

**T.C
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROFESYONEL ERKEK HENTBOLCULARDA EKG
BULGULARI VE KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ**

**YILDIRIM KAYACAN
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
PROF.DR SEDAT YILDIZ**

KARS 2009

T.C Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Yıldırım KAYACAN'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “**Profesyonel Erkek Hentbolcularda EKG Bulguları ve Kalp Hızı Değişkenliği**” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy **BİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

15.01.2010

Adı Soyadı

Başkan : Prof. Dr. Sedat YILDIZ
Üye : Doç. Dr. Ebru BEYTUT
Üye : Yrd. Doç. Dr. Onur ATAKIŞI



Bu tezin kabulü, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2010 tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın her aőamasında emeğini, bilgisini, yorumlarını ve sabrını esirgemeyen Tez Danıőmanım Prof. Dr. Sedat Yıldız Hocama, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakóltesi Fizyoloji Anabilim Dalındaki Öğretim Üyeleri, Doktora Öğrencileri Araştırma Görevlileri ve diğer alıőanlara, Artvin Orman Spor Kulübü Yönetici ve Sporcularına ve desteğini sürekli hissettiğim Eőim ve Aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER	III
SİMGELER VE KISALTMALAR	V
ŞEKİLLER.....	VI
TABLolar	VII
GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER	1
KALBİN GENEL YAPISI	2
KALP SİKLUSU	3
KALBİN ÖZEL İMPULS DOĞURUCU VE İLETİCİ SİSTEMİ	4
KALBİN ELEKTROFİZYOLOJİSİ	9
ELEKTROKARDİOGRAM DALGALARININ AMPLİTÜDÜ (YÜKSEKLİĞİ, VOLTAJİ)	10
ELEKTROKARDİYOGRAMDAKİ DALGALARIN ANLAMI	12
P Dalgası (Atrial Kompleks).....	12
P-R Aralığı (HİS Demeti iletim Zamanı).....	12
Q R S T Dalgaları (Ventriküler kompleks)	13
KALP ATIM SAYISI HESABI.....	15
EGZERSİZDE KARDİOVASKÜLER SİSTEM.....	16
KALP DEBİSİ	17
KAS KAN AKIMI.....	18
SİSTEMİK DOLAŞIMDAKİ DEĞİŞİKLİKLER.....	21
EGZERSİZDE YAPILAN İŞ, OKSİJEN TÜKETİMİ VE KALP DEBİSİ	23
ANTRENMANIN KALP HİPERTROFİSİ VE KALP DEBİSİNE ETKİSİ.....	23
KALP DEBİSİNİN ARTMASINDA ATIM HACMİ VE KALP HIZININ ROLÜ..	25
KALBİN DAKİKA ATIM HACMİNİN KONTROLÜ	26
KARDİOVASKÜLER PERFORMANSLA MAX VO ₂ ARASINDAKİ İLİŞKİ..	27
KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ (KHD)	29
TARİHÇE	29
KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ VE EGZERSİZ	30
KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÖLÇÜMÜ	31
KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	31

I. Zaman Bağımlı Metotlar	32
A. İstatiksel Metodlar	32
B. Geometrik metotlar	33
II. Frekans Bağımlı Metotlar	35
MATERYAL VE METOT	38
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER.....	38
BULGULAR.....	39
1. EKG Bulguları ve Arteriyel Basınç.....	39
2. Kalp Hızı Değişkenliği Bulguları	39
3. Parametreler Arasındaki Korelasyonlar.....	40
TARTIŞMA VE SONUÇ	52
Elektrokardiyografik Bulgular	52
Kalp Hızı Değişkenliği	53
KORELASYONLAR.....	54
SONUÇ	55
ÖZET	56
SUMMARY.....	57
KAYNAKLAR	58
ÖZ GEÇMİŞ.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

AVNN	: NN İntervallerinin Ortalaması
CLV	: Döngü Uzunluğu Değişkenliği
EKG	: Elektrokardiogram
FFT	: Fast Furier Transform
GSY	: Güç Spektrum Yoğunluğu
HF	: High Frequency
HRV	: Heart Rate Variability (Kalp Hızı Değişkenliği)
KHD	: Kalp Hızı Değişkenliği
LF	: Low Frequency
MI	: Miyokard İnfarktüsü
ml	: Mililitre
mmHg	: Milimetre Cıva
Mv	: Milivolt
NN	: Normal to Normal
OSS	: Otonom Sinir Sistemi
pNN50	: Proportion Derived By Dividing NN50 By The Total Number Of NN İntervals
R	: Korelasyon Katsayısı
RMSSD	: NN Aralıkların Farkının Karesinin Ortalamasının Karekökü (Square Root Of The Mean Squared Diferences Of Successive NN İntervals)
SA düğümü	: Sinoatrial Düğümü
VLF	: Very Low Frequency
DPG	: Difosfatidilgliserol

