 1.054 ve 1.060 arasında değişir; plazmanın dansitesi yaklaşık olarak 1.024-1.028' dir. Kanın yapışkanlık derecesi (vizkozitesi), suya göre kıyaslandığı zaman suyun 5 mislidir. Kan vizkozitesini; plazmanın su oranı, protein miktarı ve eritrosit (Alyuvarlar) sayısı etkiler. Eritrosit sayısı fazlaştığı, protein miktarı arttığı ve plazmada su oranı azaldığı zaman kanın vizkozitesi artar, aksi koşullarda azalır (Tunçel 1991).

2.2. PLAZMA PROTEİNLERİ

Kan; plazma ve şekilli elemanlardan meydana gelir. Şekilli elemanlar eritrosit, lökosit ve trombositlerdir. Plazma ise; kan proteinleri (albumin, α_1 , α_2 , β , gama globulinler), Koagülasyon faktörleri (fibrinojen, faktör II, III, V, VII, IX, X, XI, XII, XIII), mineraller (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu,vs.), kan gazları (CO_2 , O_2) glukoz enzimler, su, serbest hemoglobin, çeşitli protein yapısında maddeler, lipitler, lipoproteinler, kolestrol, non protein nitrojen, safra pigmentleri, isoaglutininler ve antikorlardan yapılıdır (Wintrobe vd 1974).

Plazma total proteini, yaklaşık olarak 7-7.7 gr/100 ml' dir. Böylece plazma proteinleri plazmadaki katı maddelerin büyük kısmını kapsarlar. Plazma proteinleri üç büyük gruba (fibrinojen, albumin ve globulin) ayrılır (Harper 1976).

Fibrinojen, kan pıhtısı maddesi olan fibrinin ön maddesidir. Fibrinojen, büyük, asimetrik bir moleküldür. Bu molekül ileri derecede uzundur. Yaklaşık olarak 20:1 lik bir aksiyal orana sahiptir. Molekül ağırlığı 350.000-450.000 arasındadır. Fibrinojen normal olarak total plazma proteinlerinin % 4-6' sını teşkil eder. Bu protein karaciğer içinde yapılır. Karaciğer dokusunda aşırı derecede yıkımın meydana geldiği herhangi bir durumda kan fibrinojeninde şiddetli bir düşüş husule gelir (Berne ve Matthew 2001).

Serum proteinleri, başlıca plazmanın **albumin** ve **globulin** fraksiyonlarını kapsar. Bu 2 fraksiyon, globulinleri presipite eden ve albuminleri çözelti içinde bırakan % 27' lik bir sodyum sulfat çözeltisi kullanılmak suretiyle birbirinden ayrılırlar (Harper 1976).

2.3. KAN HÜCRELERİ

Kan hücreleri **eritrositler** (alyuvarlar, kırmızı kan hücreleri), **lökositler** (Akyuvarlar, beyaz kan hücreleri) ve **trombositlerdir** (kan pulcukları, plateletler). Yetişkinlerde eritrosit, trombosit ve lökositlerin büyük kısmı kemik iliğinde yapılmaktadır. Lökositlerin bir kısmı kemik iliğine ilaveten limfoid organ ve dokularda (limf düğümleri, tosillalar, dalak ve timus bezi gibi) yapılmaktadır. Fetüsde kan hücreleri kemik iliğine ilaveten karaciğer ve dalakta da yapılmaktadır. Çocukluk yıllarında, kan hücreleri tüm kemiklerin kemik iliğinde yapılırken 20 yaşından sonra uzun kemiklerin kemik iliği kan hücresi üretimini durdurur ve kan hücreleri yassı kemiklerde özellikle; vertebralar, kostalar ve sternumun kırmızı kemik iliğinde yapılmaktadır (Menteş 1976).

2.3.1. Eritrositler (Alyuvarlar)

Organizmada sayıları en yüksek olan hücre grubudur. Eritrositler solunum gazlarını taşımak üzere özelleşmiş hücrelerdir (Wintrobe vd 1981). Sayıları, 1 mm³ kanda kadınlarda ortalama 4.8 milyon, erkeklerde 5.4 milyondur. Çekirdeksiz ve bikonkav disk şeklinde olan insan eritrositinin çapı 6.0-9.0 µm, kalınlığı merkezde 1.0 µm, kenarlarda 2.0-2.5 µm kadardır ve kolayca şekil değiştirebilme özelliğine sahiptirler. Normal eritrosit yuvarlaktır. Çok hafif büyüklük farkları gösterir. Eritrositlerin ortası soluk görülür (İmren 1975).

Bir eritrosit membranının yapısında % 52 protein, %40 lipit, %8 karbonhidrat bulunmaktadır (Onat vd 2002). Kolayca şekil değiştirebilme yetenekleri sayesinde en dar çaplı kılcal damarlardan kolayca geçebilirler. Kan dolaşımında bulunan eritrositler çekirdek taşımazlar (Tunçel 1991).

Çekirdek, mitokondri ve ribozom bulunmayan olgun eritrositlerin biyosentez yetenekleri yoktur. Kemik iliğinden kana salındıktan sonra geriye dönüşümleri bulunmamakta, biyosentez kapasiteleri olmadığı için 120 günde yaşlanmaktadırlar (Harper 1976).

Eritrositlerin fonksiyonlarının devamı için biçim ve büyüklükleri büyük önem taşımaktadır. İnsan vücudunda yaklaşık 280 km yol alan ve 2-3 µm iç çapındaki kapillerde fonksiyon görebilen eritrositler ileri derecede deforme olabilmektedir (Brown 1980).

Deforme yeteneği, membran ve ilişkili hücre iskeleti yapısına bağlıdır. Mitokondri bulunmadığı için eritrositlerde enerji üretimi çok sınırlıdır. Oksidatif fosforilasyon ve Krebs döngüsü aktivitesi olmadığı için enerji gereksinimini glikolitik yoldan sağlamaktadır. Enerjisi tamamen glikoza bağlı hücrelerden olan eritrositlerde glukoz laktik aside metabolize olmakta ve net 2 ATP enerji kazanılmaktadır. Eritrositlerin iyonik dengesinin sağlanması için Na⁺ K⁺ ATPaz sisteminde, membran yapısının deformasyon yeteneğinin sürdürülmesinde ve eritrositlerin bikonkav şeklinin korunmasında ATP şeklinde enerjiye gereksinim bulunmaktadır (Onat vd 2002).

Organizmada eritrosit yapımı hipoksi (dokularda oksijen azalması) tarafından uyarılır. Hipoksi böbreklerden **eritropoietin** hormonunun salgılanmasına neden olur, eritropoietin de kemik iliğini eritrosit yapımı yönünde uyarır. Eritrositlerin başlıca fonksiyonları **hemoglobin** taşımaktır. Kana kırmızı rengini veren madde, birleşik bir protein olan hemoglobindir. Hemoglobinin normal konsantrasyonu, tümü eritrosite kısıtlı olmak üzere 14-16 gr./ 100 ml kan' dır. 70 kg' lık bir insanın kan dolaşımında bulunan total kanında yaklaşık olarak 750 gr. hemoglobinin varolduğu ve yaklaşık olarak 6.25 gr. (90 mgr./kgr.)' ın her gün üretildiği ve yıkıldığı tahmin olunur (Rapaport 1985).

Hemoglobin, yapısında +2 değerlikli Fe atomu bulunduran büyük bir protein molekülüdür ve başlıca görevi dokulara oksijen taşımaktır. Oksijen, hemoglobin molekülünde Fe^{+2} atomuna bağlanarak taşınır. En karakteristik özelliği, kendisinin **Oksihemoglobin** teşkil etmek üzere oksijenle birleşme yeteneği olan hemoglobinin, sadece oksihemoglobinin düşük bir oksijen gerilimi ile karşılaşmasıyla eski haline döner (Cokelet ve Meiselman 1998).

3 eritrosit göstergesi vardır. Bunlar;

A. Ortalama Korpüsküler Volüm (Mean Corpuscular Volume) (MCV) : Normal MCV' nin sınırları 80-94 fl (femtolitire 10^{-18}); ortalama 87 fl'dir. MCV, sıkıştırılmış hücre volümü (packed cell volume; hematokrit) (PCV) ve eritrosit sayımından hesaplanır.

B. Ortalama Korpüsküler Hemoglobin (Mean Corpuscular Hemoglobin) (MCH) : Bu, her bir eritrosit başına düşen hemoglobin miktarını ifade eder. Pikogram (pg) (10^{-12})olarak bildirilir.

C. Ortalama Korpüsküler Hemoglobin Konsantrasyonu (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) (MCHC) : Bu, bir eritrositin hacminin yüzdesi olarak ifade olunan hemoglobin miktarıdır. Normal sınırlar % 33-38; ortalama % 35' dir. Bu, hemoglobin konsantrasyonundan ve hemotokritten (PCV) hesaplanır (Harper 1976).

2.3.2. Lökositler (Akyuvarlar)

Organizmanın savunma sisteminin hareketli elemanları olan lökositler, organizmayı bakterilere, virüslere, parazitlere ve tümörlere karşı savunurlar. 1 mm^3 kandaki sayıları 4000 - 10000 arasında değişebilir, ortalama 7000 dir. Lökositler çekirdekli hücreler olup çekirdek ve sitoplazma yapılarına bağlı olarak **granülositler**, **monositler** ve **limfositler** olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Tunçel 1991). Yapı, fonksiyon ve sentez edildikleri yerler bakımından farklılık gösteren kan hücrelerinin değişik biyolojik fonksiyon ve metabolik karakteristikleri bulunmaktadır.

Lökositler; çekirdek, mitakondri, ribozom ve lizozomlar içerdikleri için protein ve lipit sentezleyebilmektedirler. Enerji gereksinimleri fazladır ve Krebs döngüsünden sağlanmaktadır (Onat vd 2002). Dolaşımdaki lökositlerin % 50-75 i granülosit, % 2-8 i monosit, % 20-40 ı limfosittir. Granülositler ve monositler yalnızca kemik iliğinde yapılır. Limfositler ise az miktarda kemik iliğinde, büyük oranda limfoid organ ve dokularda yapılmaktadır (Brown 1980).

2.3.2.1. Granülositler

Sitoplazmalarında belirgin granüller içerirler ve çekirdekleri çok parçalıdır. Granüllerinin ve çekirdeklerinin boyanma özelliklerine bağlı olarak kendi içlerinde **nötrofiller**, **bazofiller** ve **eozinofiller** olarak üç gruba ayrılırlar. Her üçünün de aktif olarak fagozitoz (bakteri, parazit gibi mikro organizmaları endositoz ile içlerine alıp yok etmeleri) yeteneği vardır. Granülositlerin % 50 -70 ini nötrofiller, % 1- 4 ünü eozinofiller, % 0.4 ünü bazofiller oluşturur (Charm ve Kurland 1974).

İnsan kan dolaşımındaki fagositik hücreler olan **nötrofillerin** çok loblu çekirdekleri ve çok sayıda sitoplazmik granülleri bulunmaktadır. En önemli özellikleri motiliteleri olan nötrofiller kan dolaşımı dışına çıkabilmekte ve kısa ömürlerinin çoğunu kan dolaşımı dışında geçirmektedirler. Fagositoz başladığında infeksiyon bölgesine doğru hızla göç eden nötrofiller, yabancı organizma yüzeyine yapışmaktadırlar (Shiga vd 1990). Hücrede başlayan biyokimyasal olaylarda glikoliz ve laktat üretimi artmakta, sarılmış materyali içine alan vakuolde PH azalmakta ve aynı anda oksijen patlaması olmaktadır. Mitokondriyal kaynaklı olmayan bu oksijen tüketimi intrasellüler, bakterisidal olaylarla ilişkilidir (Onat vd 2002).

Eozinofiller, kemik iliğinde oluşmaktadır. Kanda sekiz saten az kalan eozinofillerin dokulardaki sayısı kandan 100 kat fazladır. Çoğunlukla deri, akciğer ve gastrointestinal bölgede (dış dünyaya karşı koruyucu epitel bariyerlerde) yerleşiktirler. Adrenal kortikosteroidlerin artması ile kandan ayrılan Eozinofiller, immunolojik uyarı ile prolifer olmaktadır. Alerjik reaksiyonlar, astım ve miyokardial hastalıklarda Eozinofiller, inflamasyona katkıda bulunmaktadırlar (Harper 1976).

Bazofiller, kan dolaşımında bulunan ve normal koşullarda dokulara geçemeyen miyeloblasta benzeyen bir hücreden gelişmektedirler. Bazofillerde bulunan heparinin lipoprotein lipazı kontrol ederek adipoz dokudan serbest yağ asidi salınımının artmasını sağladığı düşünülmektedir (Stoltz 1985).

2.3.2.2. Monositler

Işık mikroskobu altında sitoplazmasında belirgin granüller göstermeyen, çekirdekleri böbrek şeklinde ve tek parçalı olan lökositlerdir. Dokular arasına geçip, burada gelişip büyüyerek **doku makrofajları** adı verilen hücreleri oluştururlar. Monositler ve makrofajlar da aktif fagozitoz yeteneğine sahip hücrelerdir (Tunçel 1991). Yaşam süreleri birkaç ay olan monositler nötrofillerle birlikte aynı hücreden kaynaklanmaktadır. Mikrobakterilere, mantarlara, protozoa ve virüslere karşı savunma mekanizmasında işlev görmektedirler (Chien vd 1987).

2.3.2.3. Limfositler

Kan, limfatik dolaşım ve dokular arasında sürekli dolaşan, yuvarlak, tek parçalı çekirdeğe sahip ve ışık mikroskobunda sitoplazmalarında belirgin granüller göstermeyen hücrelerdir. Bağışıklık sisteminin hücreleri olup, organizmayı bakterilere, virüslere, mantarlara, yabancı dokulara ve tümörlere karşı dirençli kılmak için çalışırlar. Kendi içlerinde **T** ve **B** olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar (Tunçel 1991).

B-limfositleri kemik iliği kaynaklıdır. T-limfositleri kemik iliğinden timusa geçerek olgunlaşmaktadır. B limfositler antijenlere karşı antikor veya immünoglobulinler adı verilen özel protein moleküllerini sentezlerler. T limfositler ise hem B limfositlerin antikor üretimini düzenleyen hemde antijenlerle doğrudan savaş verebilen hücrelerdir. Bu nedenle T limfositlerin oluşturduğu bağışıklığa **hücrel bağışıklık**, B limfositlerinkine ise **humoral bağışıklık** adı verilmektedir (Lowe 1996).

Dolaşımdaki limfositlerin çoğu yaşam süreleri aylar ve yıllarla ölçülen T hücreleridir. Dolaşımdaki limfositlerin % 10-20 kadarını oluşturan B-hücrelerinin yaşam süreleri günlerle ölçülmektedir. Granülositlerin yaşam süreleri ortalama 12 saattir, ancak bir enfeksiyon oluşmasında bu süre 2-3 saate düşebilir. Monositlerin

ömürleri biraz daha uzundur, limfositlerin ise 100-200 gün kadar olduğu kabul edilmektedir (Merrill 1999).

2.3.3. Trombositler

Kemik iliğindeki dev megakaryosit hücrelerinden oluşurlar. Sayıları 1 mm^3 kanda 300.000 civarındadır. Çapları eritrosit çapının yarısından az olan trombositler 2-3 μm çapında çekirdeksiz hücrelerdir. Damar yaralanmalarında, kanamanın durmasında ve pıhtı oluşmasında görev alan hücrelerdir (Onat vd 2002).

Hemostazda temel rol oynayan trombositler hasara uğrayan damar bölgesine yapışarak agregre olmakta ve hasarı tamir etmektedirler. Bu fonksiyonlarını salgıladığı çeşitli faktörler ile sağlar. Travmalarda salgıladığı Serotonin ile kan damarlarında refleks olarak lokal vasokonstriksiyon yaparak kanamayı durdurmaya çalışır. Bu işlemde koagülasyon dizisinin son ürünü olan fibrin aracılığı ile çok sayıda trombosit bir arada tutulmaktadır. Trombositler koagülasyon dizisini hızlandırarak trombin ve fibrin oluşumunu arttırırlar. Trombin, trombosit sekresyonu için çok kuvvetli agonisttir. Trombositlerin sekretuar aktiviteleri pıhtı oluşumunu hızlandırmaktadır (Onat vd 2002).

Kardiovasküler sistemde kanın yüksek basınçta pompalanmasının neden olduğu hemorajilerin onarılmasında sürekli görev yapan koruyucu mekanizma (hemostaz) zamansız oluşan pıhtıların önlenmesinde rol oynamaktadır. Kanın akışkanlığı ve damar sisteminin düzeni ve integrasyonu düzenli bir mekanizma ile sürdürülmektedir. Vasküler hasarda birbirinden bağımsız üç bileşen etkili olmaktadır. İlk olarak hasara uğrayan damar büzüşerek kan kaybını engellemeye çalışmaktadır. Ardından hasara uğramış bölgedeki subendotele trombosit akımı başlamakta ve geçici bir tabaka oluşturulmaktadır. Son aşamada bir seri enzimatik tepkime ile (koagülasyon) fibrin ağı oluşmaktadır (Dintenfass 1996).

2.4. KANIN AKIŞKANLIK ÖZELLİKLERİ

2.4.1. Kanın akışkanlık özelliklerinin önemi

Kan dokusunun hayatın devam edebilmesi için gerekli olan fonksiyonları, hemen bütünüyle bu dokunun organizma içinde sürekli hareket halinde olmasına bağlıdır (Shiga vd 1990). Kan hareketinin organizmanın gereksinimlerine uygun şekilde sürmesi gerek itici gücü sağlayan kalp pompasının, gerekse bu hareketin gerçekleştiği damar sisteminin özellikleriyle yakından ilişkilidir. Kanın hücresel elemanlarının konsantrasyonları yanında, reolojik özellikleri de kanın akışkanlığını belirleyen önemli etkenlerden biridir (Charm 1974, Merrill 1999).

Bir damar yatağında kan akımı basınç/direnç oranıyla belirlenir. Poiseuille yasasına göre, damar içinde akan kanın reolojik özellikleri ve sistemin geometrik yapısı damar yatağının akıma gösterdiği direnci belirler. Poiseuille yasasına göre belli bir damar yatağındaki akım direnci kanın viskozitesiyle doğru orantılıdır (Merrill 1999). Ancak, kan dokusunun akım üzerinde etkili olan reolojik davranışı akımın meydana geldiği damarın boyutlarına ve akım koşullarına göre değişmektedir (Wells ve Goldstone 1973).