ŞEKİLLER

Şekil 1 Kalbin Genel Yapısı	4
Şekil 2 Kalbin İmpuls Doğuran Ve İleten Sistemi	8
Şekil 3 Derivasyonlar, Elektrot Grupları ve Tipik Dalga biçimleri	11
Şekil 4 Elektrokardiyogramda dalgalar zaman ve voltaj açısından değerlendirilmesi	13
Şekil 5 EKG Trasesi	15
Şekil 6 Kuvvetli Ritmik Kasılma Sırasında Baldır Kasları İçerisinden Kan Akımı.....	19
Şekil 7 Egzersizin Farklı Düzeylerinin Kalp Damar Fonksiyonu Üzerine Etkileri	22
Şekil 8 Maraton Atletlerde, Çeşitli Kalp Debisi Düzeylerinde Yaklaşık Vurum Hacmi Ve Kalp Frekansı	25
Şekil 9 Antrenmanın Sedanterlerde Kalp Atım Hızı Ve O ₂ Tüketimi Üzerine Etkisi	28
Şekil 10 Sedanterler Ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce Ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen Qtc Değerleri	45
Şekil 11 Sedanterler Ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce Ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen AVNN Değerleri.	46
Şekil 12 Sedanterler Ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce Ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen SDNN Değerleri	47
Şekil 13 Sedanterler Ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce Ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen Rmssd Değerleri.	48
Şekil 14 Sedanterlerin Ve Hentbolcuların Tümünden Egzersiz Öncesi Ve Sonrasında Elde Edilen Verilerin Elektrokardiyografik Verilerle İlişkisi.	49
Şekil 15 RMSSD İle Dakikadaki Nabız Sayısı Arasındaki Korelasyon.	51

TABLolar

Tablo 1 Normal Bir Elektrokardiyogramdaki Bazı Önemli İnterval Ve Segment Değerleri	14
Tablo 2 Kalbin Dakika Atım hacmi ve bölgesel kan akımı	23
Tablo 3 Sporcu ve Sedanterlerde Maksimal Egzersiz ve Dinlenme Sırasında Atım Sayısı/Dakika ve Atım Hacmi Farklılıkları	24
Tablo 4 Egzersiz İle Kalbin Fonksiyonunda Değişiklikler.....	26
Tablo 5 Kalp Fonksiyonunun Bazı Parametreleri Üzerine Antrenmanın Etkisi	27
Tablo 6 Sık kullanılan kalp hızı değişkenliği zaman-alan ölçütleri	34
Tablo 7 Kalp Hızı Değişkenliği Frekans Ölçütleri	35
Tablo 8 Hentbol Oyuncusu Sporcularda Ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi Ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgular (Zaman Parametreleri)	41
Tablo 9 Hentbol Oyuncusu Sporcularda Ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi Ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgular (Amplitüd Parametreleri Ve QRS Ekseni).....	42
Tablo 10 Hentbol Oyuncusu Sporcularda Ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi Ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Sistolik Ve Diyastolik Kan Basıncı Değerleri İle Nabız Sayısı.....	43
Tablo 11 Hentbol Oyuncusu Sporcularda Ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi Ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgulardan Elde Edilen Kalp Hızı Değişkenliği Parametreleri.....	44
Tablo 12 Kalp Hızı Değişkenliği Parametrelerinin Kendi Aralarındaki Ve Sistolik Ve Diyastolik Basınç Ve Nabız Sayıları İle İlişkileri.....	50

GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Günümüzde düzenli olarak egzersiz yapan kişilerle egzersiz yapmayan kişiler arasında kardiyovasküler sistemin işleyişi ve kalbin çalışma temposu bakımından farklılıkları bilinmektedir. İstirahat halinde ve egzersiz anında kalbin çalışma fonksiyonlarında çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Dinlenme anında iskelet kaslarına giden kan, kalbin dakika volümünün % 15–20 sini oluşturduğu halde, egzersizde bu oran % 85–90 civarına kadar yükselir. Karın içi organlara giden kan miktarında azalma olur, fakat beyine giden kan miktarı değişmez. Antrenmansız kişilerde uyum, kalp atım hızının artışı ile antrenmanlı kişilerde ise debinin artması ile gerçekleşir.

Fizyolojide, iç ortamdaki sabit, dingin koşulların sürdürülmesi anlamına gelen homeostazi sağlamada kardiyovasküler sistemin rolü, değişen çevre şartlarına göre kalp atımı ve kan basıncının düzenlenmesi şeklinde kendini gösterir (32).

Sürekli elektrokardiyogram (EKG) kayıtlarındaki, QRS kompleksleri üzerindeki, birbirini takip eden R dalgaları arasında geçen zamanın değişiminden tespit edilen, birbirini takip eden kalp periyotları süresindeki değişim, Kalp Hızı Değişkenliği (KHD) olarak isimlendirilmektedir (7).

Kalp hızı değişkenliğinin İngilizce karşılığı olan, Heart rate variability için Science Citation Index'te 8063, Pub Med Central'da 5403,IEEE'de 760 makaleye rastlanmaktadır.

Kalp, diğer organların ihtiyacı olan kanı sağlamak üzere, sinoatrial düğümde (S A düğümü) bulunan özelleşmiş kalp hücreleri tarafından üretilen elektriksel uyarımlara bağlı olarak kasılıp gevşer. Bu uyarımların sıklığı; Otonom Sinir Sistemi'nin(OSS) sempatik ve parasempatik (vagal) dalları tarafından düzenlenmektedir. KHD analizleri yaklaşık 30 yıldan beridir, sağlıklı ve hasta kişilerin kalp ve OSS fonksiyonlarının müdahalesiz yolla indirekt olarak incelenmesinde, araştırma ve klinik amaçlı kullanılan bir gereç olmuştur (7). Artmış sempatik veya azalmış vagal aktivite ile ölümcül anormal ritimler arasındaki ilişkileri açıklayan pek çok çalışma bulunmaktadır (16). KHD analizlerinin klinik alanda da; miyokard enfarktüsü, angina

pektoris, kötü huylu aritmiler ve ani kalp ölümleri, esansiyel hipertansiyon, pulmoner rahatsızlıklar, kardivasküler ameliyatlar, şiddetli baş yaralanmaları ve beyin ölümü, beyin kökünün fonksiyonunu yitirmesi, Guillain-Barre sendromu, böbreklere ait yaralanmalarda risk tayini, sepsis ve şoktan sonuç çıkarma, fetal ve neonatal izleme, uyku apnesi, diabetik otonomik nöropati gibi pek çok uygulama alanı bulunmaktadır (16). Zaman içerisindeki sinüs hızındaki siklik değişiklikler olarak tanımlanan kalp hızı değişkenliği (KHD) sempatetik-parasempatetik denge hakkında bilgi verdiği için kardiyak otonom tonusun bir ölçüsü ve kardiyorespiratuar sistemin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

KHD analizi, seçilmiş hasta popülasyonlarında mortalite riskini belirlemede ve otonomik uyarılara sinoatriyal yanıtları değerlendirmede oldukça yararlı bilgiler sunmaktadır.

Kalp hızı değişkenliğinin klinik önemi, 1987' de Kleiger ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, akut miyokard infarktüsü (MI) sonrasındaki bütün nedenlere bağlı mortalitenin güçlü ve bağımsız bir göstergesi olduğunun anlaşılmasıyla ortaya çıkmıştır (24).

KALBİN GENEL YAPISI

Memelilerde tüm doku ve organlara kan pompalamakla görevli olan kalp, özel bir kas yapısına sahip olup dış yüzü fibröz bir kılıf olan perikardiyum ile sarmalanmıştır. Kalp duvarları temel olarak miyokardiyum denilen kalp kası hücrelerinden (kardiyomiyosit) oluşur. Kardiyomiyositler birbirine sıkıca bağlanmış tabakalar halinde bulunur ve kalp odacıkları adı verilen kalbin temel olarak 4 adet olan odacıklarını bütünüyle sarar. Odacıklardan birinin duvarları kasıldığı zaman sıkılmış bir yumruk gibi bir araya gelir ve çevreledikleri kana basınç uygularlar. Kardiyomiyositler mikrometre boyutunda olup birbirlerine interkale diskler denen yapılar aracılığı ile bağlıdırlar. Bunların içinde hücreleri bir arada tutan ve miyofibrillerin de bağlandığı desmozomlar vardır (32).

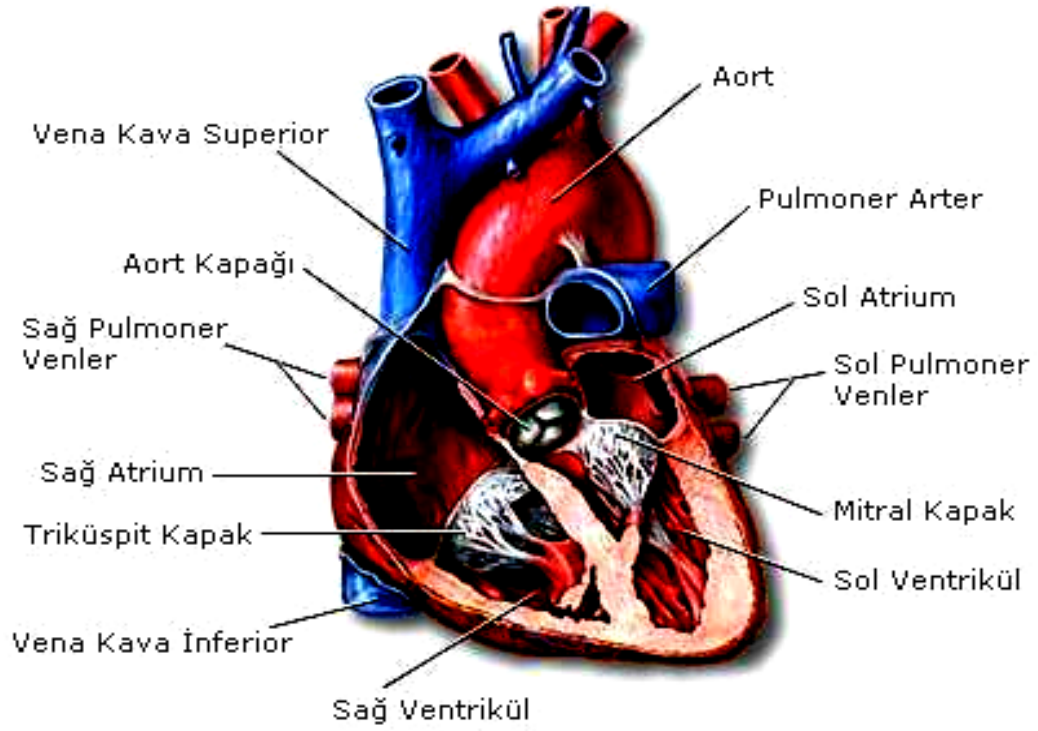
Sağda ve solda birer atrium ve ventrikül olmak üzere dört boşluktan oluşur. Sağdaki kulakçık ve karıncığı triküspit kapak; soldaki kulakçık ve

karıncığı ise mitral kapak ayırır. Kalbin sol karıncığının bitimi ile kalpten çıkan ve insanın en büyük atardamarı olan aort damarının başlangıcı arasında aort kapağı vardır. Benzer olarak pulmoner kapak sağ karıncık ile pulmoner damar arasındadır. Kalbin sağ sistemine tüm vücuttan gelen kanı toplayan damarlar (vena cava inferior ve vena cava superior) açılır. Bu kan akciğer atardamarı (Pulmoner arter) ile sağ sistemden ayrılır. Akciğerlerden akciğer toplardamarları (pulmoner venler) ile dönen kan, sol kulakçık ve sol karıncığı dolaşarak aort damarları ile tüm vücuda pompalanır.