Eritrosit ve lökosit mekanik özelliklerinin de içinde olduğu hemoreolojik parametrelerin bozulmasının doku perfüzyonunu da olumsuz yönde etkilediği öne sürülebilir. Ancak, kanın reolojik özelliklerinin fizyopatolojik süreçlerdeki rolü üzerindeki tartışmalar halen sürmektedir (Stoltz ve Donner 1987). Bunun başlıca iki nedeni vardır:

1. Kanın akışkanlık faktörleri ve hemodinami arasındaki ilişki çok karmaşıktır (Nerem vd 1998). Normal koşullarda, herhangi bir nedenle ortaya çıkan kan akımı ve doku perfüzyonu değişiklikleri, vasküler kontrol mekanizmaları tarafından damar çapı değiştirilerek kompanse edilir. Ancak, damar geometrisi belli hastalık süreçlerine bağlı olarak bozulmuşsa yeterli vazomotor rezerv bulunmadığından bu kompensasyon gerçekleştirilemeyebilir.

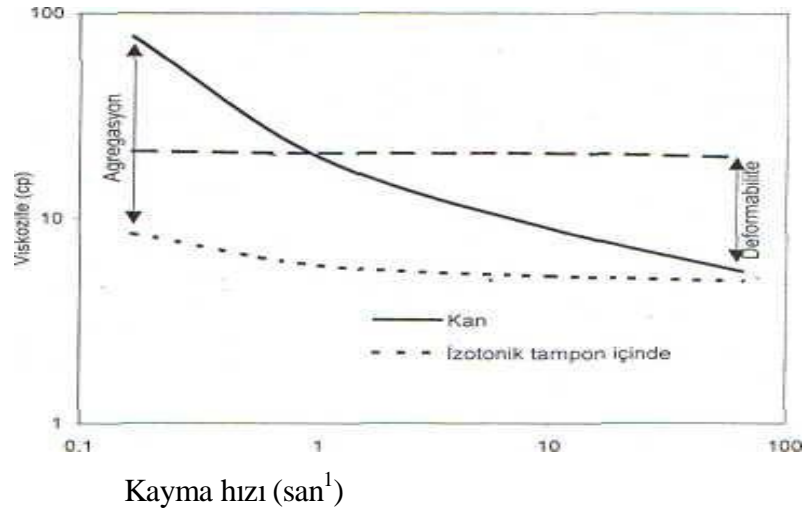
2. Kanın akışkanlık faktörleri (örneğin, plazma viskozitesi, eritrosit agregasyonu ve eritrosit deformabilitesi) perfüze olan dokunun metabolik durumuna duyarlıdır (Chien 1997). Kan komponentleriyle temas halinde bulunan iç ortam değişiklikleri bu elemanların reolojik özelliklerini, dolayısıyla da bütün bir kan dokusunu etkiler (Chien vd 1987).

2.4.1.1. Kanın akışkanlık Özellikleri

Kan reolojik yönden, non-Newtonien bir sıvıdır (Lowe 1988, Schmid-Schönbein 1996). Yani, kan viskozitesi kayma hızına bağlı olarak değişir. Kayma hızı arttıkça kan viskozitesi azalır (Merrill 1999, Dintenfass 1996). Damar sistemi içinde yer alan çok çeşitli boyuttaki damarlarda kan akımı birbirinden farklı karakterler gösterebilir (Charm ve Kurland 1974).

2.4.1.1.1. Kitle halinde akım

Kan dokusunun bir bütün olarak davranabilmesine izin verecek ölçüde büyük boyuttaki damarlarda kan, tam olarak iki fazlı bir süspansiyon özelliğindedir (Merrill 1999, Dintenfass 1996). Bu koşullarda, damar sisteminin geometrik özelliklerine, kanın fiziksel özelliklerine ve akım hızına bağımlı olarak laminer veya türbülant karakterde akım görülebilir. Laminer akım, sıvı tabakalarının birbiri üzerinde kayması şeklinde gerçekleşen, düzenli, hidrolik direncin düşük olduğu bir akım şeklidir (Dintenfass 1996). Fizyolojik koşullarda damar sisteminin büyük bir bölümünde kan akımının karakteri laminerdir. Damar geometrisinde yerel değişiklikler olur, kan akım hızı ani artışlar gösterirse kan akımının karakteri türbülant hale dönüşebilir. Bu koşullarda akım direnci de artar.



Şekil 1. Normal kan, izotonik tampon içerisinde ve plazmadaki rijid eritrositler için kayma hızı-viskozite eğrileri. Kayma hızı aralığının yüksek ve düşük düzeylerindeki viskozite farklılıkları sırasıyla eritrosit deformabilitesinin ve agregasyonun etkilerini gösterir.

Laminer akım koşullarında sıvının akışkanlığı, sıvı tabakaları (laminalar) arasındaki sürtünme, kuvvetiyle yakından ilişkilidir. Kan dokusu gibi iki fazlı sıvılarda, birinci faza (plazma) ait laminalar arasındaki sürtünme ikinci fazı oluşturan parçacıkların, bu laminaları ne ölçüde distorsiyona uğrattığı ile yakından ilişkilidir (Lowe 1996). Kanın hücresel elemanlarından oluşan ikinci fazdaki parçacıkların kolay şekil değiştirebilen bir özellikte olmaları, onların laminer akım çizgilerine orientasyonunu kolaylaştırarak, tabakalar arasındaki sürtünmeyi, dolayısıyla sıvının viskozitesini azaltır (Lowe 1988, Merrill 1999, Schmid-Schönbein 1996). Tersine, eğer laminalar arasında yer alan parçacıkların büyüklüğü artarsa, tabakalar arasındaki sürtünme ve viskozite artar (Schmid ve Wells 1991). Eritrositlerin tersinir kümelenme (agregasyon) eğilimi, özellikle düşük kayma kuvvetlerinin etkisinde parçacık büyüklüğünü arttırarak, viskoziteyi etkiler (Stoltz ve Donner 1987).

2.4.1.1.2. Kapilier kan akımı (Mikrodolaşım)

Dolaşım sisteminde kapilier damarlar 3-8 um çaptadır. Bu koşullarda, kanın bütün olarak iki fazlı bir sıvı sistemi gibi düşünülmesi olanaksızdır. Bunun yerine, kanın hücresel elemanlarının ve plazmanın bu boyuttaki damarlardan geçişi ayrı ayrı

değerlendirilmelidir. Yer yer kan hücrelerinin boyutlarından daha küçük bir çapa sahip olabilen bu damarlarda akım hızı, büyük ölçüde kan hücrelerinin şekil değiştirme yetenekleri (deformabilite) ile yakından ilişkilidir (Chien 1997, Shiga vd 1990).

2.4.1.2. Kanın akışkanlığını belirleyen faktörler

İki fazlı bir sıvı olan kanın akışkanlığı, belli kayma hızı ve sıcaklıklarda, tüm çok fazlı sıvılarda olduğu gibi her bir fazın reolojik özellikleri ve iki fazın birbirine oranı ile belirlenir. Bu iki fazı, kanın hücresel elemanları ve plazma oluşturur. İki fazın birbirine oranı, yani özellikle hücresel elemanların %99'unu oluşturan eritrositlerin toplam kan kitlesi içindeki oranı hematokrit değeri olarak tanımlanır (Merrill 1999, Gordon ve Ravin 1978). Buna göre, kanın akışkanlığı şu faktörlere bağlıdır:

- 1) Plazma viskozitesi : Plazma kandaki hücresel elemanlar için taşıyıcı olarak görev yaptığından, akışkanlığındaki bir değişiklik, doğrudan kan viskozitesine yansır. Normal plazma viskozitesi 37 °C' de 1.10-1.35 centipoise (cp) arasında bir değere sahiptir (Chien vd 1987, Lowe 1996), ancak hastalık hallerinde 2 cp'ye kadar yükselebilir (Rand vd 1990).
- 2) Hematokrit değeri: Laminar akım koşullarında, sıvı tabakalarının arasındaki direnci arttıran hücresel elemanların miktarı, iki fazlı sıvının akışkanlığını belirleyen faktörlerin başında gelir. Hematokrit değeri ile kan viskozitesi arasında eksponansiyel bir ilişki vardır (Merrill 1999).
- 3) Kanın hücresel elemanlarının reolojik davranışı: Kanın hücresel elemanlarının büyük çoğunluğunu oluşturan eritrositler, kitle halindeki akım koşullarında dikkate alınması gereken tek hücre türüdür. Ancak, mikrodolaşım düzeyinde, hücrelerin bireysel hareketleri ön plana çıktığından, her bir hücre türünün reolojik davranışının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Eritrositlerin benzersiz şekil değiştirme yetenekleri ve tersinir kümelenme eğilimleri, değişik koşullarda kanın akışkanlığının belirlenmesinde önemli rollere sahiptirler (Shiga vd 1990).

Akış sırasında hücresel elemanlar üzerinde etkili olan hemodinamik kuvvetlerin büyük olduğu koşullarda, eritrositlerin laminar akım çizgilerine orientasyonu kolaylaşır

(Charm ve Kurland 1974, Dintenfass 1996, Ross 1995). Akım hızının (veya kayma hızının) yüksek olduğu bu koşullarda eritrosit deformabilitesi kan viskozitesini belirleyen temel faktörler arasındadır (Dintenfass 1996). Akımın yavaşlaması halinde, hücrelere etki eden kuvvetler küçülür ve kümelenme eğilimi ön plana çıkar. Eritrosit agregatlarının oluşması, bu koşullarda viskoziteyi yükseltir (Bkz. Şekil 1).

2.4.2. Eritrositlerin rolü

Eritrositlerin bikonkav-disk şeklinin korunması fonksiyonel yönden çok büyük öneme sahiptir. Bu özel şeklin korunmasında etkili dört faktör olduğu ileri sürülmüştür (Wintrobe vd 1981, Lopez 1968). Bunlar, membran içindeki elastik kuvvetler, yüzey gerilimi, membran yüzeyindeki elektriksel kuvvetler, osmotik ve hidrostatik basınçlardır. Ayrıca eritrosit membranı iç yüzeyinde yer alan ve membran iskeletini oluşturan proteinlerin bu düzenlemede rolü olduğu düşünülmektedir (Mohandas vd 1993).

2.4.2.1. Eritrosit membranı

Eritrosit membranı hücrenin değişik koşullarda varlığını sürdürebilmesi için çok önemli görevleri olan bir bölümdür. Eritrositler buldukları ortamın özelliğine göre şekilsel bir esneklik gösterirler ve bunun gerçekleşmesinde eritrosit membranının ve özellikle eritrosit membran iskeletinin büyük rolü vardır. Ayrıca eritrositin bikonkav şeklinin korunmasından ve temel yapısal bütünlüğünden membran sorumludur (Wintrobe vd 1981).

2.4.2.1.1. Eritrosit membran lipidleri ve proteinleri

Eritrosit membran lipidlerinin büyük çoğunluğunu fosfolipidler (% 49.5) ve esterleşmemiş kolesterol (% 47.1) oluşturur (Wintrobe vd 1981). Eritrositlerde organeller bulunmadığından lipit sentezi yapılamamaktadır. Kaybolan membran lipit içeriği plazma lipoproteinlerinden sağlanmakta ve fosfatidilkolin ile kolesterol öncelikli değiştirilmektedir. Kolesterol ve fosfatidilkolin kombinasyonu, saf fosfolipide göre daha vizkoz bir yapı sağlamaktadır. Kolesterol / fosfolipit oranının artması, hücre membranının sertleşmesine, parçalanmasına ve dalakta yok edilmesine neden

olmaktadır. Oranın azalması halinde ise hücre küresel şekil almakta ve parçalanmaktadır. Bu tür değişimlerin fiziksel bozukluklar yanında fizyolojik etkileri olmaktadır. Mikrovaskülerdeki sıyrılma (Shear) kuvveti artarak, alan-hacim oranı ve oksijen taşınması etkilenmektedir (Onat vd 2002).

2.4.2.2. Eritrosit Sitoplazması

Olgun bir eritrositin ağırlık olarak % 90'nını oluşturan hemoglobin sitoplazmanın en önemli bileşenidir (Wintrobe vd 1981). Hemoglobin eritrosit sitoplazmasında yaklaşık 32 gr/dl gibi oldukça yüksek bir konsantrasyonda bulunur (Rapaport 1995). Olgun eritrositlerde protein sentezinin olmamasından dolayı sahip olduğu hemoglobin miktarı yaşam süresi boyunca değişmez. Ancak, hemoglobin konsantrasyonu eritrosit su içeriğindeki değişimlerden etkilenir (Wintrobe vd 1981).

2.4.2.3. Eritrosit deformabilitesi

Eritrosit deformabilitesi, bu hücrenin belli bir kuvvetin etkisi altında şeklini tersinir olarak değiştirebilme özelliğidir (Chien 1997). Eritrosit deformabilitesini belirleyen faktörler arasında eritrositin geometrik özellikleri, sitoplazmik viskozitesi ve eritrosit membranının mekanik özellikleri bulunur (Mohandas 1993, Chien 1977, 1997, Heath vd 1982, Hochmuth 1996).

Eritrositlerin normal bikonkav-disk şeklinin korunması deformabilite yeteneği açısından çok önemlidir. Bu özel geometrik şekil, hücreye yüzey alanını genişletmeksizin şekil değiştirme olanağı sağlar (Mohandas vd 1993, Mohandas ve Chasis 1993). Eritrosit sitoplazmasının akışkanlığı da, eritrositlerin mekanik özelliğini etkilemektedir. Sitoplazmanın önemli bir içeriği olan hemoglobin konsantrasyonu sitoplazma akışkanlığını belirler (Mohandas vd 1993, Heath vd 1982). Olgun eritrositlerde hemoglobin sentezi ve yıkımı olmadığından konsantrasyon değişimleri, hücrenin su kapsamındaki değişimlere bağlıdır (Cokelet ve Meiselman 1998).

Eritrosit membranı esnek yapısından dolayı dış kuvvetlerin etkilerini sitoplazmaya aktararak eritrositlerin bütün içerikleriyle akıma katılmalarını sağlar. Eritrosit membranının şekil değiştirmeye izin vermesi yanında bir başka önemli özelliği de

elastik yapıya sahip olmasıdır (Chien 1997). Eritrositlerin hidrodinamik kuvvetlerin etkisindeki şekil değiştirmeleri geri dönüşümlüdür. Şekil değişimine neden olan etkinin ortadan kalkması ile hücre diskoid şekline geri döner. Bu özelliğin hemen bütünüyle membran ve membran iskeletine bağlı olduğu açıktır (Mohandas vd 1993, Mohandas ve Chasis 1993).

2.4.2.3.1. Eritrosit deformabilitesini değiştiren nedenler

Eritrosit deformabilitesi iç ortamın ozmotik basınç değişikliklerinden etkilenir (Reinhart ve Chien 1997). Plazma ozmolaritesinde ortaya çıkan bir artış hücre hacminde azalmaya yol açarak, hemoglobin konsantrasyonunu artırır (Wells ve Schmind-Schonbein 1999). Membran iskelet proteinlerinin yapısında veya birbirleriyle etkileşimlerinde ortaya çıkan değişimler de eritrosit deformabilitesini etkilemektedir (Stoltz 1985, Mohandas vd 1993, Shohet vd 1991). İskelet proteinleri ile hemoglobin arasında veya membran proteinleri arasında oluşan çapraz bağlar eritrositlerin şekil değiştirme yeteneğini bozar (Stocks ve Dormandy 1971, Watanabe 1990). Eritrosit membranında oluşacak lipid peroksidasyonu ve hemoglobinin oksidatif hasarı ile oluşan hidrojen peroksit membran rijiditesini arttırarak eritrosit deformabilitesini olumsuz yönde etkiler (Chasis ve Shohet 1997).

2.4.2.4. Eritrosit agregasyonu

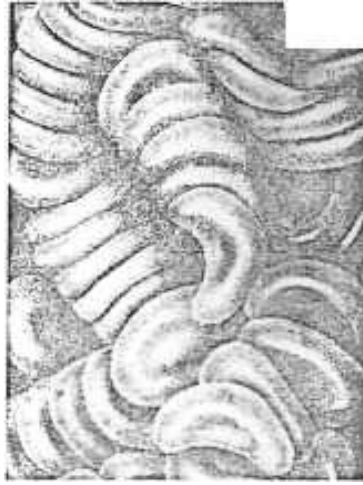
Hidrodinamik kuvvetler küçüldükçe, eritrositler geniş diskoid yüzeylerinden birbirlerine yaklaşarak kümelenirler ve üç boyutlu agregatlar meydana getirirler (Lowe 1988). Kayma kuvvetleri yeterince büyükse, eritrositlerin plazma içinde bir sıvı damlası gibi davranmalarına karşılık, akım hızının yavaşlaması halinde böyle agregatlar oluşması kan akımı içinde sıvı tabakaları arasındaki sürtünme kuvvetini artırır ve kanı daha viskoz hale dönüştürür (Stoltz ve Donner 1987).

Eritrosit agregasyonunun derecesi, eritrositleri, bir arada tutan kuvvetlerle (agregan kuvvetler), bu kümeleri dağıtmaya çalışan kuvvetler (disagregan kuvvetler) arasındaki denge ile yakından ilişkilidir (Meiselman 1993). Disagregan kuvvetlerin başında ortamdaki hidrodinamik kuvvetler gelir. Hücre kümelerine etki eden kayma kuvvetleri büyüdükçe, kümelenme eğilimi azalır. Bunun yanında, eritrosit membranı yüzey

yüküne bağılı olarak ortaya çıkan elektrostatik itim kuvvetleri ve kümelenme sırasında ortaya çıkması gereken membran deformasyonu engelleyen bir eritrosit rijiditesi agregasyona karşı koyan kuvvetler arasındadır (Meiselman 1993). Eritrosit agregatlarını bir arada tutan agregan kuvvetler ile ilgili olarak iki hipotez öne sürülmüştür (Meiselman 1993, Brooks 1998) :

Köprüleme hipotezi: Birbirine yakın hücrelerin yüzeylerine absorbe olan ve bu hücreler arasında köprüler oluşturan büyük moleküller, agregatları bir arada tutarlar (Chien ve Sung 1987, Brooks 1973).

Deplesyon hipotezi: Eritrosit yüzeyinden makromoleküllerin fiziko-kimyasal mekanizmalarla uzak tutulması bir osmatik değişiklik ve hücreler arası boşlukta bir sıvı hareketi oluşturur. Bu sıvı hareketinin yarattığı basınç farklılıkları komşu hücreleri birbirine doğru iter (Evans vd 1991, Oss vd 1990).