Kalbin dış yüzünü perikard denilen çepeçevre bir zar kaplar. Bu zar ile kalp arasında, kalbin çalışırken rahat hareket edebilmesi için çok az miktarda kayganlaştırıcı sıvı bulunur (20).

KALP SİKLUSU

Kalp siklusu sistol olarak isimlendirilen atrium ve ventriküllerin kasılması ve diyastol olarak isimlendirilen atrium ve ventriküllerin gevşemesinden oluşmaktadır. Bir kalp siklusu 0,8 saniye sürer. Bunun 0,5 saniyesi diyastol, 0,3 saniyesi sistoldür. Kalp hızlandıkça bu süreler kısalır, daha çok ta diyastol süresi etkilenir. İnsan vücudu yaklaşık 4–6 lt kan ihtiva eder, fakat her bir tam siklusta bunun çok az bir bölümünü vücuda pompalar. Ağır egzersiz gibi durumlarda kalp her bir siklusta gönderdiği kan miktarını artırabilir. Kalp küçük bir organ olmasına karşın her gün yaklaşık 7500 kg (7,5 ton) kan pompalar (17).



Şekil 1 Kalbin Genel Yapısı (17)

KALBIN ÖZEL İMPULS DOĞURUCU VE İLETİCİ SİSTEMİ

Kalp kasında uyarıların başlatıldığı ve iletiildiği özel bir sistem vardır. Bu sisteme kalbin uyarı ve ileti sistemi denir. Kalp kası hücrelerinin özelleşmesi ile oluşan bu yapılar şunlardır.

- Sinoatrial düğüm
- Atrioventriküler düğüm
- His demeti, His demetinin sağ ve sol dalı
- Purkinje sistemi (17).

Kalp kasının kasılmasını başlatan ve kasılma - gevşeme evrelerinin hızını tayin eden S-A düğümüdür. Bu nedenle, S - A düğümüne kalbin pacemaker (peysmeyker) denir. Peysmeyker, hareketi başlatan, hareket hızını tayin eden anlamına gelir. S-A düğümü kendiliğinden (spontan) impuls yaratır ve meydana gelen depolarizasyon dalgası, tüm kalp kaslarına yayılır. Bir kalp hücresinde meydana gelen depolarizasyon, hücrelerarası geçit

bölgeleri (alçak dirençli bölgeler) yoluyla, bağlantı kurduğu diğer hücrelere geçer (18).

Kalbin farklı bölümlerinde sıklıkla AV düğümü ve purkinje liflerinde sinüs düğümünden daha yüksek hızda uyarı doğurabilir. SA nodu dışındaki bu uyarı odaklarına ektopik pacemaker denir. Ektopik uyarılar kalbin çeşitli bölümlerinin kasılma sıralamasını bozar, kalbin pompalayıcı etkisinin zayıflamasına yol açar (17).

S - A düğümünde meydana gelen aksiyon potansiyeli, tüm kalp hücrelerinde bir tek aksiyon potansiyeli meydana gelmesine neden olur. Kalp kasılır ve gevşer, ikinci bir kasılma için peysmeykerden tekrar depolarizasyon başlaması ve kas hücrelerine yayılması gerekir.

Bazı tip kaslar, örneğin, kalp kas hücreleri, bağırsakların ve uterus'un düz kas hücreleri, kendiliklerinden ritmik kasılmalar gösterirler. Bir kalp kas telini izole edip yaşayabileceği bir ortama koyarsak, ritmik kasılmalarına devam eder.

Ritmik biçimde impuls doğuran hücreler (kalbin peysmeyker hücreleri, kalp kas hücreleri, otomatik düz kas hücreleri gibi) değişken bir membran, potansiyeline sahiptirler. Bir impuls sona erdikten ve istirahat potansiyeline eriştikten sonra membran potansiyeli istirahat düzeyinde durmaz; yavaş yavaş membran potansiyeli değişerek (örneğin - 60 mV'dan 0 mV'a doğru yükselerek) uyarılma eşik değerine ulaşır ve membranı depolarize eder. Bu şekilde istirahat potansiyelinde durmayıp kendiliğinden membranı depolarize edecek düzeye ulaşan potansiyele "prepotansiyel" ya da "peysmeyker potansiyeli" denir. Kalbin diyastol evresinde peysmeyker hücrelerde kendiliğinden oluşan peysmeyker potansiyeli yeni bir depolarizasyonu başlatır.

Peysmeyker potansiyelinin meydana gelişi hakkında çeşitli araştırmalar vardır.

Peysmeyker hücrelerin ve kalp kas hücrelerinin kendiliklerinden aktivite göstermelerine, kateşolaminlerin (epinefrin, norepinefrin gibi) etkisi olduğuna dair deliller çoktur. Peysmeyker hücreler kateşolamin depo ederler ve salarlar. Bu hücreler simpatik ve parasimpatik sinirlerle bağlantı

kurmuşlardır. Peysmeyker hücrelerin kateşolaminleri tüketilirse (ki bu iş rezepin ile yapılabilir), fonksiyon yapamazlar. Kültürü yapılmış kalp hücrelerinin kateşolaminleri tüketilirse, kasılmalar kaybolur. Epinefrin yahut norepinefrin ilâve edilirse, kasılma tekrar başlar. Kateşolaminler hücreye dışarıdan etki yaparsa, hücre içine Ca^{++} girişini artırır ve bunu cAMP yoluyla yaptıklarına dair delil vardır. Hücre içine Ca^{++} girişi ise, kateşolaminlerin hücreden çıkmasına neden olur. Bütün kateşolamin dışarı çıkınca, hücre uyarılmaz, cAMP miktarı normale iner ve Ca^{++} girişi durur; depolarizasyon sona erer. Kalsiyum hücreden dışarı pompalanır ve hücre yeniden polarize duruma geçer. Yavaş yavaş kateşolamin yeniden şekillenir ve normal düzeye erişince, spontan aktivite yeniden başlar.

Bugün mevcut bilgilere göre, kendiliğinden ritmik kasılmanın nedeni şöyle açıklanıyor: Peysmeyker potansiyeli meydana getiren neden, hücre membranının potasyum iyonuna karşı geçirgenliğinin yavaş fakat devamlı biçimde azalmasıdır. Potasyum geçirgenliği azalınca hücre içinde potasyum, yani pozitif yük, artmaya başlar. Membran potansiyeli impuls doğması için gerekli düzeye (eşik değere) ulaşıncaya membran depolarize olur ve aksiyon potansiyeli doğar.

Peysmeykerde doğan aksiyon potansiyeli kalp kasına yayılır ve kalp kas hücrelerini uyarak kasılmaya sevk eder.

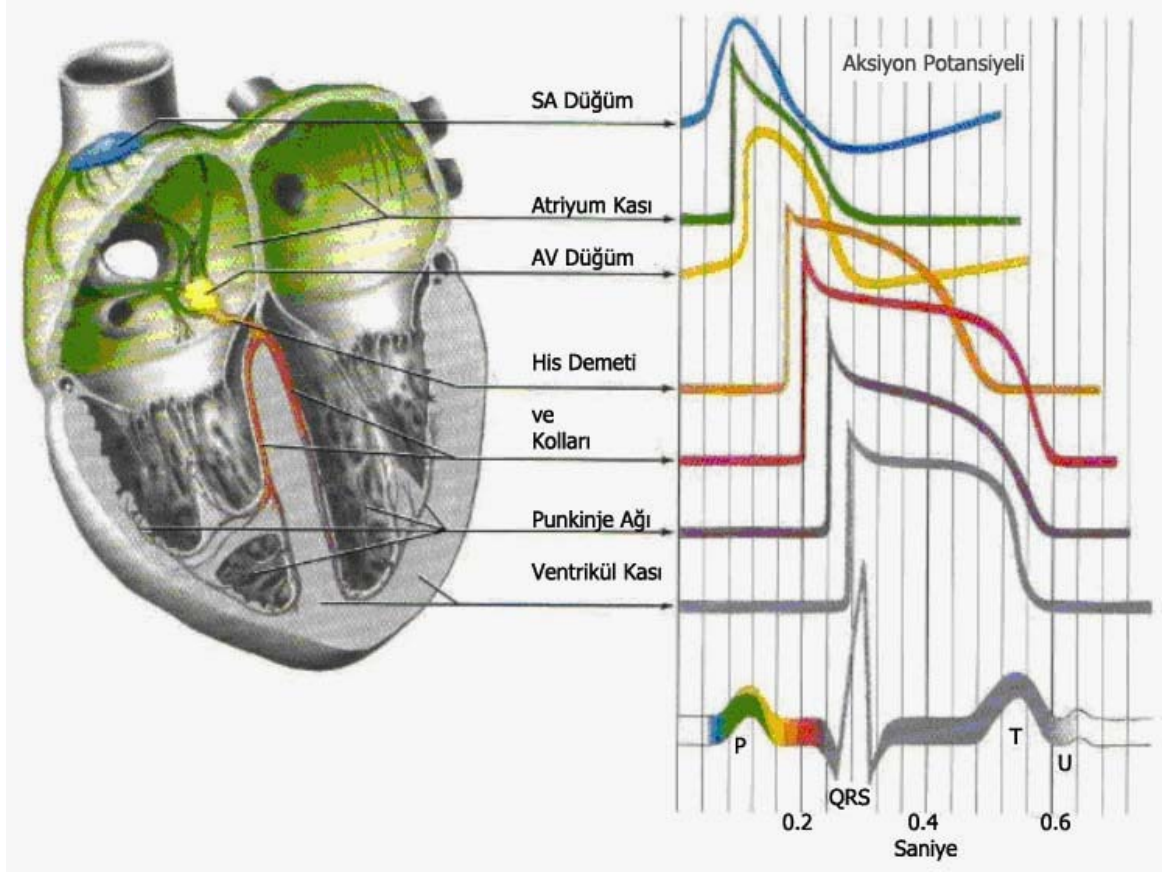
Kalp kas hücrelerinin istirahat potansiyeli içte negatif olmak üzere 80 mV civarındadır. Peysmeykerde doğan aksiyon potansiyeli kas hücresine ulaşıncaya hücreyi uyarır, depolarize eder ve aksiyon potansiyeli, oluşur. Hızlı depolarize olma hücreye hızlı Na^{+} girişinden ileri gelir. Sonra repolarize olma evresi başlar ve bu evrede bir düzlük (plato) görülür. Platoyu oluşturan hücreye Ca^{++} girişindeki artıştır. Bundan sonra repolarize olmanın son evresi başlar ve aksiyon potansiyeli istirahat düzeyine doğru iniş gösterir. Bu inişin nedeni de hücreden K^{+} çıkışının artmasıdır. Kalp ventrikulus kaslarının tüm aksiyon potansiyel evresi 200 – 250 milisaniye kadar sürer.