Şekil 2. Eritrosit agregatları

Bu iki hipotez, eritrosit yüzeyine yakın bölgedeki makromolekül konsantrasyonları için farklı tahminlerde bulunurlar. Köprüleme hipotezine göre, yüzeye yakın bölgede makromolekül konsantrasyonunun süspansiyonun diğer bölümlerine göre daha yüksek olması gerekirken, deplesyon hipotezine göre tersine daha düşük olmalıdır (Meiselman 1993, Brooks 1998). Eritrosit yüzeyine komşu bölgede makromolekül konsantrasyonlarının yerel olarak doğrudan ölçülmesine

yönelik çalışmalar başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Ancak, hücre elektroforezi çalışmaları deplesyon hipotezini doğrulayan ipuçları sağlamıştır (Oss vd 1990).

Eritrosit agregasyonu gerek plazmanın, gerekse eritrositlerin çeşitli özelliklerindeki değişimlerden etkilenir. Plazma fibrinojen konsantrasyonu, osmolarite ve pH değişiklikleri gibi faktörler eritrosit agregasyonu üzerinde çok önemli rol oynar (Meiselman 1993, Başkurt vd 1997, Chien ve Sung 1997). Hematokrit değerindeki artış, eritrosit membranının fiziko-kimyasal özelliklerindeki (membran yüzeyinin özellikleri ve yüzey yükü) değişimler, hücre şekli ve eritrositin şekil değiştirme yeteneği de eritrosit agregasyonunu etkileyen faktörler arasında sayılabilir (Shiga vd 1990, Meiselman 1993, Smiohon vd 1997).

2.5. KARDİOVASKÜLER SİSTEM VE EGZERSİZ

Egzersiz her ne kadar fizyolojik bir olay gibi gözükse de, organizmanın limitlerini zorlayan, kas oksijen ihtiyacını arttıran, gerek metabolik, gerekse de kardiyovasküler değişiklikler meydana getiren bir durumdur (Allsen 1990).

Yapılan antrenmanlarda enerji, besin depolarının, kas hücresinde depolanan Adenosine Triphosphate (ATP) olarak bilinen yüksek bir enerji bileşenine dönüşmesinden elde edilir. Kas hücrelerinde sınırlı düzeyde ATP vardır ve bundan dolayı ATP depoları fiziksel etkinliğinin sürekliliğini kolaylaştırmak için sürekli bir biçimde yenilenmelidir. ATP depoları, yapılan fiziksel etkinliğin türüne göre; ATP-CP sistem, Laktik asit ve Oksijen (O₂) sistemi olmak üzere üç enerji sistemi ile yenilenebilir (Bompa 1998).

2.5.1. Dayanıklılık ve VO₂ Max

Sedanterlerde ve elit düzey sporcularda vücut tipi performansın bir göstergesi olmasının yanında, kişinin performansını etkileyen motorik özelliklere ait birtakım kondisyonel elementler vardır. Temelde bu kondisyonel elementlerin üç önemli kriterlerinden bir tanesi de dayanıklılıktır (Muratlı 1997).

Dayanıklılık, genelde hem sportif oyunlarda, hem de normal hayatta kişilerin yaşantılarını daha aktif hale getirmek ve toplum dinamizmini sağlamak için gereksinim duydukları temel ve motorik (kondisyonel alanda) bir özelliktir. Genel aerobik dayanıklılık kavramı altında “mümkün olduğunca uzun bir zaman dayanılması gerekli bir performans özelliği” olarak ifade edilmektedir (Lamb 1994).

Bir taraftan performans, yorgunluk ve toparlanma ile bağlantılı diğer yandan enerji, koordinasyon, biyomekanik ve psikolojik alanla ilgili olan dayanıklılık, genelde “organizmanın adaptasyonu ya da antrenman durumu, fonksiyonel yapı ve temel fiziksel özelliği” olarak tanımlanmaktadır (Kale 1993). Fiziksel dayanıklılık başlığı altında “yüksek ve uzun tempolu bedensel yüklenmelerde, biyolojik olayların dengesini mümkün olduğunca uzun sürede garanti altına alan olaylar toplamı” şeklinde tanımlanır (Dündar 2003). Dayanıklılık belirli bir şiddetteki çalışmanın ortaya konacağı sürenin

sınırlarını belirtmektedir. Kişinin verimini sınırlandıran ve aynı zamanda da etkileyen ana etmenlerden biri de yorgunluktur. Kişi kolay kolay yorulmadığı ya da kişi yorgun olduğu halde çalışmayı sürdürebildiğinde bu kişinin dayanıklı olduğu kabul edilir. Bu durum, kendisini bir taraftan yorgunluğa karşı uzun süreli yük altında direnç yetisinde, diğer taraftan yüklenme sonrası organizmanın çok çabuk normale dönme yetisi ile kendini gösterir (Ergen 1993).

Organizmanın yorgunluğa karşı direnç yetisi, şiddet ve dayanıklılık yönünden değişik spor dallarında, değişik biçimlerde ortaya çıkar. Bu değişik etkiler spor biliminde değişik dayanıklılık kategorileri oluşturmuştur: (Bompa 1998)

1.Genel Dayanıklılık (Aerobik Dayanıklılık): Genel anlamda daha çok solunum-dolaşım sisteminin dayanıklılığıdır. Birçok kas grubunu ve dizgesini (Merkezi Sinir Sistemi, sinir-kas, kalp-kan-dolaşım dizgesi) içine alan bir etkinlik türünün uzun bir süre için ortaya konabilme kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Genel dayanıklılık sporcuların, yüksek bir çalışma kapsamını başarılı bir biçimde sergilemelerine ve gelecek antrenman ve yarışmalar için daha hızlı bir biçimde toparlanmalarına destek vermektedir (Bompa 1998). Her sporcunun sahip olması gereken bir dayanıklılıktır (Sevim ve Muratlı 1997).

2.Özel Dayanıklılık (Anaerobik Dayanıklılık): Genellikle oyun, sprint vb. dayanıklılık biçimleri olarak ortaya konan, her sporun özelliklerine ya da her spordaki motor hareketlerin tekrarına dayanır. Her spor dalına özgü biçimde, spor dalının teknik, taktik uygulaması ile beraber ortaya konan dayanıklılıktır (Ergen 1993). Özel dayanıklılık her ne kadar belirli sporların özellikleri arasında geçiyor olsa da, bu tür dayanıklılık yarışmaların ortaya çıkardığı gerilimlerden, zor sporsal görevlerin sergilenmesinden ya da ortaya konan antrenmanın türünden etkilenebilir (Bompa 1998).

Dönüşümlü sporlar söz konusu olduğunda (yani motor hareketin, yinelenen dönüşümlü hareketlerden oluşması), süre ve enerji metabolizması göz önüne alınarak genellikle şu sınıflama önerilmektedir: (Muratlı 1997)

1. KISA SÜRELİ DAYANIKLILIK: 45 saniye ile 2 dakika arasında tamamlanan bir mesafeyi almak için gereklidir. Yapılan fiziksel etkinliğin türüne göre, kas

hücresinde bulunan ATP (Adenosine Triphosphate) depoları, fiziksel etkinliğin sürekliliğini kolaylaştırmak için sürekli bir biçimde yenilenmelidir (Fox 1988). ATP; besin maddelerindeki enerjinin biyolojik olaylarda kullanılmasını sağlayan ara moleküldür. Depo molekülü olmadığı için hücredeki konsantrasyonu çok düşüktür. Hızlı ve ani etkinlikler için temel enerji, kastaki bir diğer hazır enerji kaynağı olan ve ATP gibi yüksek enerjili fosfat bağı içeren Kreatin Fosfat (CP) tarafından karşılanır (Akgün 1994). Kreatin fosfat, bünyesindeki enerjiyi ATP' ye aktararak kullanır. Kısa süreli yüklenmelerde, büyük bir oksijen borçluluğu meydana gelir ve kaslar oksijen noksanlığı koşullarında çalışmaya zorlanır (Günay 1998). Anaerobik sistem 400 m. koşu için gerekli olan enerjinin %80'ini ve 800m. koşu için gerekli olan enerjinin de %60-70'ini sağlar. Anaerobik kapasitenin geliştirilmesinin temeli aerobik kapasitenin geliştirilmesidir (Çolak ve Açıkada 1996).

2. ORTA SÜRELİ DAYANIKLILIK: Çalışmanın 2-6 dk' dan daha uzun süreli olarak sergilendiği sporlara özgüdür (1500m. koşu örneği). Şiddet, uzun süreli dayanıklılık gerektiren sporlardakine göre daha yüksektir. Burada enerji, ilk olarak ATP-CP sistemi ve bundan sonraki 8-10 saniye boyunca laktik asit sisteminden karşılanır. Laktik asit enerji sisteminde; kas hücresi ve karaciğerdeki glikojeni parçalara ayırarak ATP oluşturur. Bu esnada oksijenin olmaması nedeni ile yan ürün olan laktik asit oluşur. Uzun süreli etkinlikte kasta büyük miktarda laktik asit toplanıp, yorgunluğa neden olur (Çimen 1996).

3. UZUN SÜRELİ DAYANIKLILIK: 8 dk.'dan daha uzun süren sporlar için gereklidir. Enerjinin neredeyse tümü aerobik sistem tarafından karşılanır. Bu sistem Oksijenin varlığında glikojeni parçalara ayırır ve böylece az miktarda ya da hiç laktik asit üretmeyip, sporcunun antrenmanı daha uzun bir süre sürdürmesine olanak sağlar. Kayak kros, uzun mesafe sürat pateni vb. 2-3 saati aşan çalışmalar ATP depolarının yenilenmesi için yağlar ve proteinleri parçalamasına sebep olabilir (Bompa 1998).

Spor pedagojisi yönünden dayanıklılık antrenmanının temel fonksiyonu, yorgunluğa karşı direnci ve dinlenebilirlik yeteneğini geliştirmesidir (Muratlı 1997). Düzenli bir biçimde gerçekleştirilen dayanıklılık yüklenmeleri, kas, kalp-dolaşım, kan, akciğer, bağışıklık sistemi gibi organ sistemlerinde ve metabolik regülasyonda uyum aksiyonlarına yol açar (Günay 1998).

Dayanıklılık tamamen organizmanın aerobik enerji üretimine dayalı ortaya çıkan bir kondisyon özelliğidir. Fizyolojik olarak insanın maksimal dayanıklılığı, kişinin maksimal aerobik kapasitesi olarak isimlendirilir. Bir başka deyişle bu kişinin maksimal yüklemeli bir çalışma anında kullanabildiği VO_2 max' tır. Bu değer ne kadar fazla ise kişinin dayanıklılığı o denli fazladır (Orozco 2001).

Dayanıklılığın en önemli fizyolojik kriterlerinden biri Maksimal Oksijen Tüketimi (VO_2 max) dır (Astrand 1986). VO_2 max; iş yükündeki yada egzersize katılan aktif kas kitlesindeki artışla belirli bir maksimal seviyeye ulaşan ve daha fazla arttırılamayan O_2 kullanımını ifade etmektedir (Fox vd 1988).

VO_2 max değeri, dakikada litre ($l.dk^{-1}$) veya ml ($ml.dk^{-1}$) cinsinden kullanılan total O_2 miktarı olarak verilebildiği gibi daha doğru ve karşılaştırılabilir bir birim olarak, bireyin vücut ağırlığı kilogramı başına düşen VO_2 max miktarı şeklinde de ($ml. kg^{-1} dk^{-1}$) ifade edilmektedir (Astrand 1986).

Maksimum kardiyak output, kandaki hemoglobin oranı ve aktif kaslardan kana yeterli oksijen dönüşü, elit dayanıklılık sporcularındaki yüksek VO_2 max değerlerinin bir başka açıklamasıdır (Joyner 1993). Kalbin bir dakikada pompaladığı kan miktarına kalbin dakika volümü denir. Bu değer sedanterlerde $20-25 l.dk^{-1}$, sporcularda $30-40 l.dk^{-1}$ ya ulaşmaktadır. Egzersiz sırasında kalbin dakika volümünün artması, kalbin bir dakikadaki atım sayısının artması ile mümkündür. Kondisyonu yüksek olan kişilerde VO_2 max' in yüksek oluşunda en önemli faktör, kalbin atım volümü olmaktadır. Bir kişinin kalbi bir defada ne kadar fazla kan pompalayabilirse, o kişinin VO_2 max' i o kadar yüksek olur.

Birim zamanda kullanılabilen oksijen miktarının fazlalığı aerobik gücün yüksek olduğunu göstermektedir. Giderek artan bir çalışma yükünde oksijen tüketimi miktarı da doğrusal olarak artmaktadır. Belli bir noktaya gelindiğinde çalışma yükü artsa bile oksijen kullanımı artar. İşte, bu nokta bir dakikada tüketebilen en yüksek oksijen miktarı olan VO_2 max ile uzun süreli bir eforu sürdürebilme yeteneği arasında yüksek bir ilişki vardır (Akgün 1989).

Bir sporcunun etkinliği sürdürmesi için gerekli ATP' yi yenileme hızı, kişinin aerobik kapasitesi ile yada Maksimum Oksijen tüketim hızıyla sınırlıdır (Fox ve ark. 1988). Egzersizin başında ATP-CP sistemi ilk aktif biyoenerjik yoldur ve bunu Glikoliz (Glikojenin yıkım süreci) ve son olarak da aerobik enerji üretimi izler. Buna karşın statik dengeye ulaşıldıktan sonra, vücudun ATP ihtiyacı aerobik metabolizma yoluyla karşılanır (Bozdoğan 1999).

Uzun süreli dayanıklılık çalışması metabolizma parametresi olarak VO_2 max' ın belirlenmesi, aktivite içerisinde çok yer tuttuğundan önemlidir. Ancak antrenmanla VO_2 max' daki gelişme sınırlı olup VO_2 max bir üst sınıra ulaşmasına rağmen dayanıklılığın gelişmeye devam ettiği gözlenmiştir (Lamb 1994). Dayanıklılığı belirleyen temel faktör, VO_2 max' tan çok, onun ne kadar yüksek bir yüzdesinin ne kadar uzun süre kullanılabilirdiğidir (Tamer 1995). VO_2 max genellikle mutlak değer olarak (l/dk) ifade edilebileceği gibi, vücut ağırlılığının kg.'ı başına relatif değer (ml/kg/dk) olarak da ifade edilmektedir (Bar-or 1996).

VO_2 max direkt veya indirekt olarak çeşitli yöntemlerle ölçülebilir (Akgün 1994). Direkt ölçümlerde; koşu bandı (koşma veya yürüme), bisiklet (bisiklet ergometresi), basamak testi (step testi) metotları geliştirilmiştir. İndirekt ölçüm metotları içerisinde yer alan koşu testlerinden birisi de 20 metre mekik koşu testidir. Sporcular 20 m' lik mesafeyi gidiş-dönüş olarak koşmaktadır. Koşu hızı belli aralıklarla sinyal veren bir cihazla denetlenir. Sporcu birinci duyduğu sinyal sesinde koşusuna başlar ve ikinci duyduğu sinyal sesine kadar diğer çizgiye ulaşması gerekmektedir. İkinci sinyal sesini duyduğunda ise tekrar geri dönerek, başlangıç çizgisine gelir ve bu koşu sinyallerle devam eder. Sporcu bir sinyal sesini kaçırp ikincisine yetişirse teste devam eder. Eğer iki sinyali üst üste kaçırp ve diğer sinyalde çizgiye yetişemezse, test sona erer. Test sonunda koşulan mekik sayısına bağlı olarak VO_2 max tahmin tablosundan max VO_2 değeri, ml/kg/dk cinsinden bulunur (Tamer 2000).

2.5.2. Kalp Atım Hızı ve Kan Basıncı

Dayanıklılıkta aerobik verim açısından, dolaşım sisteminin özellikle yapılan egzersize vücudun adaptasyonunda önemli bir rolü vardır (Tuncel 1994). Kalp, kanın dolaşım sistemi içerisindeki sirkülasyonunu sağlayan kassal bir pompadır. Kalbin

büyüklüğü kişinin vücut yapısına ve yapmış olduğu fiziksel aktivite türüne göre değişim gösterir. Kalp kası (Miyokard), sürekli ve ritmik olarak kasılan bir dokudur. Miyokard'ın bir dakikadaki kasılma hızına Kalp Atım Hızı veya Nabız denir (Ergen 1993).

Normal bir insan kalbi istirahat halinde 70-80 atım/dk atarken (bu değer 90 atıma çıkabilir), sporcularda 50 atım/dk çok üst düzey maratoncularda ise 40-42 atım/dk olarak belirlenmiştir. Bu ise sporcuların daha güçlü ve ekonomik çalışan bir kalbe sahip oldukları anlamındadır. Kalp atım sayısını bazı fiziksel ve fizyolojik faktörler (yaş, vücut ağırlığı, cinsiyet, postür, herhangi bir enfeksiyon, hastalık, psikolojik faktörler, egzersiz vb.) etkilemektedir. Kalp atım sayısı antrenman şiddetinin belirlenmesinde bir kriter olarak kabul edilmektedir (Akgün 1994).

Kan basıncı, kanın damarların iç duvarlarına yaptığı basıncın nicelik olarak ölçüsüdür. Atardamar duvarlarına uygulanan bu basınç, vücudun değişik bölgelerinde ve kalbin değişik kasılma safhalarında farklı değerlerdedir. Kan basıncı civalı veya havasız sphygmomanometre ile mmHg cinsinden ölçülür. Atardamarın içine bir basınç alıcısı (transducer) yerleştirilerek yapılan direkt basınç ölçüm metodu yerine, kolun etrafına sarılan bir basınç koluğunun kullanıldığı metoda indirekt ölçüm denir. İnsanlarda kan basıncının ölçüldüğü bölge koldaki brachial atardamardır (Russo ve Graziani 1993).

Kalbin kasılması sırasında, kanın dışarı pompalanması periyoduna sistol denir. Bu periyot kan basıncının en yüksekte olduğu zamandır ve bu sırada okunan basınca sistolik kan basıncı (büyük tansiyon) denir. Minimum basıncın okunduğu, rahatlama (istirahat) ve kalbin kanla dolması periyoduna diastolik kan basıncı (küçük tansiyon) denir. Sistolik ve diastolik kan basınçları arasındaki sayısal farka **nabız basıncı** denir. Kan basıncındaki değişimler, egzersiz yada vücut pozisyonu değişikliklerinin kardiyovasküler sistem üzerinde yaptığı baskıları gösterir (Tamer 2000).