Bir tek kalp kas hücresi ayrılrsa ve yaşayabileceği ortama konsa, ritmik kasılmalarına devam eder. Bu gösterir ki, kalp kas hücreleri de (Peysmeyker hücreleri gibi), kendiliklerinden impuls doğurma yeteneğine sahiptirler. Kalbin

kondüksiyon sisteminin herhangi bir bölgesi de (örneğin, atriyo - ventriküler düğüm, His demeti, bunun kolları, Purkinje sistemi) kendiliğinden impuls doğurma yeteneğine sahiptirler. Ancak, kalpte en hızlı impuls doğurucu yer sinu - atriyal (S - A) düğümüdür. Diğer bölgelerde peysmeyker potansiyeli eşik değere ulaşmadan S - A düğümü peysmeyker potansiyeli eşik değere ulaşır ve doğan aksiyon potansiyeli diğer bölgeleri etikisi altına alır. Bu nedenle S - A düğümüne "dominant peysmeyker" denir.

Herhangi bir nedenle S - A düğümünden (dominant peysmeykerden) impuls doğmaz ya da bloke edilmiş olursa, kalbin diğer kondüksiyon bölgelerinin bir yeri ya da kalp kası peysmeyker durumuna geçebilir. Peysmeyker S-A düğümünden başka bir yerde oluşursa bu peysmeykere "ektopikpeysmeyker" denir.

S- A düğümünde meydana gelen depolarizasyon dalgası, saniyede 0,3 metre hızla her iki atrium (kulakçık) kaslarına yayılır. Sinu-Atrial düğüm ile atrioventriküler düğüm arasında ve S - A düğümü ile sol atriyum arasında özel iletim yollarının varlığı tespit edilmiştir (internodal ve interatrial iletim yolları). Sinu - atrial düğümde meydana gelen impuls, atriyum kaslarına yayılabildiği gibi, tercihen interatrial ve internodal yollarla yayılmaktadır. Zira bu özel yolların iletim hızı atriyum kaslarının iletim hızından fazladır. Kulakçıkların elektriksel aktivitesi karıncıklara A-V düğümü aracılığı ile geçer. A - V düğümü uyarılınca, bunun impulsları His demeti ve bunun sağ ve sol kolları vasıtasıyla karıncık kaslarına iletilir. A-V düğümünün impuls iletim hızı yavaştır (saniyede 0,1 metre) (27).



Şekil 2 Kalbin İmpuls Doğuran ve İleten Sistemi (17)

His demetinin impuls iletim hızı ise saniyede 1,5 – 2,5 metre kadardır ki oldukça hızlı demektir. His demetinin bu hızlı iletimi sayesinde, depolarizasyon dalgası çabucak bütün karıncık kaslarına yayılarak iki karıncığın aynı anda kasılmalarını sağlar. Kalbin impuls doğurucu ve iletim sisteminin ve kalp kaslarının bu özel tertibinin fonksiyonel önemi, kulakçık ve karıncıkların ayrı ayrı ve fakat senkronize bir biçimde kasılabilmelerindedir. A - V düğümde impuls iletiminin yavaş oluşu, kulakçıkların karıncıklardan önce kasılmalarını tamamlamalarını ve kanın kulakçıklardan karıncıklara girmesi için gerekli zamanı sağlar.

His demeti sağ ve sol kollarının miyokardiyum içine giren ince dallarına Purkinje sistemi (Purkinje ağı) denir. Purkinje sisteminin önemli fonksiyonu, her iki karıncığın birden ve hızlı bir şekilde kasılmalarını

sağlamaktır. Karıncık kaslarının impuls iletimi yavaştır. Purkinje sistemi olmasaydı, karıncık kaslarının tümü aynı anda kasılamaz ve kalp etkili bir pompalama gücüne sahip olamazdı.

Yukarıda belirtilen açıklamalardan anlaşılacağı gibi, kalp otomatik bir organdır ve kendi kasılmaları için gerekli impulsu kendisi yaratır. Kalbin impuls yaratıcısı da (peysmeykeri) S - A düğümüdür (27).

KALBIN ELEKTROFİZYOLOJİSİ

Kalpdeki elektriksel değişikliklerin kaydedilmesi işine elektrokardi-yografi (EKG) ve kaydedilmiş çizgilere de elektrokardiyogram denir. Elektrokardiyografin elektrotları sol kol, sağ kol ve sol bacağa bağlanır. Derinin iletkenliğini sağlamak için metal elektrotların deri ile temas edeceği yerlere, elektrolit taşıyan bir jel sürülür, iki kol ve bacağa elektrotlar konarak, ortasında kalb bulunan bir üçgen meydana getirilmiş olur (Einthoven üçgeni) . Üç elektroddan herhangi ikisi devreye bağlanarak derivasyonlar elde edilir. Standard bipolar derivasyonlar aşağıda belirtilmiştir.