2.5.3. Egzersizde kardiyovasküler düzenlemeler

Fiziksel çalışma kapasitesi, maksimum oksijen tüketimi ile çalışan dokulara oksijenin etkin şekilde taşınmasına bağlıdır. Dokulara sağlanan oksijen miktarı, o dokuya taşınan kanın hacmi ve oksijen taşıma kapasitesi tarafından belirlenir (Berne

ve Matthew 2001). Oksijen taşıma kapasitesini belirleyen en önemli faktör dolaşımdaki eritrositlerin sayısı ve hemoglobinin konsantrasyonudur (Wintrobe vd 1981). Bu yüzden bu hücrelerle ilgili herhangi bir değişim doku perfüzyonu da dahil olmak üzere, birçok fizyolojik mekanizmayı etkileyecektir.

Aktif kaslarda oksijen tüketiminin büyük ölçüde artması kas dokusunda hipoksi meydana getirir (Berne ve Matthew 2001). Egzersizin başlamasından sonra aktif kas dokusunda oluşan hipoksi sonucu prekapiller damarlarda vazodilatasyon görülür. Kaslardaki vazodilatasyona bağlı olarak total periferik dirençte net bir düşme görülür. Bu gevşemeden sorumlu başlıca faktör lokal hipoksidir (Berne ve Matthew 2001). Kullanılan kaslardaki kan akımı istirahat düzeyine göre 15-20 kat artar, istirahatteki iskelet kası kapiller eritrosit akış hızları ortalama 0.2 mm/sn olarak bildirilmişken egzersiz sırasında hızların bu değerlerin 10 katına çıktığı saptanmıştır (Neuhaus ve Gaetgens 1994). Total periferik direncin azalması kalbe dönen kan miktarını artırır. Periferik dirençteki düşmenin etkisine bağlı olarak meydana gelen hafif bir kan basıncı düşmesini algılayan baroreseptörler bu düşmeyi kompanse ederler. Baroreseptör reflekslerindeki bu değişikliklere bağlı olarak meydana gelen sempatik aktivite artışıyla miyokard kontraktilesinde artış görülür (Berne ve Matthew 2001).

Venöz dönüşün artması sağ atriuma gelen kan miktarının artışına yol açar. Kas kasılması sırasında venlerin daralmasıyla venöz depo hacminin küçülmesi, venöz göllenmenin azalması venöz dönüşü artırır. Venöz dönüş artışının diğer nedenleri; kas ve toraks pompalarının aktivitesinde büyük artış; kanın iç organlardan dolaşıma çekilmesi ve verilerdeki kan hacminin azalmasıyla noradrenerjik yolla sağlanan vazokonstriksiyondur (Berne ve Matthew 2001). Dolayısıyla venöz dönüşün artması sağ atriuma dönen kanı arttırarak kalp kası liflerini gerer ve kalbin atım hacmini artırır. Maksimal veya maksimale yakın egzersizde sağ atrial basınç ve diastol sonu ventriküler hacim artar. Şiddetli egzersizde Frank-Starling mekanizması artmış atım hacmine katkıda bulunur. Frank-Starling yasası gereğince kasın sarkomer boyundaki uzamayla miyokard kontraktilesinde artış meydana getirir (Fox vd 1988, McArdle ve William 1991). Bütün bu etkilerin ortak sonucu olarak kalp debisinin artışı meydana gelir (Fox vd 1988, Berne ve Matthew 2001).

Orta şiddette egzersiz sırasında, fiziksel aktivitenin düşünülmesi kalpte vagal sinir impulslarını inhibe eder ve sempatik deşarjları artırır (Berne ve Matthew 2001). Kalp üzerine medullanın sempatik ve parasempatik alanlarının etkilerinin ortak inhibisyonu nabız ve miyokardial kontraktilitede artışa neden olur. Bunun yanında arteriyel basınç da artar.

Tüketici egzersizde ise kompensatuar mekanizmalar yeterli olmamaya başlar. Nabız dakikada yaklaşık 180 atım gibi maksimum bir düzeye gelir ve atım hacmi bir platoya ulaşır (Berne ve Matthew 2001). Egzersizin devamı halinde azalır ve kan basıncında bir düşmeyle sonuçlanır. Dehidratasyon meydana gelir. Doku ve kan pH'sı, CO₂ üretimi ve artmış laktik asit sonucu azalır. Kan ve doku pH değışiklikleri bireyin gerçekleştirdiği egzersizin maksimal düzeyini belirler (Fox vd 1988, McArdle ve William 1991).

Egzersiz bitimini takiben kalbin sempatik aktivitesi sona erer, nabız ve kalp debisi azalır. Periferik sempatik aktivite de azalır, arteriyel basınç düşer. Bu hipotansiyon kısa sürelidir ve baroreseptör refleksi kan basıncını normal değerlere getirir (Berne ve Matthew 2001). Fiziksel egzersiz sonrası meydana gelen dehidratasyonla plazma hacminde bir azalma ve hematokrit değeriinde artış meydana gelir.

Fiziksel egzersiz sonucu plazma hacmindeki düşme, hem yoğun terleme ile su kayıpları, hem de intravasküler boşluktan ekstravasküler alana sıvı kayması sonucu meydana gelir. Bu sıvı kayması egzersizin başlamasıyla ortaya çıkar ve egzersizin yoğunluğu ile orantılı değışiklikler gösterir. Bu fenomen, kas dokusundaki osmotik basıncın ve damarlardaki hidrostatik basıncın artışının ortak sonucudur.

2.6. EGZERSİZ VE HEMOREOLOJİ

2.6.1. Egzersizde eritrosit yapısal ve fonksiyonel değışimleri

2.6.1.1. Egzersiz sonrası eritrosit morfolojisinde değışimler

Reinhart ve arkadaşları (1993), uzun egzersiz protokollerinden sonra eritrosit yapısında bir takım değışikliklerin olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda 100 km koşu sonrasında sporcuların kanında anizositozis (hücre eşitsizliği) derecesinin arttığı

bulunmuştur. 100 km koşu sonrası sporcuların %71'inde anizositozis, poikilositozis gibi morfolojik değişiklikler saptanmıştır. Bu değişiklikler eritrositlerde hemoliz olasılığını arttırmakta, eritrosit deformabilitesinde azalmaya sebep olmaktadır. Eritrosit biçim değişiklikleri ile ortalama hücre çapında önemli azalmalar gözlenmiştir. Bu değişiklikler yarıştan 18 saat sonra tamamen geri dönmüştür. Robertson ve arkadaşları (1998) eritrosit fragilitesinde maratondan sonra önemli artma olduğunu bildirmişlerdir. Bu değişimin yarıştan 72 saat sonra bile sürdüğü tespit edilmiştir.

2.6.1.2. Ozmotik değişiklikler

Egzersiz sırasında kanda meydana gelen ozmotik değişiklikler egzersizin yoğunluğuna bağlıdır. Maksimum oksijen tüketiminin (V_{O_2} max) %75'ine kadar olan yüklenmelerde plazma suyunun ekstrasvasküler boşluğa hareketi ve terle kaybı, plazma hacminde küçük bir düşmeye neden olur (Wilkerson vd 1997). Bundan başka eritrosit içi potasyum konsantrasyonu %80 V_{O_2} max'ın altındaki yüklenme düzeylerinde değişmemiştir (Hepfel 1996).

Egzersiz sonrası plazma ozmolalitesindeki büyük değişimlerin, eritrosit yoğunluğunu etkileyebilmesine rağmen, normal bireylerde ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonunda azalma şeklinde küçük değişiklikler meydana getirir (Mairbaur vd 1998). Düzenli dayanıklılık antrenmanın yüksek yoğunluklu eritrosit yüzdesini azalttığı ve eritrosit kütlelerini etkilemeden hacmini arttırdığı bildirilmiştir (Gren vd 1991). Bu değişiklikler yaşlı hücrelerin uzaklaştırılmasının hızlanmasıyla da açıklanabilir.

Maksimum kapasitede yapılan egzersiz eritrosit osmotik özelliklerini etkiler (Beutler vd 1992). Smith ve arkadaşları laktat girişinin maksimal egzersizde eritrosit hacminin artışına sebep olduğunu; böylece laktat anyonunun yorgunlukta bir rolünün varlığını ve laktat birikiminin de eritrosit deformabilitesini bozduğunu göstermişlerdir (Başkurt 1994). Asidozis de eritrositlerin içine H^+ ve Cl^- iyonlarının hareketine sebep olur (Beaumont 1973).

2.6.2. Egzersizin kanın reolojik özelliklerine etkisi

2.6.2.1. Plazma fibrinojen konsantrasyonu ve plazma viskozitesi değişiklikleri

Fibrinojen plazma protein kapsamının yaklaşık %5.5'ini oluşturmasına rağmen plazma proteinlerinin en büyüğüdür. Non-Newtonien sıvı davranışından sorumlu olması ve sedimentasyon hızını arttırması yanında, plazma viskozitesi üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir (Lowe 1984). Sağlıklı bireylerde, akut ve düşük şiddetli egzersiz plazma viskozitesi ve fibrinojen konsantrasyonunu değiştirmemektedir (Brun vd 1998). Aynı egzersiz protokolünü uygulayan koroner kalp hastalarının sonuçları sağlıklı bireylerden farklıdır. Bu hastalarda egzersize bağlı olarak plazma viskozitesi ve fibrinojen düzeyinin arttığı bulunmuştur (Toth vd 1994).

Dayanıklılık antrenmanından sonra plazma viskozitesinin ve fibrinojen konsantrasyonunun da düştüğü tespit edilmiştir (Galea ve Davidson 1995). Martin ve arkadaşları 47 sedanter ve antrene sağlıklı kadında yaptıkları çalışmada kondüsyon seviyesi ile plazma fibrinojen konsantrasyonu arasında pozitif korelasyon olduğunu saptamışlardır (Martin vd 1995). Araştırmalara göre hem akut egzersizle hem de antreman ile meydana gelen değişimlerin kendi içinde çelişkili sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Bunların en önemli sebepleri; egzersiz programlarının yoğunluğu ve süresinin standardize edilmemesi, birbirinden farklı antreman protokolleri ve teknikleri kullanılmasıdır.

2.6.2.2. Egzersizde tam kan viskozitesi değişiklikleri

Egzersizin şiddeti ne olursa olsun, kanın reolojik özelliklerinde akut değişiklikleri indüklediği yolunda genel bir fikir birliği vardır. Hem maksimal hem de submaksimal egzersizin kan viskozitesini arttırdığı birçok çalışmada ortaya konmuştur (Vandewalle vd 1998, Covertino 1991).

Kan viskozitesinin plazma viskozitesi, hematokrit ve eritrositlerin reolojik davranışıyla yakından ilişkilidir. Kan viskozitesini belirleyen bu faktörlerin, egzersiz sırasında akut olarak değiştiği gösterilmiştir (Fellman 1992). Akut ve şiddetli bir egzersizde eritrosit yapısal parametreleri genellikle değişmezken, hem plazma

viskozitesinin hem de hematokritin artmış olduğu gösterilmiştir (Fellman 1992). Hematokrit değerindeki değişiklikler sıklıkla göz ardı edilmiştir. Çünkü bu değişiklikler kısa süreli olup, egzersizin sona ermesinden sonra hızla egzersiz öncesi değerlerine dönerler (Neuhaus ve Gaehtgens 1994, Fellman 1992).

Vücut sıvı kompartmanları arasındaki alışverişler, egzersiz ile ortaya çıkan hiperviskozitenin klasik açıklamasıdır (Fellman 1992, Muravyov vd 1993). *Hemokonsantrasyon* olarak tanımlanan bu tablo, vasküler yatakta eritrositlerin yeniden dağılımı, dolaşan eritrosit sayısını arttıran dalak kontraksiyonları, plazmanın olasılıkla lenfatik sistemden gelen bazı proteinlerden zenginleşmesi ve termoregülasyon için sıvının terle kaybı gibi mekanizmaları içerir (Brun vd 1994, Fellman 1992, Muravyov vd 1993).

2.6.2.3. Eritrosit agregasyonu ve deformabilite değişiklikleri

Ağır egzersiz protokollerinin çoğunda eritrosit deformabilitesinin bozulduğu saptanmıştır (Yang 1995, Yalçın vd 2000). Egzersiz sırasında eritrosit deformabilitesinin bozulmasına yol açan bazı mekanizmaların olduğu ileri sürülmüştür. Laktat birikimi de bu mekanizmalardan biridir. Egzersiz sırasında anaerobik glikolizle oluşan laktik asit kanda belli bir düzeye ulaşır ve eritrosit deformabilitesini bozar (Brun vd 1998). Eritrosit deformabilitesindeki bozulma laktatın eşik değer üzerindeki artışlarında daha belirgindir. Ancak düşük şiddetteki egzersiz sırasında ılımlı bir laktat artışı bile eritrosit deformabilitesinde kısa süreli, geçici bir azalmaya neden olmaktadır (Brun vd 1998).

Egzersiz sırasında lökositlerin filtrebilitesinde bir azalma saptanmıştır. Bu bulgu belirli düzeyde lökosit aktivasyonu olduğunu göstermektedir. Aktive olmuş nötrofillerin dolaşımında, eritrositlerin de dahil olduğu diğer faktörlerle de ilişkiye girdikleri ve onların fonksiyonlarını azalttığı gösterilmiştir (Woods vd 1999, Dale ve McCarthy 1998, Ernst 1991).

Egzersiz sırasında eritrosit agregabilitesinde (Gueguen-Duchesne vd 1997) ve disagregabilitesinde (Brun vd 1999) akut değişiklikler olmaktadır. Sporcularda eritrosit agregasyonu ile laktat birikimi arasında pozitif korelasyon olduğu

bulunmuştur. Eritrosit agregasyonu mikrodolaşım perfüzyonu için oldukça önemlidir. Eritrosit agregasyonunun belli oranlardaki artışı kaslarda aerobik metabolizmanın bozulmasına yol açmaktadır, bunun sonucu olarak da kan laktat düzeyinin arttığı tespit edilmiştir. Egzersizde ortaya çıkan eritrosit deformabilitesindeki azalma önlenmediği zaman maksimum aerobik kapasitenin arttığı gösterilmiştir (Brun vd 1999).

Eritrositlerde hipoksik koşullarda deformabilitenin bozulması pulmoner hemodinamik yanıtı arttırır. Hipoksik koşullarda pulmoner arter direncindeki artışın büyük oranda eritrosit deformabilitesinin bozulması sonucu olduğu gösterilmiştir (Doyle ve Walker 1990). Tong ve arkadaşları maksimal egzersiz sırasında eritrosit deformabilitesindeki azalmanın şiddetlenebileceğini ve böylece kötü bir kısır döngü oluşacağını savunmaktadır. Deformabilitedeki bu azalma laktik asidoz, mikrodolaşım bozukluğu ve dokulara oksijen transferinin azaltılması yoluyla ortaya çıkmaktadır (Tong vd 1995).

Bunlara rağmen hematokrit, eritrosit deformabilitesi ve plazma viskozitesindeki değişikliklerinin birçok egzersiz çeşidi sırasında görülen ve tek başlarına herhangi bir risk oluşturmayan fizyolojik adaptasyon mekanizmaları olduğunu savunan bir grup vardır (Gueguen-Duchesne vd 1997). Bu grup vazodilatasyonun bahsedilen değişikliklerin kolayca üstesinden gelebileceğini savunmaktadır. Maksimal ve tüketici iş yüklerinde ortaya çıkan risklerin geniş kas harabiyeti, pıhtılaşma ile ilgili değişiklikler ve lökosit aktivasyonu gibi diğer faktörlerle ilişkili olabileceğini ileri sürmektedirler (Gueguen-Duchesne vd 1997).

Ernst ve arkadaşları 14 birinci lig futbol oyuncusu ile yaptığı çalışmada sporcuların plazma viskozitesinin sedanterlere göre daha düşük olduğunu bulmuştur, bu da sporcularda otohemodilüsyona yol açmaktadır (Ernst 1997). Otohemodilüsyon, hematokritin düştüğünü gösterir, bu da antrene bireylerde hematokrit ve formda olma arasındaki negatif korelasyonu açıklamaktadır. Pek çok sporcuda hematokritte gözlenen düşüş sporcunun anemisinin bir göstergesi olmaktan çok bir formda olma işaretidir.

Antrenman sırasında eritrosit agregasyonu ve deformabilitesindeki değişikliklerle ilgili bulgular birbiriyle çelişmektedir. Bazı çalışmalarda her iki

parametrede azalma olduğu (Ernst vd 1991), diğerlerinde ise önemli bir değişiklik olmadığı (Neuhaus vd 1992) bildirilmiştir.

2.6.3. Egzersizin kana akut etkisi

Egzersiz esnasında bir kısım sıvı damarları terk ederek dokular arasına çıkar. Bu durumda kanda eritrosit, hemoglobin ve plazma proteinleri yoğunluğu artar bir hemokonsantrasyon husule gelir. Hafif egzersizlerde böyle bir değişiklik, muhtemelen postüral değişikliğin (yatay durumdan ayakta duruşa geçildiğinde veya uzun süre ayakta durulduğunda alt ekstremite damarlarının basıncının yükselmesine bağlı olarak bir miktar sıvı damarları terk ederek dokular arasına çıkar) meydana getirdiği hemokonsantrasyondan pek farklı değildir. Fakat şiddetli egzersizlerde sıvı çıkışı belirgin bir şekilde artar. Bu çıkışın başlıca nedeni egzersizde kan basıncının, bilhassa sistolik kan basıncının artması ve böylece kılcal kan damarların artiyel tarafından dokular arasına sıvı filtrasyonunun çoğalmasıdır. Bir diğer neden de egzersizde artan metabolizma sonucu dokular arası sıvıda metabolizma ürünlerinin artması ve bunun da bu sıvıda ozmatik basıncı arttırması ve böylece suyun dokular arasına çekilmesi ve tutulmasıdır. Egzersiz süresi arttığı takdirde organizmada kompanse edici mekanizmalar harekete geçerek damar dışına çıkan sıvı tekrar damar içine döner (Akgün 1994).

Akut egzersizin başında damar içinden dokular arasına sıvı kaybı sonucu alyuvarların kanda yoğunluğu artar. Fakat egzersiz uzadıkça dokular arasından damarın içine sıvının geriye dönüşü sonucu kandaki yoğunluğu gene normal düzeyine döner. Şiddetli egzersizler damarlarda laminar olan kan akımını türbülans (girdaplı) bir akım haline çevirmesi ve iskelet kasının kasıldığı zaman içinden geçen damarlara baskı yapması nedeni ile bir kısım eritrositlerde harabiyete sebep olabilir. Özellikle bu durum uzun zamandan beri hareketsiz yaşayan biri, birden şiddetli egzersiz yapmaya başladığında görülür (Ferry 2001).

Gerek kısa süreli, gerek uzun süreli egzersizlerde kanda akyuvarlarda sürekli bir artmaya neden olur. Akyuvar adedi normalde 1 mm³ kanda 4000-8000 arasında iken 35.000' e kadar yükselir. Bunun nedeni, egzersizde kan akımının artması ile damar duvarlarına yapışmış gibi olan lökositleri akımın önüne almasıdır (Oscai ve Willams 2002). Akut kanda glukagon, kortisol artar. Bazılarına göre akut egzersizlerde periferik

kanda meydana gelen akyuvar değişikliklerinde bu hormonal değişikliklerde rol oynar. Egzersizde kişiyi baskılayan stres ne kadar fazla ise, mm₃ kandaki akyuvar sayısında artma o kadar fazla olur (Guyton 2001).

Şiddetli bir egzersizden sonra istirahat durumuna göre trombosit sayısında bir artış meydana gelir. Egzersiz, antrenman yapan kişilerde, antrenman yapmayanlara oranla trombositleri daha az arttırır. Özbal (1999) haftanın 3 günü, günde 2 saat futbol oynayan ve sedanter (günlük fiziksel aktivite yapan) bireylerde yaptığı çalışmada kontrol grubunda (sedanter) % 26 lık bir trombosit artışı bulurken, denek grubunda (futbol oynayan) % 14' lük bir artış bulmuştur.

Kısa süreli egzersizlerde artan lenfositlerdir (B. lenfosit, T. lenfosit, monosit). Fakat egzersiz uzadıkça (dayanıklılık sporlarında olduğu gibi) nötrofiller artar, lenfositlerde artma minimal derecede kendisini gösterir. Bugüne kadar yapılan çalışmalara göre tutarlı bilgiler bulunmamasına rağmen egzersizde nötrofil fonksiyonu değişiklikleri genellikle yoğunluğa bağlıdır (Woods vd 1999). Orta şiddetli egzersizde nötrofil fonksiyonu artmasına rağmen maksimal egzersizde bu cevap baskılanmaktadır (Woods vd 1999).

Atletlerle sedanter bireylerin karşılaştırılması sonucunda nötrofil fonksiyonlarında azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Atletlerin daha az aktif bireylere göre belli enfeksiyonlara karşı daha hassas oldukları gösterilmiştir (Woods vd 1999). Bununla beraber immün sistemin kompleksliğinden dolayı, özellikle insan çalışmalarında nötrofil fonksiyonu ve enfeksiyon sıklığındaki değişiklikler arasında direk bir “neden ve etki” ilişkisi kurmak mevcut bilgilerle imkansız görünmektedir.

Akut egzersiz nötrofil sayısında artışın da dahil olduğu oldukça büyük boyutta bir lökositoz meydana getirir. Yoğun ve uzun süreli bir egzersiz sırasında ve egzersizden sonra nötrofil artmaktadır. Bunun nedeni de büyük olasılıkla katekolaminlerin ve hemodinaminin değişmesidir (Wiik vd 1996). Nötrofilinin büyüklüğü egzersiz yoğunluğuna ve süresine bağlıdır (Dale ve McCarthy 1998). Orta şiddetli egzersizin aksine maksimal egzersizdeki cevaplar birbiriyle daha tutarlıdır. Nötrofil fonksiyonunun maksimal egzersiz sonucu önemli olarak düştüğü bulunmuştur (Gren vd 1991).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Grubu

Araştırmaya Denizli Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu'nda okuyan, profesyonel futbol oynayan, sigara içmeyen, erkek yaş ortalamaları $x = 22.88 \pm 2.42$ yıl, antrenman yaş ortalamaları $x = 9.55 \pm 2.00$ yıl, boy ortalamaları $x = 177.00 \pm 7.61$ cm ve vücut ağırlıkları ortalamaları $x = 73.55 \pm 6.00$ kg olan 9 sporcu gönüllü olarak katılmıştır.

Tablo 1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

n = 9	Ortalama (\bar{x})	SS (\pm)
Yaş (yıl)	22.88	2.42
Antrenman yaşı (yıl)	9.55	2.00
Boy (cm)	177.00	7.61
VA (kg)	73.55	6.00

3.2. Veri Toplama Araçları

Veri toplama sırasında kullanılan araçlar şunlardır:

Antropometrik Ölçümler: Teste katılan deneklerin vücut ağırlıkları, boy uzunlukları ve vücut yağ yüzde değerleri, Sport Expert Professional Sport Technologies (Gerfan, İtaly) ile ölçülmüştür.

İstirahat Kalp Atım Sayısının Ölçümü: Deneklerin kalp atım hızları, Sport Tester Heart Rate Monitor (Polar Accurex Plus Tm Hrm, Fin-90440 Kempele, Finland) kullanılarak ölçülmüştür.

Kan Basıncı Ölçümü: Deneklerin diastolik ve sistolik kan basınçları Microlife marka, hata payı % 2-5 olan dijital tansiyon aleti kullanılarak ölçülmüştür.

Tam Kan Sayımı Ölçümleri: Deneklerin tam kan sayımı ölçümleri için, Coulter LH 750 Analyzer Beckman Coulter elektronik hematoloji analizörü kullanılmıştır.

Hemoreolojik Parametre Ölçümleri: Hemoreolojik parametrelerin (eritrosit deformabilitesi, eritrosit agregasyonu) ölçümleri için, Ektasitometre (LORCA Laser Assisted Optical Rotational Cell Analyzer) kullanılmıştır.

Aerobik Güç (VO₂ max) Ölçümü: Mekik koşu testi uygulaması için, Prosport Tmr Esc 1500 Conconi & Shuttle Run Tests Timer (Tümer Mühendislik, Ankara) ve Prosport mekik göstergesi kullanılmıştır. Deneklerin koştukları mekik sayısına göre Aerobik güç değerleri, VO₂ max tahmin tablosundan belirlenmiştir.

3.3. Verilerin Toplanması

Denekler sıra ile farklı yerlerde hazırlanan istasyonlarda teste alınmıştır. Antropometrik ölçümlerde; boy uzunluğu denek anatomik duruşta iken inspirasyon aşamasında, baş frontal düzlemde ve baş üstü tablası verteks noktasına degecek şekilde yerleştirilerek ölçüm cm cinsinden alınmıştır. Vücut ağırlığı, denek spor kıyafetiyle ve ayakkabısız olarak baskül üzerinde anatomik duruşta iken kg. cinsinden alınmıştır. Aynı ölçümde göstergedeki vücut yağ yüzdeleri (%) kaydedilmiştir.

Deneklerin dinlenik kalp atım sayıları, egzersize başlamadan önce oturur pozisyonda, egzersiz sonrası kalp atım sayıları testin bitiminde ve testten 3 dk sonra kalp atım hızları polar monitörden okunarak kaydedilmiştir. Deneklerin sistolik ve diastolik kan basınçları oturur pozisyonda, elektronik tansiyon aleti ile ölçülmüş, değerler kaydedilmiştir.

Deneklerden egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersiz bitiminden 24 saat sonra olmak üzere her bir ölçümde yaklaşık 6 ml kan alınmıştır. Tam kan sayımı ölçümleri, biyokimya laboratuvarında, alınan kan örneklerinden hematokrit (Htc), hemoglobin (Hgb), eritrosit sayısı (RBC), ortalama hemoglobin (MCH), ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC), lökosit sayısı (WBC) ile granülösit, lenfosit ve diğer beyaz küre oranları elektronik hematoloji analizörü (Coulter LH 750 Analyzer Beckman Coulter, Germany) kullanılarak saptanmıştır.

Hemoreolojik parametreler ise (eritrosit deformabilitesi, eritrosit agregasyonu) Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi fizyoloji laboratuvarında ölçülmüştür. Eritrosit deformabilitesi, bir ektasitometre (LORCA Laser Assisted Optical Rotational Cell Analyzer) kullanılarak, çeşitli sıvı kayma kuvvetlerinde lazer difraksiyon analizi ile değerlendirilmiştir (Hardeman ve ark.1994). Eritrositler PBS içinde hazırlanmış, 0.14 M polyvinyl pyralidone (PVP 360; Sigma Chemical Co, St. Louis, MO, USA) çözeltisi içinde yaklaşık 1/200 dilüsyonda süspansiyon haline getirilmiştir. Bu süspansiyonun yaklaşık bir mililitresi aralarında 0.3 mm boşluk kalacak şekilde birbirine uyan iki cam silindirden oluşan bir viskometre sistemine yerleştirilmiştir. İki cam silindirin arasındaki boşluğa doldurulan süspansiyon, dıştaki cam silindirin sistemi kontrol eden bilgisayar tarafından, uygun kayma kuvvetlerini oluşturmak üzere hesaplanan bir hızda döndürülmesiyle, bu kuvvetlerin etkisinde bırakılmıştır. Belirlenen aralıktaki kayma kuvvetlerini oluşturacak dönme hızları bilgisayar tarafından PBS-PVP çözeltisinin viskozitesi de dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu sırada sabit silindirin içinde yer alan bir lazer kaynağından çıkan ışın, eritrosit süspansiyonuna ulaşır ve sonra bir ekran üzerine yansıyan difraksiyon paterni, süspansiyondaki eritrositlerin şeklini ve dönme hareketinin yarattığı akıma orientasyonlarını yansıtır. Artan kayma kuvvetlerine paralel olarak, dairesel bir formdan elipsoid dönüşümün derecesi ile eritrositlerin şekil değiştirme yetenekleri (deformabilite) arasında doğru orantı vardır. Elipsoid difraksiyon paterninin uzun (A) ve kısa eksenlerinin (B) uzunluklarının bilgisayar tarafından saptanması " $EI=A-B/A+B$ " şeklinde bir "elongasyon indeksi" nin hesaplanmasına olanak tanır. Bu çalışmada elongasyon indeksleri (EI) 0.5-15 Pascal (Pa) kayma kuvveti aralığında ölçülmüş ve ölçümler 37 °C de yapılmıştır.

Eritrosit agregasyonu, agregasyon için standart bir süspansiyon ortamı kullanılan %1'lik Dextran 500 (MW: 500kD; Sigma Chemical Co, St. Louis, MO, USA) içinde, 37 °C sıcaklıkta ölçülmüştür (Başkurt vd 2000).

Deneklerin Aerobik güçleri "Mekik Koşu Testi" ile belirlenmiştir. Denekler, 20 m'lik mesafede gidiş-dönüş şeklinde 8 km.h⁻¹ başlangıç olmak üzere, koşu hızı her dk' da 1 km.h⁻¹ arttırılarak koşmuş ve koşu hızı belli aralıklarla sinyal veren zaman ayarlayıcı tarafından belirlenmiştir. Deneklere koşu ile ilgili kurallar anlatılmış ve deneklerin koştukları mekik sayısına göre Aerobik güç değeri, VO₂ max tahmin tablosundan belirlenmiştir (Tamer 2000).

3.4. Verilerin Analizi

Elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistiksel değerleri hesaplandıktan sonra ölçümler arasındaki farklılıklara, bağımlı gruplarda Non-parametrik test olan Friedman Varyans Analizi, Bonferroni düzeltmeli Wilcoxon Eşleştirimş İki Örnek Testi ile bakılmış ve yanılma düzeyi 0.05 olarak kullanılmıştır.

Sonuçlar Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilimdalı bilgi işlem ünitesinde SPSS (Version 13.0) paket programında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde elde edilen bulgular denence sırasına göre verilmiştir. Yaşları 19 ile 27 arasında değişen, sağlıklı ve profesyonel futbol oynayan 9 erkek birey çalışmaya katılmıştır. Yapılan ölçümler ve testler sonucu deneklerin her bir değişkene ait elde edilen veriler Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deneklerin Ölçülen Değişkenlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler	\bar{x}	SS	Min	Max
Yaş (yıl)	22.88	2.42	19.00	27.00
Antrenman Yaşı (yıl)	9.55	2.00	7.00	13.00
Dinlenik KAH (Atım/dk)	76.66	13.03	60.00	104.00
Egz.Son.KAH (Atım/dk)	176.11	26.93	135.00	210.00
3 dk .sonra KAH (Atım/dk)	122.66	18.27	96.00	144.00
Sistolik kan basıncı (mm.hg)	123.33	7.90	110.00	135.00
Diastolik kan basıncı (mm.hg)	72.22	10.34	55.00	90.00
Boy (cm)	177.00	7.61	167.00	190.00
Vücut Ağırlığı (kg)	73.55	6.00	64.00	80.00
VYY (%)	24.33	1.01	22.80	26.20
Mekik Sayısı	113.00	9.92	102.00	135.00
VO ₂ max. (ml/kg/dk)	53.47	0.30	53.10	53.90

4.1. Hemoreolojik parametreler

Deneklerin egzersiz öncesi alınan kan örneklerinden ölçülen parametreler kontrol değeri olarak kullanılmıştır. Kan analizi sonucu uygulanan farklı Shear Stres (Pa)

kayma kuvvetlerinden elde edilen Elongasyon İndekslerinde, tüm deneklerin egzersiz sonrası değerleri egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Deneklerin alınan kan örnekleri sonucu ölçülen fizyolojik parametrelerinden, eritrosit deformabilitesine ait kayma kuvvetlerine (Shear Stress) göre çıkan Elongasyon indekslerinin istatistiksel karşılaştırılması Tablo 3’de gösterilmiştir.

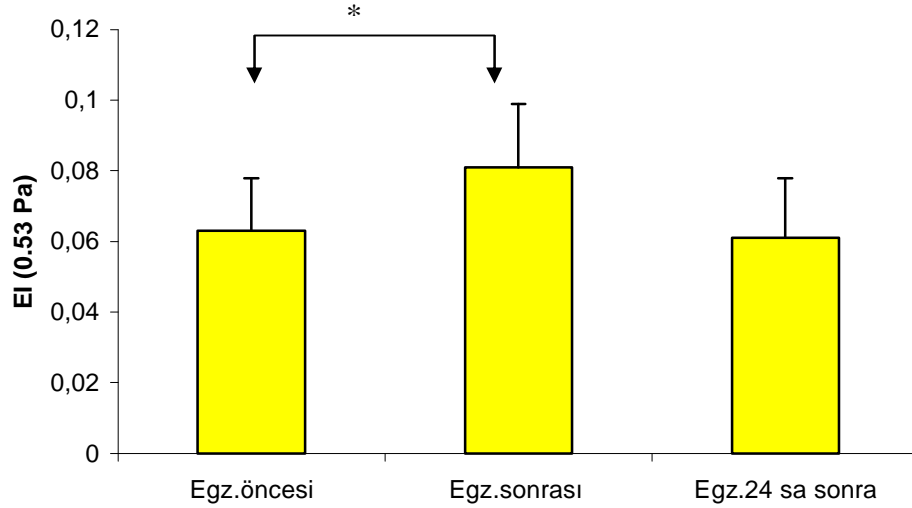
Tablo 3. Eritrosit deformabilitesine ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon indeks değerleri

Değişkenler	Egz. Öncesi EI		Egz. Sonrası EI		Egz. 24 sa Sonra EI		P değerleri
	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	
0.30	0.035	0.018	0.038	0.011	0.036	0.015	0.097
0.53	0.063	0.015	0.081	0.018	0.061	0.017	0.016*
0.95	0.144	0.019	0.166	0.021	0.142	0.026	0.013*
1.69	0.248	0.017	0.268	0.024	0.244	0.030	0.013*
3.00	0.354	0.016	0.373	0.032	0.350	0.030	0.032*
5.33	0.446	0,015	0.461	0.039	0.442	0.028	0.032*
9.49	0,521	0,012	0,521	0,042	0,526	0,021	0.097
16.87	0,58	0,014	0,573	0,039	0,581	0,016	0.368
30.00	0,622	0,009	0,611	0,038	0,618	0,013	0.690

* $p < 0.05$

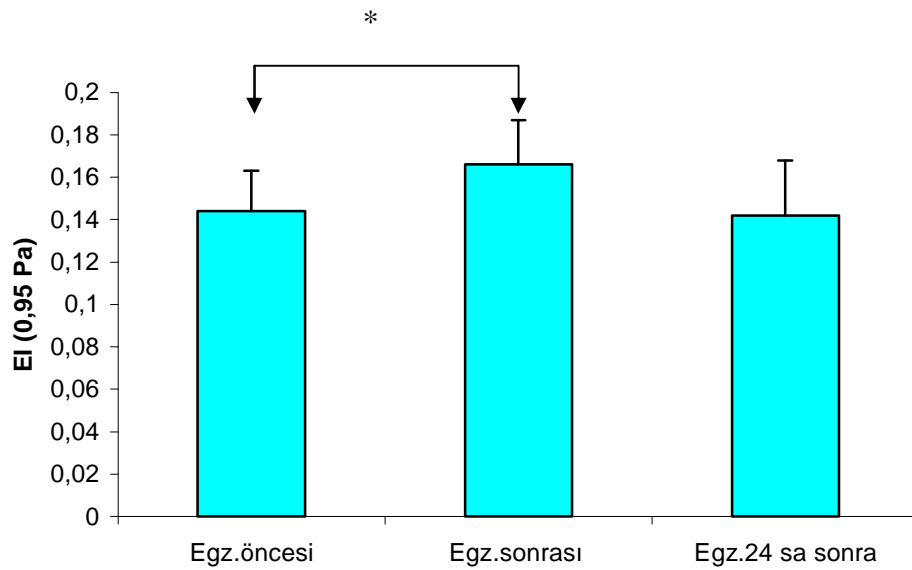
Deneklerin eritrosit deformabilitesine ait kayma kuvvetlerinden (Shear Stress) 0.53, 0.95, 1.69, 3.00, 5.33 göre çıkan Elongasyon indeks değerlerinde 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Yapılan analiz sonucu anlamlı bulunan bu farklarda, hücrelerin belli kuvvetlerin etkisi altında şeklini tersinir olarak değiştirebilme özellikleri, kontrol değeri olarak kabul edilen egzersiz öncesi ölçüm sonuçları ile kıyaslandığında uygulanan akut egzersizden sonra artmıştır. Egzersizden 24 saat sonra eritrositlerin deformabilitesi düşüş göstermiştir.