Derivasyon I = Sağ kol, sol Kol

Derivasyon II = Sağ kol, sol bacak

Derivasyon III = Sol kol, sol bacak

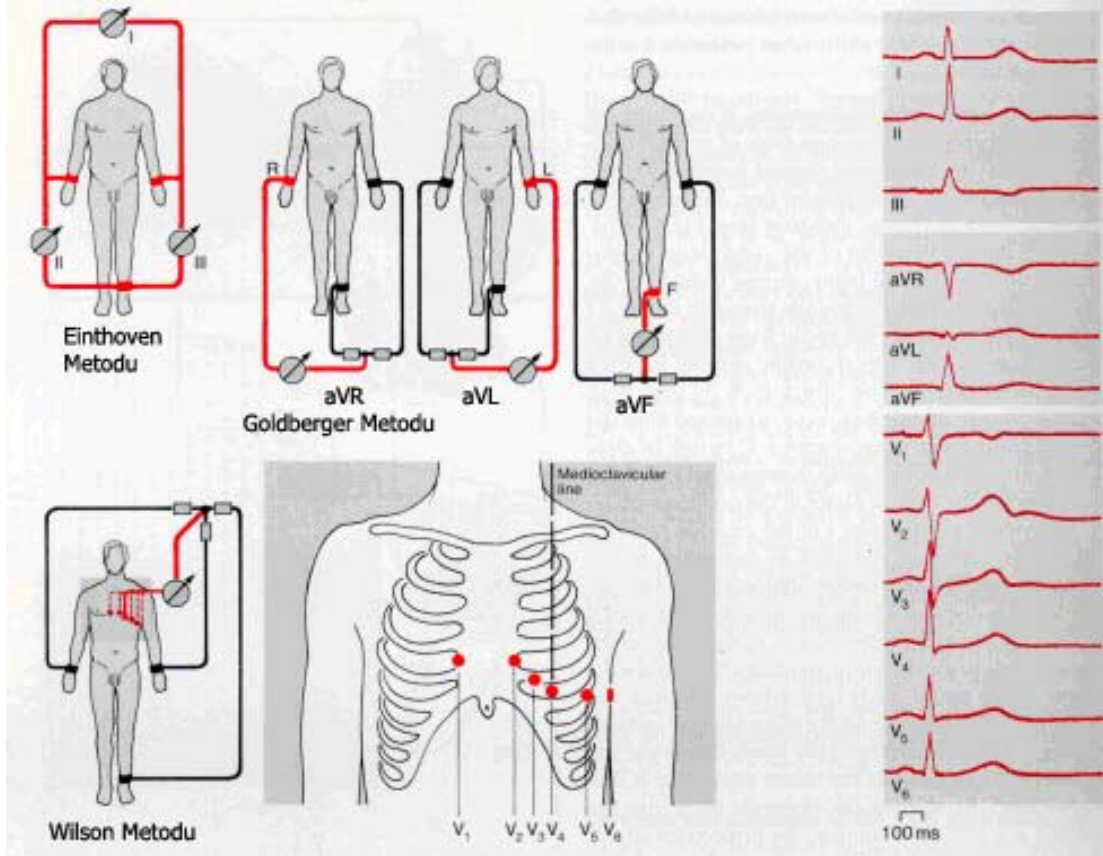
Kalbin sinu - atriyal düğümünde başlayan uyarı dalgası kalp üzerine yayılır. Bu elektriksel değişiklik vücut yüzeyine de yayılır. Vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlarla iki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkı ölçülebilir. Zamana bağlı olarak bu elektriksel alanın büyüklüğü ve hareket yönü kaydedilirse elektrokardiyogram (EKG) elde edilmiş olur. Buna göre, elektrokardiyogram kalpteki elektriksel değişikliği gösterir; kalbin kontraksiyonu ve pompalama gücü hakkında bilgi vermez. Elektriksel değişikliğin hareket yönü uyarılmış bölgeden uyarılmamış bölgeye doğrudur. Uyarılmış bölge uyarılmamış bölgeye göre negatif yüklüdür; buna göre vektörün (uyarı dalgasının) yönü negatiften pozitifeye doğrudur (17).

ELEKTROKARDİOGRAM DALGALARININ AMPLİTÜDÜ (YÜKSEKLİĞİ, VOLTAJI)

Elektrokardiyogram dalgalarının yükseklikleri (voltajları), zaman ile ilgili değerlendirmelerin aksine, elektrotların yerleştirildiği vücut bölgesine göre değişkenlik gösterir. Özellikle voltaj açısından yapılan değerlendirmelere esas olmak üzere, elektrokardiyografide elektrotların yerleştirileceği vücut bölümleri konusunda bir standart oluşturulmuştur. Buna göre standart bir EKG muayenesinde 12 ayrı elektrot grubu kullanılarak kayıtlar yapılır. Bu elektrot gruplarına derivasyon adı verilir. EKG derivasyonları üç kategoride incelenir:

- Bipolar ekstremite derivasyonları (DI, DII, DIII)
- Unipolar ekstremite derivasyonları (aVR, aVL, aVF)
- Unipolar göğüs derivasyonları (V1-V6)

Aşağıdaki şekil bu derivasyonların hangi elektrot gruplarıyla kaydedildiğini ve tipik dalga biçimlerini göstermektedir.



Şekil 3 Derivasyonlar, Elektrot Grupları ve Tipik Dalga biçimleri (19)

Vücut yüzeyine konan elektrodun kaydedici alete bağlanışına göre bir bipolar (iki kutuplu) kaydetme: birde unipolar (tek kutuplu) kaydetme (EKG yazdırma) ayırt edilir. Einthoven metodu ile yazdırma bipolar bir yazdırmadır; zira iki elektrod arasındaki potansiyel fark yazdırılmaktadır. Her iki elektrod da aktif elektroddur. Derivasyonlar I, II ve III olarak gösterilirler. Goldberger metodunda ise vücuda bağlı üç elektroddan ikisi dirençler üzerinden geçirilerek birbirine bağlanır ve tek uç elde edilir. Bu elektrod sıfıra yakın bir potansiyeli muhafaza eder ve referans elektrodu (indifferent elektrod) görevi yapar. Üç uçtan diğeri ise aktif (yazdırıcı) elektrodu oluşturur. Burada aktif elektrod referans elektroduna göre potansiyel farkını ölçer. Referans elektrodu iki ekstremiteden geldiğinden potansiyel farkını % 50 artırır. Bu nedenle Goldberger derivasyonları artırılmış (çoğaltılmış) anlamına gelen augmented derivasyonlardır. Goldberger derivasyonları aktif elektroda göre adlandırılırlar ve aVR, aVL, aVF ile simgelenirler.