Grafik 1: Her deneğin 0.53 Pascal kayma kuvvetinde egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon İndeks görünümü



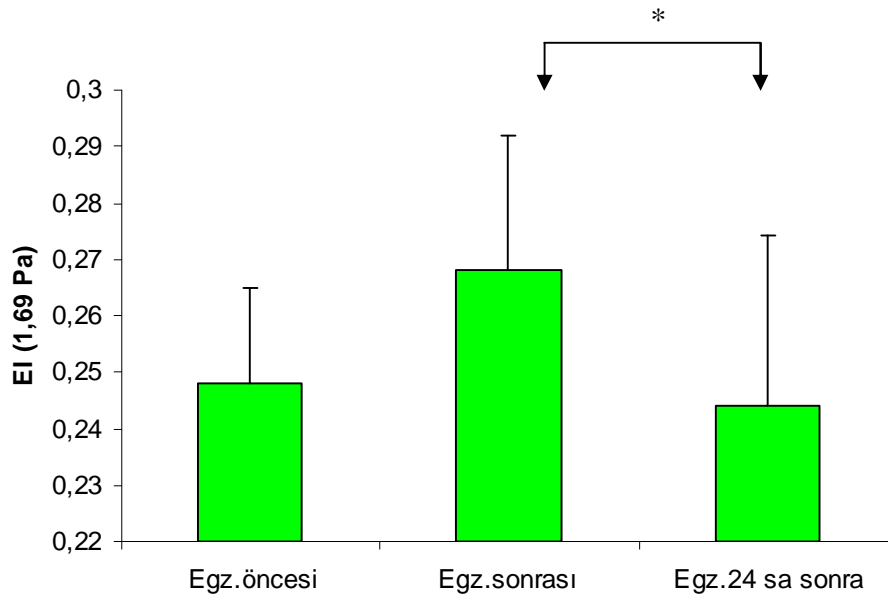
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin 0.53 kayma kuvvetinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası elde edilen Elongasyon İndeks değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.016$). Egzersiz öncesi değerlerine göre egzersiz sonrasında eritrositlerin deformabilitesinde artış olmuştur.

Grafik 2: Her deneğin 0.95 Pascal kayma kuvvetinde egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon İndeks görünümü



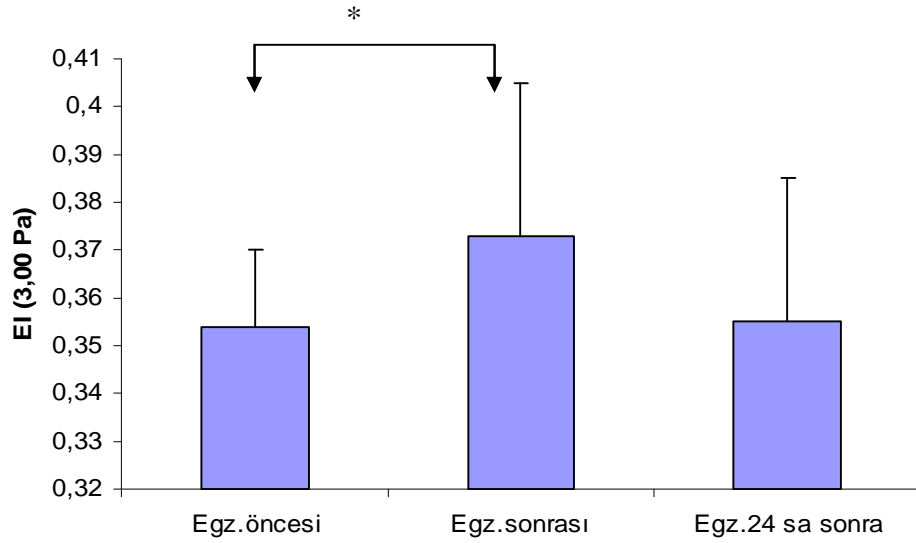
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin 0.95 kayma kuvvetinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası elde edilen Elongasyon İndeks değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.013$).

Grafik 3: Her deneğin 1.69 Pascal kayma kuvvetinde egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon İndeks görünümü



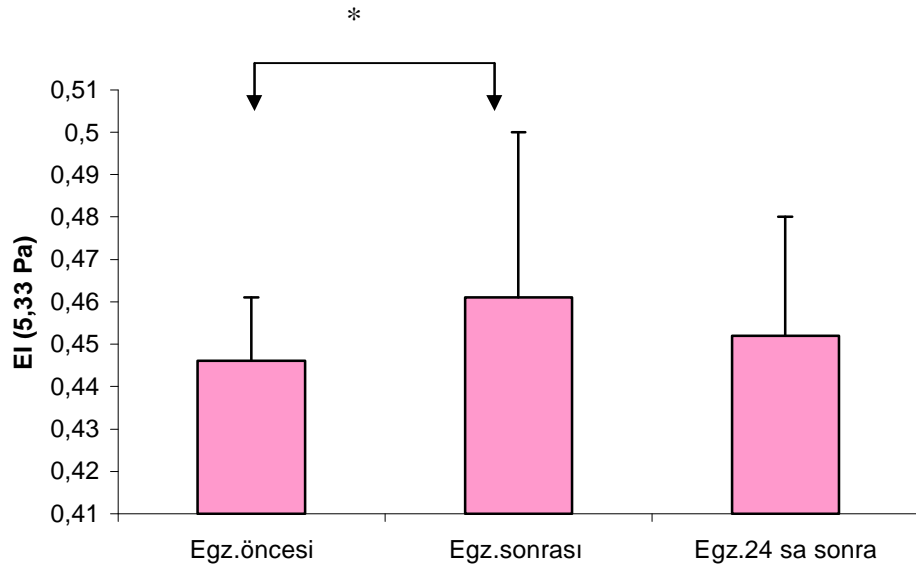
Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin 1.69 kayma kuvvetinde egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra alınan kan örneklerinden elde edilen Elongasyon İndeks değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.013$).

Grafik 4: Her deneğin 3.00 Pascal kayma kuvvetinde egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon İndeks görünümü



Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin 3.00 kayma kuvvetinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrasında elde edilen Elongasyon İndeks değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.032$).

Grafik 5: Her deneğin 5.33 Pascal kayma kuvvetinde egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen Elongasyon İndeks görünümü



Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin 5.33 kayma kuvvetinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrasında elde edilen Elongasyon İndeks değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.032$).

Kan analizi sonucu deneklerin eritrosit agregasyon parametreleri içerisinde bakılan Amp, AI (Agregasyon İndeksi), $t \frac{1}{2}$ (Agregasyon süresi) ve γ at disc min (Agregasyon eğilimi) değerlerinde, tüm deneklerin egzersiz sonrası değerleri egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Deneklerin alınan kan örnekleri sonucu ölçülen fizyolojik parametrelerinden, eritrosit agregasyonuna ait elde edilen değerlerin istatistiksel karşılaştırılması Tablo 4'te gösterilmiştir.

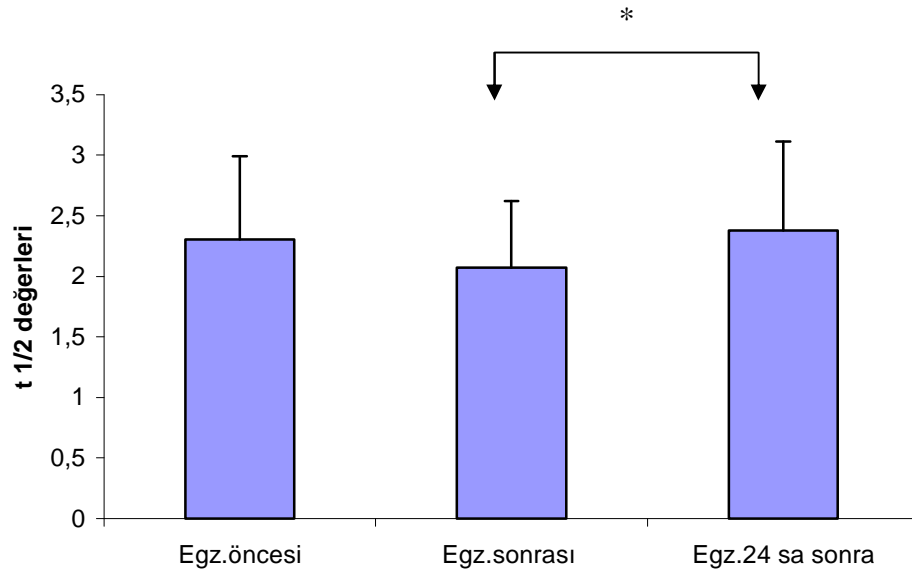
Tablo 4. Deneklerin ölçülen eritrosit agregasyon parametrelerine ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen değerleri

Değişkenler	Egz. Öncesi		Egz. Sonrası		Egz. 24 sa sonra		P değerleri
	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	
Amp (au)	20.495	5.286	20.867	3.051	22.685	2.608	0.236
AI (%)	62.701	6.076	64.773	5.276	62.11	6.188	0.097
$t \frac{1}{2}$ (s)	2.303	0.689	2.07	0.551	2.377	0.735	0.018*
γ at disc min (s)	182.77	233.27	166.66	239.83	89.444	25.303	0.058

* $p < 0.05$

Deneklerin eritrosit agregasyonuna ait bakılan parametrelerinde, yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin eritrosit agregasyonuna ilişkin egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen $t \frac{1}{2}$ değerleri arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.018$).

Grafik 6: Her deneğin egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen $t_{1/2}$ görünümü



Deneklerin eritrosit agregasyonuna ait bakılan parametrelerinde, egzersiz sonrası artan agregasyon indeksine karşılık eritrositlerin kümelenmesi için geçen sürede düşüş gözlenmiştir.

4.2. Hematolojik parametreler

Deneklerin alınan kan örnekleri sonucu ölçülen hemogram (tam kan sayımı) parametrelerinden elde edilen değerlerin, istatistiksel karşılaştırılması Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Deneklerin tam kan sayımlarına ait egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra elde edilen hemogram değerleri

Tam Kan Sayım Parametreleri	Egz. Öncesi		Egz. Sonrası		Egz. 24 sa sonra		P değerleri
	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	\bar{x}	SS	
WBC	8,33	2,79	13,48	4,18	7,50	1,77	0.001*
NE %	67,11	7,85	69,2	8,83	62,27	9,12	0.004*
LY %	24,41	7,79	32,38	8,82	27,54	7,03	0.005*
MO %	6,04	1,86	6,32	1,94	7,38	2,52	0.062
EO %	1,77	2,06	1,86	1,5	2,16	1,94	0.023*
BA %	0,65	0,48	0,62	0,31	0,62	0,29	0.882
NE	5,76	2,75	8,25	3,94	4,73	1,65	0.000*
LY	1,86	0,38	4,10	0,79	1,96	0,40	0.001*
MO	0,48	1,18	0,82	0,27	0,53	0,14	0.001*
EO	0,14	0,17	0,22	0,21	0,14	0,15	0.016*
BA	0,02	0,04	0,07	0,04	0,03	0,05	0.015*
RBC	5,16	0,29	5,32	0,32	5,10	0,27	0.006*
HGB	15,78	0,79	16,27	0,89	15,52	0,66	0.008*
HCT	46,07	2,34	48,10	2,54	45,48	1,89	0.003*
MCV	89,1	2,98	89,97	2,98	89,46	3,08	0.001*
MCH	30,54	0,99	30,43	1,01	30,10	0,89	0.391
MCHC	34,21	0,32	35,83	0,32	33,13	0,54	0.026*
RDW	13,21	0,57	13,22	0,4	13,24	0,49	0.666
PLT	254	42,29	306,22	30,03	254,77	41,21	0.001*
MPV	8,86	0,91	9,13	0,95	8,71	1,02	0.061

* p<0.05

Deneklerin ölçülen tam kan sayımı parametrelerinden; WBC, NE %, LY%, EO%, NE, LY, MO, EO, BA, RBC, HGB, HCT, MCV, MCHC, PLT, MPV değerlerinde 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin egzersiz sonrası ve egzersiz öncesi arasında hematokrit değeri ($p=0.003$), kan hemoglobin konsantrasyonu ($p=0.008$) ve eritrosit sayısında ($p=0.006$) 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Yüklenmenin sonunda bu üç parametrede önemli bir artış görülmüştür. Egzersizden 24 saat sonra bu değerlerin, dinlenik değerlerine göre düştüğü görülmüştür ($p<0.05$). Esas olarak eritrosit sayısındaki azalma ile bu değişiklikler kendini göstermiştir.

Ortalama hemoglobin hacminde egzersiz sonrasında önemli bir değişiklik gözükmezken, ortalama hemoglobin konsantrasyonunda egzersiz sonrası ve egzersiz öncesi arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p=0.026$).

12- 15 dk süren egzersiz yüklenmesini izleyen dönemde gerek toplam lökosit sayılarında, gerekse bu popülasyonda yer alan hücre türlerinin yüzdelerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Deneklerin lökosit değerlerinde (WBC) egzersiz sonrası ve egzersiz öncesi ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.001$). Egzersiz sonunda çıkan değerler, kontrol grubu olarak alınan egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır. Egzersizden 24 saat sonra, artan bu lökosit değerleri normale dönmüştür.

Deneklerin NE %, yani yüzde nötrofil değerlerinde egzersiz sonrası ve egzersiz öncesi arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.004$). Egzersiz sonunda çıkan değerler, kontrol grubu olarak alınan egzersiz öncesi değerlerinden düşük çıkmıştır. Egzersizden 24 saat sonra, düşen bu % nötrofil değerleri tekrar artmıştır. Toplam nötrofil (NE) değerlerinde ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p = 0.000$).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deneklerin LY %, yani yüzde lenfosit değerlerinde egzersiz sonrası ve egzersiz öncesi arasında 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p = 0.004$). Egzersiz sonunda çıkan değerler, kontrol grubu olarak alınan egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır. Toplam lenfosit (LY) değerlerinde ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p = 0.001$).

Deneklerin toplam monosit (MO) değerlerinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra anlamlı farklılık çıkmıştır ($p = 0.001$). Toplam eozinofil (EO) değerlerinde egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası farklılık çıkarken ($p = 0.016$), yüzde değerlerinde (EO %) ise egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p = 0.023$). Total bazofil sayılarında ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası arasında 0.05 düzeyinde anlamlı farklılık çıkmıştır ($p = 0.015$).

Deneklerin trombosit değerlerinde ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p = 0.001$).

5. TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı, mekik koşu testinin hemoreolojik parametreler üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmada, akut bir egzersiz öncesinde, egzersiz sonrasında ve egzersizden 24 saat sonra yapılan ölçümlerle, deneklerde hemoreolojik parametreler üzerindeki değişikliklerin mekanizmaları araştırılmıştır. Egzersizle oluşan hemoreolojik değişikliklerin neler olduğu literatürde ayrıntılı şekilde belirtilmesine rağmen, değişikliklerin kaynağı ve egzersizden sonra hangi dönemlerde ortaya çıktığı ve bu değişikliklerin seyrinin ortaya konmamış olması bu konuda yeni araştırmalar yapılmasını gerektirmiştir (Ernest vd 1991). Bu bağlamda elde edilen bulguların istatistiksel inceleme sonuçları, denence sırasına göre tartışılmış ve yorumlanmıştır.

Scot (1996) futbolcularda yaptığı çalışmada dinlenik KAH değerini 70 ± 10.02 atım/dk., egzersiz sonrası 169.13 ± 18.56 ve toparlanma kalp atım hızı değerini 115.02 ± 15.03 olarak belirtirken, Vaccaro' nun (1998) yaptığı çalışmada, dinlenik KAH değerlerini 75 ± 11.32 atım/dk., egzersiz sonrası 168.10 ± 15.75 ve toparlanma kalp atım hızı değerini 109.42 ± 10.11 olarak belirtmiştir. Deneklerin dinlenik KAH değerleri literatürde belirtilen değerlerle paralellik göstermiştir. Kalıtım veya antrenman sonucu yüksek oksijen taşıma kapasitesine sahip bir kişi, büyük bir atım volümü, yavaş kalp atım sayısı ve erken toparlanma ile karakterize olur. Düşük dinlenik kalp atım hızı, kalp hastalıklarının olmadığı durumlarda yüksek aerobik gücün bir göstergesi olabilir (Guyton 2001).

Morgans ve Ark. (1984) Amerikalı ve yaş ortalaması 24 ± 1.12 olan 10 tane futbolcu ile yaptığı çalışmada; dinlenik KAH 68 ± 11 atım/dk., diastolik kan basıncını 76 ± 13 mmHg ve sistolik kan basıncını ise 125 ± 9.25 mmHg bulmuşlardır. Bu çalışmadan elde edilen kan basıncı sonuçları ile kıyaslandığında, deneklerin değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.

Boomfield ve Ark.(1995) yaptığı çalışmada profesyonel futbolcuların vücut yağ yüzde oranları %21 olarak belirlenmiştir. Uygulanan antrenmanın şiddeti, hacmi ve süresine bağlı olarak yağ kitlesi azalarak, kas kitlesinde artışlar olur. Russo ve Graziani (1993) yaptığı çalışmada vücut yağ oranları, elit Türk erkek futbolcularda % 19 ve bayan futbolcularda % 21 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen vücut yağ

yüzde sonucu ile karşılaştırıldığında, bulunan ortalamadan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum aerobik içeriği fazla olan spor branşlarında yağların kolay okside olduğu, dengeli beslenme veya uygulanan antrenmanın içeriği ile ilişkili olabilir.

İnsan vücudunun ana yapısal bileşenleri kas, yağ ve kemiktir. Bu bileşenler cinsiyete göre farklı oranlar ve yoğunluklar gösterir. Vücudun bu bileşenlerinin oranlarının performansı etkilediği de bilinmektedir. Anaerobik veya aerobik çalışmayı kapsayan bütün spor branşları için vücuttaki yağlı dokuların fazlalığı yağsız kas kütesinin azlığı performansı olumsuz etkileyen bir durumdur (Özer 1993).

Omosegaard'a (1996) göre profesyonel erkek futbolcuların VO_2 max değerleri 68-73 ml/kg/dk, bayan futbolcuların ise 58-63 ml/kg/dk olması beklenmektedir. Eldeki çalışmada bulunan sonuçların, bu değerlerin altında olduğu görülmektedir. Önemli olan VO_2 max'ın ne kadar yüksek yüzdesinin ne kadar uzun süre kullanılabilirdiğidir. Leger (1987), Kanadalı ve yaş ortalaması 25 ± 7 olan 15 erkek futbolcuda yaptığı çalışmada VO_2 max değerlerini 54.1 ± 7 ml/kg/dk olarak bulmuştur. Mikkelsen (1979), 10 tane profesyonel erkek futbolcu ile yaptığı çalışmada, deneklerin VO_2 max ortalamalarını 59.4 ± 3.7 ml/kg/dk bulmuştur.

Sporcunun fiziksel kondisyon düzeyini ölçmek için en güvenilir yol, kişinin maksimal oksijen kullanma kapasitesinin (VO_2 max.) ölçülmesidir. VO_2 max ile uzun süreli bir eforu sürdürebilme yeteneği arasında yüksek bir ilişki vardır. Aerobik yol çalışma ile % 20-25 geliştirilebilirken büyük oranda genetik faktörlere bağlıdır (Akgün 1989). Yüksek aerobik güce sahip olan sporcular, yoğun anaerobik egzersizlerden sonra, düşük kapasitelere oranla daha erken toparlandığı düşünülürse, performans açısından gruplar arası belirgin farklılıklar oluşabilir. Sedarer bireylerde VO_2 max yüzde kullanım değeri %50-70 arasında, antrenmanlı bireylerde ise %80-90 değerleri arasında bulunmuştur (Bunch vd 1993).

Kassal işlerliğin kandaki eritrosit sayısı ve hemoglobin konsantrasyonunun etkili olduğu çoktan beri bilinir. Bu iki parametredeki değişiklikler, kassal faaliyetin derecesi ile ilgilidir. Örneğin orta derecede bir egzersizde organizmanın oksijene olan ihtiyacının artmasıyla beraber, eritrosit sayısı ve hemoglobin miktarı relatif olarak artar. Çok şiddetli ve yorucu bir egzersiz sonucunda eritrosit yıkımı hızlanır;

fakat parçalanma ürünleri kan yapımı ile ilgili sistemleri uyararak eritropoezi (eritrosit oluşumu) artırır. Çeşitli spor dallarında olimpiyatlara katılan atletlerde, hemoglobin miktarının % 13.7-18.6 g. arasında değiştiği, ortalama % 16 g. olduğu ve farklı iklimlerden gelenler arasında önemli farkların bulunmadığı saptanmıştır (Berne ve Matthew 2001).

Araştırmaya katılan sağlıklı ve profesyonel futbol oynayan bireylere “Mekik Koşu Testi” egzersiz protokolü uygulanmıştır. Bu akut egzersiz eritrosit deformabilitesinde ve agregasyonunda değişiklikler meydana getirmiştir. Egzersizde damar içi basıncın azalmasıyla beraber, arteriyal kanda PO_2 de azalır, hemoglobinin oksijenle saturasyonu düşer ve kanda O_2 eksikliği (Hipoksemi) meydana gelir (Fellman 1992). İlk olarak plazmadan dokulara su geçmesi ve ayrıca kan depolarından hücrelerin dolaşım sistemine boşaltılmaları sonucunda eritrositlerin relatif sayısı artar. Kandaki eritrosit sayısının artmasıyla beraber, % hematokrit değeri ve hemoglobin miktarı da yükselir. Ancak, hemoglobin miktarında eritrosit sayısına göre daha az bir artma meydana gelir ve dolayısıyla renk indeksi ile OEHB değerleri düşer. Bu koşullarda dolaşım sisteminde normale göre daha az miktarda hemoglobin içeren ve bundan dolayı hipokrom denilen eritrositlerin sayısı artar. Uzun süreli hipoksemide eritropoetik (eritrosit oluşumuna ait) faaliyet hızlanır, kanda genç eritrositlerin sayısı artar. Yeni oluşan hücreler çap bakımından küçük, buna karşı hacim (MCV) bakımından büyüktür (Convertino 1991).

Egzersiz dolaşım ve solunum sistemi başta olmak üzere birçok sistemi etkilediği bilinmektedir (Chien 1987). Bu etkiler sonucunda bireyin iç ortam dengesi yeniden oluşur. Bunların yanında, egzersizle ortaya çıkan diğer değişiklikler, oksidan stres, granülosit aktivasyonu ve vücut sıvı bileşimlerinin değişmesine eşlik ederler (Smith 1995). Egzersiz sonucu oluşan etkiler egzersiz şiddetiyle doğru orantılıdır. Egzersiz şiddeti arttıkça ortaya çıkan değişikliklerin büyüklüğü de artmaktadır. Bu özel etkilere duygusal ve fiziksel stresin karışması, ayrıca bütün bunlara endokrin cevapların da katılması, durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Deneklerin deformabilite ölçüm sonuçları ve hematolojik parametre sonuçları literatürle paralellik göstermektedir.

12-15 dk süren egzersiz yüklenmesini izleyen dönemde gerek toplam lökosit sayılarında, gerekse bu popülasyonda yer alan hücre türlerinin yüzdelerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Egzersiz bitiminde eritrosit sayısı ve lökosit sayısında gözlenen bu artış marjinal havuzdan hücrelerin dolaşıma katılması sebebiyle oluşmaktadır (Kokot ve Teschner 1998).

Deneklerin eritrosit agregasyonuna ait bakılan parametrelerinde, egzersiz sonrası artan agregasyon indeksine karşılık eritrositlerin kümelenmesi için geçen sürede düşüş gözlenmiştir. Eritrosit agregasyon indeksi ve eritrositlerin kümelenmesi için geçen süre ($t \frac{1}{2}$) arasında ters orantı olması, beklenen sonucu vermiştir.

Ağır egzersizin akut etkilerini inceleyen çalışmalarda eritrosit agregabilitesi konusunda birbiriyle çelişen bilgiler vardır (Brun vd 1998). Buna göre; farklı egzersiz protokolleri ve agregasyon tayininde kullanılan farklı tekniklerden dolayı bazı çalışmalarda agregasyonun değişmediği (Ernst vd 1991) bildirilirken başka çalışmalarda arttığına (Brun vd 1994) dair deliller elde edilmiştir.

Eritrosit agregasyonu gerek plazmanın gerekse de eritrositlerin çeşitli özelliklerindeki değişimlerden etkilenir (Başkurt 1997). Plazma fibrinojen konsantrasyonu ve plazma globulin fraksiyonlarındaki değişimler, ozmolarite ve pH değişiklikleri eritrosit agregasyonu üzerinde etkilidir (Shiga vd 1990, Meiselman 1993). Membran yüzeyinin özellikleri, yüzey yükü değişimleri, hücre şekli ve eritrositlerin şekil değiştirme yeteneği eritrosit agregasyonunu etkileyen hücresel faktörler arasında sayılabilir (Meiselman 1993).

Eritrosit agregasyonunun derecesi agregan kuvvetlerle (eritrositleri bir arada tutan kuvvetler) disagregan kuvvetler (eritrosit kümelerini dağıtmaya çalışan kuvvetler) arasındaki denge ile belirlenir (Brooks 1998). Eritrosit agregatlarını bir arada tutan agregan kuvvetlerle ilgili iki hipotez (köprüleme hipotezi ve depleksiyon hipotezi) bulunmaktadır (Meiselman 1993). Lorca ile yapılan çalışmalara göre, egzersizin hücresel faktörler üzerinde ortaya çıkan etkilerinde, depleksiyon hipotezinin doğru olduğunu gösteren güçlü kanıtlar elde edilmiştir (Hardeman vd 1994).

Eritrosit agregasyonu için geçerli mekanizmanın tam olarak ortaya konmamış olmasına rağmen, hücrelerin yüzey yük yoğunluğu ile agregasyon arasında ters bir ilişki olduğu bilinmektedir (Shiga vd 1990). Eritrosit ektasitometre ölçümleri iki faktörden etkilenir; hücre yüzey yük yoğunluğu ve elektriksel alanda hücrelerin hareketini engellemeye çalışan sıvının viskozitesi. Büyük moleküler hücreler ortamın viskozitesinden değil, hücre yüzeyine yakın bölümdaki sıvı akışkanlığından etkilenir (Chien ve Sung 1987). Bu davranış eritrosit yüzeyi yakınında polimer bakımından fakir, daha düşük viskozitesi olan bir deplesyon tabakası oluşumu ile açıklanabilir (Chien ve Sung 1987). Bu çalışmada, eritrosit agregasyonunda mekik koşu testi sonrası ve yapılan yüklenmeden 24 saat sonrasında da devam eden agregasyon eğilimide uzun süreli devam eden bir inhibisyon gözlenmiştir. Deneklerin eritrosit agregasyonuna ait bakılan parametrelerinde, egzersiz sonrası artan agregasyon indeksine karşılık eritrositlerin kümelenmesi için geçen sürede düşüş gözlenmiştir. Hücrenin kopmanse edici mekanizmasıyla vücut egzersizde baskı altında kalarak normal geçiş sürecinin tersine, damar içerisinde eritrositlerin birikimi ile mevcut damardan ihtiyaç duyulan dokuya aktarımında geçen süre yavaşlayacaktır (Guyton ve John 2001). Ayrıca eritrosit deformabilitesindeki bozulmanın da eritrosit agregasyonunu azalttığı ileri sürülebilir. Artan kayma kuvvetlerine paralel olarak, dairesel bir formdan elipsoid dönüşümün derecesi ile eritrositlerin şekil değiştirme yetenekleri (deformabilite) arasında doğru orantı vardır. Yapılan mekik koşu testi sonrasında artan lökosit aktivasyonu eritrosit agregasyonundaki değişikliklerden sorumlu olabilir.

Eritrosit agregasyonu ve deformabilitesi özellikle anaerobik egzersizden sonra kan akım direncini değiştirerek birtakım fizyopatolojik etkiler oluşturabilmektedir. Egzersiz sırasında hemodinamik bir hiperaktivite saptanırken buna çoğunlukla artan atım hacmi ve vasküler sistemde artan sürücü basınçlar eşlik etmektedir. Bu hiperaktivasyon egzersizin aktif dönemlerinde hemoreolojik bozuklukları dengeleyebilmektedir. Bununla birlikte egzersizden sonra hemodinamik faktörler kısa sürede istirahat düzeyine dönerken hemoreolojik değişikliklerin etkisi devam etmektedir. Bu hemodinamik iyileşme periyodunda bozulan eritrosit reolojik özelliklerine bağlı perfüzyon problemleriyle karşılaşılabilir. Dokular yeterli otoregülasyon kapasitesine sahipse, her türlü eritrosit mekanik değişikliğini tolere edebilmekte ve doku perfüzyonunda bozulma meydana gelmemektedir. Eğer bu otoregülasyon kapasitesi mevcut vasküler problemlerin bir sonucu olarak azalmışsa

eritrosit mekanik değişiklikleriyle ortaya çıkan yetersiz kan akımına yol açabilir (Başkurt vd 1991).

Anaerobik yüklenme önemli derecede eritrosit hasarı oluştururken, yapılan çalışmalarda uygulanan aerobik egzersiz protokolü ise eritrosit mekanik özelliklerinde daha ılımlı değişiklikler ortaya çıkarmıştır. Bu da aerobik egzersizde, egzersiz şiddetinin eritrosit hasarı oluşturacak düzeyde olmadığını, bireyin sahip olduğu kompanse edici ek mekanizmaların devreye girmesiyle bu egzersizin zorlanmadan tolere edilebildiğini göstermektedir.

6. SONUÇ

Egzersize bağılı hemoreolojik değişiklikler çok karşılaşılan bir bulgudur. Buna karşılık bu değişikliklerin mekanizması hakkında ileri sürülen görüşler yetersizdir. Bu çalışmada akut bir egzersiz öncesinde, egzersiz sonrasında ve egzersizden 24 saat sonra yapılan ölçümlerle, deneklerde hemoreolojik parametreler üzerindeki değişikliklerin mekanizmaları araştırılmıştır.

Uygulanan egzersiz protokolü; eritrosit deformabilitesinde ve agregasyonunda değişiklikler meydana getirmiştir. Deneklerin 0.53, 0.95, 1.69, 3.00, 5.33 Pa kayma kuvvetlerinde ölçülen eritrosit deformabilitesi, kontrol değeri olarak kabul edilen egzersiz öncesi ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında uygulanan akut egzersizden sonra arttığı bulunmuştur ($p<0.05$). Egzersiz sonrası artan agregasyon indeksine karşılık eritrositlerin kümelenmesi için geçen sürede düşük gözlenmiştir ($p<0.05$). Tam kan sayımı ölçümlerinde ise hematokrit değeri, kan hemoglobin konsantrasyonu ve eritrosit sayısında, egzersizin sonunda önemli bir artış görülmüştür ($p<0.05$). Egzersizden 24 saat sonra bu değerler, dinlenik değerlerine göre düşük çıkmıştır ($p<0.05$). Deneklerin lökosit değerlerinde (WBC, NE, NE %, LY, LY %, MO, EO, EO %, BA) ise egzersiz sonunda çıkan değerler, kontrol grubu olarak alınan egzersiz öncesi değerlerinden yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). Trombosit değerlerinde ise egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası ile egzersiz sonrası ve egzersizden 24 saat sonra arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Fiziksel çalışma kapasitesi, maksimum oksijen tüketimi ile çalışan dokulara oksijenin etkin şekilde taşınmasına bağılıdır. Dokulara sağlanan oksijen miktarı, o dokuya taşınan kanın hacmi ve oksijen taşıma kapasitesi tarafından belirlenir. Oksijen taşıma kapasitesini belirleyen en önemli faktör dolaşımdaki eritrositlerin sayısı ve hemoglobin konsantrasyonudur. Uygulanan egzersiz protokolü sonunda ortaya çıkan, toplam kan hacmi ve hemoglobin seviyelerindeki bu artış oksijen taşıma sisteminde önemli rol oynar, çünkü her ikisi de VO_2 max (Aerobik güç) ile yakından ilişkilidir. Hücrelerle ilgili herhangi bir değişim doku perfüzyonu da dahil olmak üzere, birçok fizyolojik mekanizmayı etkileyecektir. Sonuç olarak yapılan egzersizin şiddeti arttıkça, egzersizle meydana gelen hemoreolojik değişikliklerin büyüklüğü de artmaktadır.

6.1. Öneriler

- Egzersizle oluşan hemoreolojik değişikliklerin neler olduğu literatürde ayrıntılı şekilde belirtilmesine rağmen, değişikliklerin kaynağı ve egzersizden sonra hangi dönemlerde ortaya çıktığı ve bu değişikliklerin seyrinin ortaya konmamış olması bu konuda yeni araştırmalar yapılabileceğini gösterir.
- Uygulanan farklı egzersiz protokollerinin (Aerobik-Anaerobik egzersiz), farklı spor branşlarında ve denek sayısını arttırarak hemoreolojik parametreler üzerine etkisine bakılabilir.
- Egzersize bağlı hemoreolojik değişikliklerde hücresel faktörlerin rolleri araştırılabilir (enzim, hormon, oksidan stres, kan-laktat düzeyi vb.).

7. KAYNAKLAR

- Akgün, N. (1994) Egzersiz Fizyolojisi, I. Cilt, *Ege Üniversitesi Basımevi*, İzmir, 265s.
- Akgün, N. (1989) Egzersiz Fizyolojisi; *Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara
- Allsen, P.E. (1990). Theory and Methodology of Training, *Kendall Hunt Publishing Company*, Second edition
- Astrant, P.O., (1986) Textbook of Work Physiology; *NewYork: McGraw-Hill*.
- Bar-Or, O. (1996). The Child and Adolescent Athlete, *The Ancylopedia of Sports Medicine*. Blackwell Sci. Ltd. 130-134, 573-576.
- Başkurt, O. K., Temiz, A., Meiselman, J. H. (1997) Red blood cell aggregation in experimental sepsis, *J. Lab. Clin. Med.* 130: 183-190.
- Başkurt, O. K., Yavuzer, S. (1994) Some hematological effects of oxidants; 407-423, *Enviromental oxidants*.
- Başkurt, O.K., Küçükataay-Bor, M., Yalçın, Ö., Meiselman, H.J., Armstrong, J.K. (2000) Standart aggregating media to test the “aggregability” of rat red blood cells; *Clinical Hemorheology Microcirculation*, 22: 161-166.
- Başkurt, O. K., Levi, E., Çağlayan, S., Uçer, O., Güner, R. (1991) The role of hemorheologic factors in the coronary circulation; *Clin. Hemorheol*, 11: 121-127.
- Beaumont, V.W. (1973) Red cell volume with changes in plasma osmolarity during maximal exercise; *J.Appl. Physiol.*, 35: 47-50.
- Berne, R. M., Matthew, N. (2001) Cardiovascular physiology; *Newyork*, Eight edition, 272-278.
- Beutler, E., Kuhl, W., West, C. (1992) The osmotic fragility of erythrocytes after prolonged liquid storage and after reinfusion; *Blood Cells*, 59: 1141-1147.
- Boomfield, J., Ackland, T.R., Elliot, B.C. (1995). Applied Anatomy and Biomechanics in Sport, *Australia*.
- Bompa, T.O. (1998) Antrenman Kuramı ve Yöntemi. Çev: İlknur Keskin, A.Burcu Tuner. *Ankara: Kültür Ofset*.
- Bozdoğan, A.(1999) Yüzmede Fizyolojik Mekanik ve Metot, *İstanbul*.
- Branemark, P., Bagge, U. (1977) Intravascular rheology of erythrocytes in man; *Blood cells*, 3: 11-24.

- Brooks, D.E. (1973) The effect of neutral polymer on the electrokinetic potential of cells and other charged particles; *J. Colloid Interface Sci.*, 43: 700-713.
- Brooks, D.E. (1998) Mechanism of red cell aggregation; *Blood Cells, Rheology Aging*, 158-162.
- Brown, B.A. (1980) Hematology, Principles and Procedures, Third Edition Lea, *Febiger*, Philadelphia.
- Brun, J.F., Micallef, J.P., Orsetti, A. (1994) Hemorheologic effects of light prolonged exercise; *Clin. Hemorheol Microcirc.*, 14: 807-818.
- Brun, J.F., Fons, C., Raynaud, E. (1999) Influence of circulating lactate on blood rheology during exercise in professional football players; *Rev. Port. Haemorheology*, 5: 219-229.
- Brun, J.F., Khaled, S., Ranaud, E., Bouix, D., Micallef J.P. Orsetti, A. (1998) The triphasic effects of exercise on blood rheology: Which relevance to physiology and pathophysiology?; *Clin Hemorheol Microcirc*, 19: 89-104.
- Bunch, U., Ejem, M., Kucera, U., Moravec, P. (1993) Assesment of Predispositions for Endurance Running From Field Test, *Journal Sports Science*. 10(3), 237-242.
- Charm, S.E., Kurland, G.S. (1974) Blood flow and microcirculation; *New York: John Wiley & Sons*; 3-210.
- Chasis, J.A., Shohet, S.B. (1997) Red cell biochemical anatomy and membrane material properties; *Ann. Rev. Physiol.*, 49: 237-248.
- Chien, S., Dormandy, J., Ernest, E., Matrai, A. (1987) Clin Hemorheology, eds Dordrecht/Boston/Lncaster: *Marinus Nijhoff Pub*, 1-387.
- Chien, S., Sung, L.A. (1987) Physicochemical basis and clinical implications of red cell aggregation; *Clin. Hemorheol.*, 7: 71-91.
- Chien, S. (1997) Red cell deformability and its relevance to blood flow; *Ann Rev Physiol*, 49: 177-192.
- Chien, S. (1977) Principals and techniques for assesing erythrocyte deformability; *Blood Cells*, 3: 71-95.
- Cokelet, G.R., Meiselman H. J. (1998) Rheological comporasion of hemoglobin solutions and erythrocyte suspensions; *Science*, 162: 275-277.
- Convertino, V.A. (1991) Blood volume: its adaptation to endurance training; *Med. Sci. and Exerc.*, 23: 1338-1348.

- Çimen, O.(1996) Enerji ve Enerji Sistemleri; **G.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Araştırma Semineri**, Ankara.
- Çolak,R., Açıkada, C. (1996) “Anaerobik Eşik Yarı Marathon Koşusu İlişkisi.” **4. Spor Bilimleri Kongresi Bildiri Özetleri**, Ankara: Hacettepe Üniversitesi 1-3 Kasım, s.52.
- Dale, D.A, McCarthy, M.M. (1998) The leukocytosis of exercise: a review and model; **Sports Med.**, 6: 333-363.
- Dintenfass, L. (1996) Rheology of blood in diagnostic and preventive medicine; **London: Butterworths**; 1-259.
- Doyle, M.P., Walker, B.R. (1990) Stiffened erythrocytes augment the pulmonary hemodynamic response to hypoxia; **J. Appl. Physiol.**, 69: 1270-1275.
- Dündar, U. (2003) Antrenman Teorisi; Ankara: **Bağrgan Yayınevi**.
- Ergen, E. (1993) Spor Fizyolojisi; **Anadolu Üniversitesi Yayını**.
- Ernst, E., Marschall, M. (1991) Reduced leukocyte filterability after acute physical stres; **Clin. Hemorheol and Mirc.**, 11: 129-132.
- Ernst, E. (1997) Influence of regular activity on blood rheology; **Eur Heart J**, 8: 59-62.
- Ernst, E., Daburger, L., Saradeth, T. (1991) The kinetics of blood rheology during and after prolonged standardized exercise; **Clinical Hemorheology**, 11: 429-439.
- Evans, E., Berk, D. Leung, A. and Mohandas, N. (1991) Detachment of agglutinin-bonded red blood cells, **Biophys. J.**, 59: 849-860.
- Fellman, N. (1992) Hormonal and plasma volume alterations following endurance exercise; **Sports Med.**, 13: 37-49.
- Ferry, A. et.al. (2001) Changes in Blood Lueocyte Populations Induced by Acute Maximal and Chronic Submaximal Exercise. **Eur J. Apply.Physiol.**, 59: 435-442.
- Fox, E.L.,Bowers, R.W.,Foss, M.L. (1988) The physiological basis of physical education and athletics; **Florida**, Fourth edition, 13: 348-357
- Galea, G., Davidson, R.J.L. (1995) Hemorheology of marathon running; **Int. J. Sports Med.**, 6: 136-138.
- Gueguen-Duchesne, M., Durand, F., Beillot, J. (1997) Could maximal exercise be a hemorheological risk factor?; **Clinical Hemorheology**, 7:418.
- Guyton, M.D., John, D. (2001) Textbook of Medical Physiology, **Philadelphia**.
- Günay, M.(1998) Egzersiz Fizyolojisi; Ankara: **Bağrgan Yayınevi**.
- Gordon, R.J., Ravin, M.B. (1978) Rheology and Anesthesiology; **Anest Analog**, 57: 252-261.

- Green, H.J., Sutton, J.R., Coates, G. et al (1991) Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans; *J. Appl. Physiol.*, 70: 1810-1815.
- Hardeman, M.R., Goedhart, P.T., Dobbe, J.G.G. and Lettinga K.P. (1994) Laser assisted optical rotational cell analyzer (LORCA): 1. A new instrument for measurement of various structural hemorheological parameters; *Clinical Hemorheology*, 14: 605-618.
- Harper, H.A. çev. Menteş, N.K. Menteş, G. (1976) Fizyolojik Kimyaya Bakış, *Ege Üniversitesi Basımevi*, İzmir-Bornova, 255s.
- Heath, B.P., Mohandas, N., Wyatt, J.L. Shohet, S.B. (1982) Deformability of isolated red blood cells membranes; *Biochim Biophys Acta*, 691: 211-219.
- Hespeel, P., Lijnen, P., Fioocchi, R. Et al (1996) Cationic concentrations and transmembrane fluxes in erythrocytes of human during exercise; *J. Appl. Physiol*, 61: 37-43.
- Hochmuth, R.M., Waugh, R. (1996) Erythrocyte membrane elasticity and viscosity; *Ann Rev Physiol*, 49: 209-219.
- İmren, H. (1975) Klinik Tanıda Laboratuvar, *Menteş Kitabevi*, İstanbul.
- Joyner, M.J. (1993) Physiological Limiting factors and Distance Running: Influence of Gender and Age on Record Performances, *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 21.
- Kale, R. (1993) Sporda Dayanıklılık: Sağlık, Antrenman ve Biyofizyolojik Temeller, İstanbul: *Alaş Ofset Ltd.*
- Kohl, H.W., Powel, K.E., Gordon, N.F. and Blair, S.N. (1992) Physical activity, physical fitness and sudden cardiac death; *Epidemiol Rev.*, 14: 37-57.
- Kokot, K., Teschner, U. (1998) Activation of leukocytes during prolonged physical exercise; *Adv. Exp. Biol. Med.*, 240: 57-63.
- Lopez, L., Duck I.M., Hunt W.A. (1968) On the shape of the erythrocyte; *Biophys J.*, 8: 1228-1235.
- Lowe, D. (1984) Blood viscosity in vascular disease, Dundee, *Scotlond: Univ. of Dundee.*
- Lowe, D. (1996) Clinical Blood Rheology, *Boca Raton: CRC Pres.*
- Lowe, D. (1988) Nature and clinical importance of blood rheology. In Lowe GDO, *Clinical Blood Rheology*, CRC Pres, Inc Florida.
- Mairbaurl, H., Humpeler, E., Schwaberger, G. (1998) Training-dependent changes of red blood cell density and erythrocytic oxygen transport; *J. Appl. Physiol.*, 55: 1403-1407.

- Martin, D.G., Ferguson, E.W., Wigutoff, S. (1995) Blood viscosity responses to maximal exercise in endurance trained and sedentary female subjects; *J. Appl. Physiol.*, 59: 348-353.
- McArdle, D., William, K.L. (1991) Exercise physiology; Energy, Nutrition and Human Performance; *Philadelphia*, Third edition, 101-117, 132-133.
- Meiselman, H.J. (1993) Red blood cell role in RBC aggregation: 1963-1993 and beyond; *Clin. Hemorheol.*, 13: 575-592.
- Merrill, E.W. (1999) Rheology of Blood; *Physiol Rev*, 49: 863-888.
- Mohandas, N., Chasis J.A., Shoet S.B. (1993) The influence of membrane skeleton on red cell deformability, membrane material properties and shape; *Semin Hematol*, 20: 225-242.
- Mohandas, N., Chasis J.A. (1993) Red blood cell deformability, membrane material properties and shape: Regulation by transmembrane, skeletal and cytosolic proteins and lipids; *Semin Hematol*, 30: 171-192.
- Muratlı, S. (1997) Çocuk ve Spor, *Ankara*.
- Muravyov, A.V., Levin, V.N., Berkovsky, M.L., Sulcev, E.P., Boldina, V.I. (1993) The red cell rheology. Its cytoplasmic water balance and O₂ transport under exercise; *Biorheology*, 13: 352.
- Nerem, N.R. et al. (1998) The study of flow the influence of flow on vascular endothelial biology; *Am J of Med.Sci*, 316: 169-175.
- Neuhaus, D., Behn, C., Gaetgens, P. (1992) Haemorheology and exercise: intrinsic flow properties of blood in marathon running; *Int. J. Sports Med.*, 13: 506-511.
- Neuhaus, D., Gaetgens, P. (1994) Haemorheology and long term exercise; *Sports Med.*, 18: 10-21.
- Onat, T., Emerk K., Sözmen, E. (2002) İnsan Biyokimyası, *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Omosequaard, B. (1996) Physical Training for Soccer. *International Football Federation*. Denmark.
- Orozco, M. et al. (2001) "Expiratory muscle endurance in middle-aged healthy subjects" *Lung*, 179 (2):93-103.
- Oscari, L. B., and Williams, T. (2002) Effect of Exercise on Blood Volume. *J. Appl. Physiol.*, 24 (5): 622-624.
- Oss, V., Arnold, C.J., Coakley, W.T. (1990) Depletion flocculation and depletion stabilization of erythrocytes; *Cell Biophys.*, 17: 1-10.

- Özbal, Y. (1999) The relationship between the changes in physical fitness and in total blood volume in subjects having regular and measured training. *The J. Sport Med. Physical Fitness* ,14, (2), 73-77.
- Özer, K.(1993). Antropometri (Sporda Morfolojik Planlama), *İstanbul*.
- Rand, P.W., Barker, N. (1990) Effects of plasma viscosity and aggregation in whole blood viscosity: *Am J Physiol*, 218: 115-123.
- Rapaport, S. I. (1995) (Ed.): The red blood cell.In West JB (Ed.); Pyhsiological basis of medical practice, Baltimore: *Williams Wilkins*, 390-408.
- Reinhart, W.H., Chien, S. (1997) Roles of cell geometry and celluler viscosity in red cell passage through narrow pores; *Am.J.Physiol.*, 248: 540-547.
- Reinhart, W.H., Staubli, M., Straub, P.W. (1993) Impaired red cell filtrebility with elimination of old red blood cells during a 100-km race; *Journal of Appl. Physiol.: Respiratory Enviromental and Exercise Physiology*, 54: 827-830.
- Robertson, J.D., Maughan, R.J., Davidson, R.J.L. (1998) Changes in red cell density and related indices in response to distance running; *Europ.J. Appl. Physiol. and Occup. Physiol.*, 57: 264-269.
- Ross, J. (Ed). (1995) Dynamics of the peripheral circulation, In West JB (Ed); Physiological basis of medical practice, Baltimore: *Williams and Wilkins*, 132-147.
- Russo, E.G., Graziani, I. (1993) Antropometric Somatotype of Italian Sport Participants, *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 33, 282-292.
- Schmind-Schonbein, H. (1996) Hemorheology; *Comprehensive Human Physiology* (ed. Greger, R. And Windkorst, U.), 1747-1792.
- Schmind-Schonbein, H.,Wells, R.E. (1991) Fluid drop-like behavior of erythrocyte disturbance in pathology and its quantification, *Biorheology*, 7:227-234.
- Sevim,Y., Muratlı, S.(1997) Antrenman Bilgisi ve Testler, *Ankara*.
- Shiga, T., Maeda, N. And Kon, K. (1990) Erythrocyte rheology; *Critical reviews in Oncology and Hematol*, 10: 9-48.
- Shohet, S.B., Card, T., Clark, M., Greenquist, A.C., Mohandas, N., Shelton, D., Wyatt, J. (1991) The erythrocyte “cytoskeleton” and its apparent role in celluler functions. In: The function of red blood cells: Erythrocyte Pathophysiology; New York: *A.R.Liss Inc.*, 35-58.
- Smiohon, S., Jan, K.M., Chien, S. (1997) Influence of reduced red cell deformability on regional blood flow; *Am.J. Physiol.*, 253: 898-903.

- Smith, J.A. (1995) Exercise, training and red blood cell turnover; *Sports Medicine*, 19: 9-31.
- Stocks, J., Dormandy, T.L. (1971) The autooxidation of human red cell lipids induced by hydrogen peroxide; *Br. J. Hematol.*, 20: 95-111.
- Stoltz, J.F. (1985) Hemorheology: Pathophysiological significance; *Acta Med Port*, 6:4-13.
- Stoltz, J.F., Donner, M. (1987) Hemorheology: Importance of erythrocyte aggregation, *Clinical Hemorheology*, 7: 15-23.
- Tamer, K. (1995) Sporda Fiziksel – Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi; Ankara: *Türkerler Kitapevi*.
- Tamer, K. (2000) Sporda Fiziksel-Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, Ankara: *Bağrgan Yayınevi*.
- Tong, S.F., Nasrawi, F., Fanari, M.P. Agosti, R. (1995) Hemorheology during exercise: is there a microcirculatory relationship? ; *Biorheology*, 32: 400.
- Toth, K., Habon, T., Horvath, I. (1994) Hemorheological and hemodynamical parameters in patients with ischemic heart disease at rest and at peak exercise; *Clinical Hemorheology*, 14: 329-338.
- Tunçel, N. (1991) Fizyoloji, *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları*, No: 493, Ünite 5: 68-80.
- Tuncel, N. (1994) Fizyoloji, *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını*, No: 493, Eskişehir.
- Vandewalle, H., Lacombe, C., Lelievre, J.C., Poirot, C. (1998) Blood viscosity after a 1 hour submaximal exercise with and without drinking; *Int. J. Sports Med.*, 9: 104-107.
- Watanabe, H., Kobayshi, A., Yamamoto, T., Suzuki, S., Yamazaki, N. (1990) Alterations of human erythrocyte membran fluidity by oxygen derived free radicals and calcium; *Free Rad. Bil. Med.*, 9: 507-514.
- Wells, R., Goldstone J. (1973) Rheology of the red cell and capillary blood flow, In: Gabelinck ,H.L, Litt, M. (eds) Rheology of biological systems, *Springfield*: Charles Thomas, 5-11.
- Wells, R., Schmind-Schonbein, H.(1999) Red cell deformation and fluidity of concentrated cell suspensions, *J. Appl. Physiol.*, 27: 213-217.
- Wiik, P., Opstad, A., Boyum, A. (1996) Granulocyte chemiluminescence response to serum opsonized particles ex vivo during long-term strenuous exercise, energy and sleep depletion in humans; *Eur. J. Appl. Physio.*, 73: 251-258.

- Wilkerson, J.E., Gutin, B., Horvath, S.M. (1997) Exercise-induced changes in blood, red cell and plasma volumes in man; *Med. Sci. Sports*, 9: 155-158.
- Wintrobe, M., Lee, G.R., Boggs, D.R. et al.(1974) : Clinical Hematology, 7 th Ed., Lea, Febiger, *Philadelphia*
- Wintrobe, M., Lee, G.R., Boggs, D.R. et al.(1981) : The mature erythrocyte; In Clinical Hematology, *Philadelphia*: Lea, Febiger; 75-107.
- Woods, J.A., Davis, J.M., Smith, J.A., Nieman, D.C. (1999) Exercise and cellular innate function; *Medicine Science Sports Exercise*, 31: 57-66.
- Yalcin, Ö., Bor-Küçükataay, M., Şentürk, U.K., Başkurt, O.K. (2000). Effects of swimming exercise on red blood cell rheology in trained and untrained rats; *J. Appl.Physiol.*, 88: 2074-2080.
- Yang, R.F., Zhao, C.J., Wu, Y.P.,Wu, X. (1995) Deformability of erythrocytes after exercise; *Biorheol.*, 32: 250.

8. EKLER

EK-1 BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Araştırmanın Konusu:

Araştırmanın Yürütücüleri:

Yukarıda, gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum. Araştırma hakkında bana yeterli yazılı ve sözlü açıklama yapıldı. Bu koşullarda söz konusu Klinik Araştırma'ya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün

Adı Soyadı :

İmzası :

Adresi :

Tel (varsa) :

Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasinin

Adı Soyadı :

İmzası :

Adresi :

Tel (varsa) :

Açıklamayı yapan araştırmacının

Adı Soyadı :

İmzası :

Rıza alma işleminde baştan sona tanıklık eden kuruluş görevlisinin

Adı Soyadı :

İmzası :

Görevi :

EK-2 BİLGİ TOPLAMA FORMU**ADI SOYADI:****YAŞ (yıl):****ANTRENMAN YAŞI (yıl):****OYNADIĞI****LİG:****KAH (atm/dk) (Dinlenik) :****Egz. Sonrası KAH :****3 dk sonra KAH :****KAN BASINCI (mm.hg)****Sistolik Kan Basıncı :****Diastolik Kan Basıncı :****ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER****Boy (cm) :****Vücut Ağırlığı (kg) :****Vücut Yağ Yüzdesi (%) :****MEKİK SAYISI :**

**EK-3 KOŞULAN MEKİK SAYISINA BAĞLI OLARAK VO₂ MAX TAHMİN
TABLOSU (ml.kg⁻¹.dk⁻¹)**

Mekik Sayısı VO ₂ Max	VO ₂ Max	Mekik Sayısı	VO ₂ Max	Mekik Sayısı	VO ₂ Max
26	26.8	73	43.3	119	57.1
28	27.6	75	43.9	121	57.6
30	28.3	77	44.5	123	58.2
33	29.5	79	45.2	125	58.7
35	30.2	81	45.8	127	59.3
37	31.0	84	46.8	129	59.8
39	31.8	86	47.4	132	60.6
42	32.9	88	48.0	134	61.1
44	33.6	90	48.7	136	61.7
46	34.3	92	49.3	138	62.2
48	35.0	95	50.2	140	62.7
51	35.7	97	50.8	142	63.2
52	36.4	99	51.4	145	64.0
54	37.1	101	51.9	147	64.6
56	37.8	103	52.5	149	65.1
58	38.5	105	53.1	151	65.6
60	39.2	107	53.7	153	66.2
62	40.5	109	54.3	155	66.7
64	41.5	111	54.8	158	67.5
66	41.8	113	55.4	160	68.0
68	42.4	115	56.0	162	68.5
70	43.3	117	56.5	164	69.0

9. ÖZGEÇMİŞ

18.06.1981 tarihinde Ankara’da dünyaya gelen Ayşegül YAPICI, ilk öğrenimini Beytepe Özel İlköğretim Okulu’nda ve orta öğrenimini Cebeci Ortaokulu’nda tamamladı. Ankara Lisesi’nden 1998 yılında mezun oldu ve aynı yıl Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu’nda yüksek öğrenimine başladı. 2003 yılında “Bölüm” ve “Yüksekokul” birincisi olarak lisans diplomasını aldıktan sonra, 2004 yılında Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenman ve Hareket Anabilimdalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.