- a = augmented (artırılmış)
V = voltaj
R = sağ kol (Right arm)
L = sol kol (Left arm)
F = sol ayak (Left foot)

Üçüncü bir EKG yazdırma metodu Wilson metodudur ki, bunda üç ekstremiteden gelen elektrod uçları birleştirilir ve referans elektrodunu oluştururlar. Dördüncü bir uç aktif elektrodu oluşturur ve göğüs üzerinde çeşitli noktalara konarak V1 den V 6'ya kadar altı göğüs (prekordiyal) derivasyonları elde edilir. Wilson metodu da ünipolar EKG kayıt metdodudur.

Depolarizasyon dalgası aktif elektroda doğru hareket ederse, EKG'de pozitif bir dalga oluşturur; aksi yönde hareket ederse negatif dalga oluşturur. Diğer bir deyişle, aktif elektrod referans (indifferent) elektroduna göre pozitif olursa yukarı doğru; aktif elektrod negatif olursa aşağı doğru bir dalga (deffeksiyon) oluşturur. Elektrokardiyogramdaki dalgalar P, QRS ve T ile gösterilir.

Ayrıca, ünipolar göğüs derivasyonları (V1den V 6 ya kadar) ve ünipolar kol ve ayak derivasyonları (VR, VL, VF) vardır (27).

ELEKTROKARDİYOGRAMDAKİ DALGALARIN ANLAMI

P Dalgası (Atrial Kompleks)

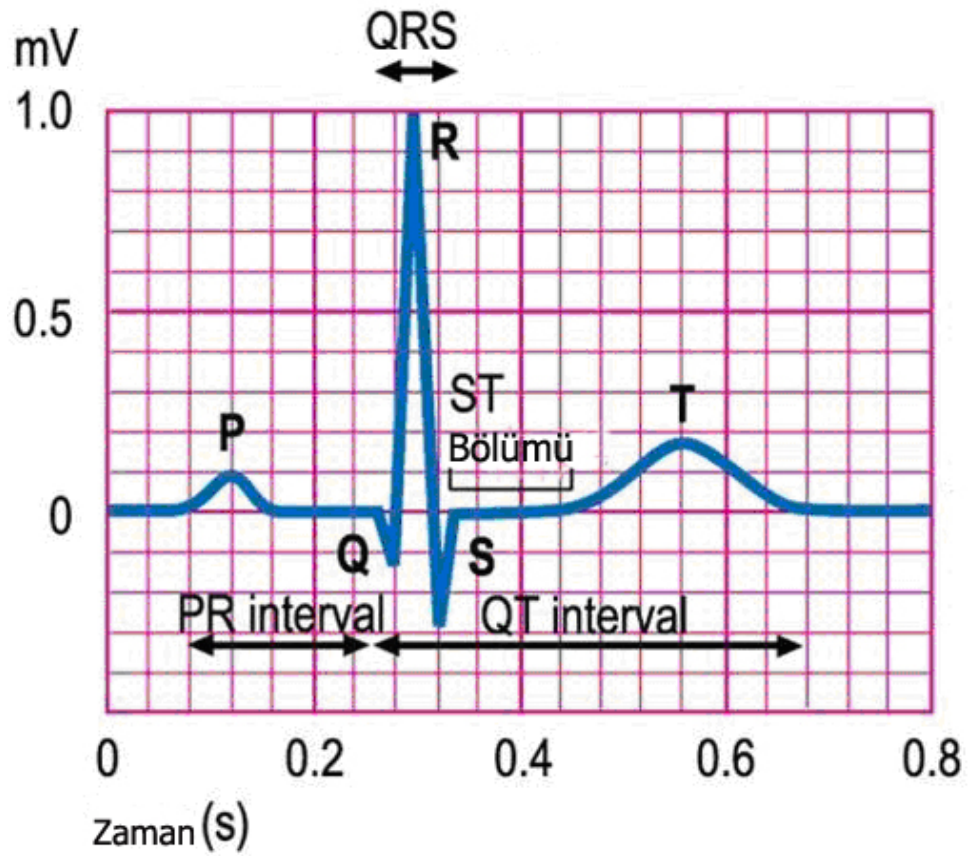
"P" dalgası, impulsun S-A düğümünden atriyum'lara geçişini temsil eder. İnsanda devamı 0,1 saniye kadardır. "P" dalgasının sonunda impuls A-V düğümüne ulaşmıştır. "P" dalgasının yüksekliği, atriyum fonksiyonel aktivitesi hakkında bilgi verir.

P-R Aralığı (HİS Demeti iletim Zamanı)

"P" dalgasının başlangıcından "R" dalgasının başlangıcına kadar geçen zaman His demetinin impuls iletim (conduction) zamanını temsil eder. Bu zaman normal insanda 0.13–0.16 saniye kadardır.

Q R S T Dalgaları (Ventriküler kompleks)

EKG de atriyumların repolarizasyonu ventriküllerin depolarizasyonu ile baskılanır. "P" dalgasından sonra kısa bir izoelektrik devre vardır. Bundan sonra gayet küçük aşağı doğru bir dalga vardır ki, bu "Q" dalgasıdır. Bunu gayet bariz, yüksek ve yukarı doğru "R" dalgası takip eder ve bunun sonunda gene küçük ve genellikle belirsiz ve aşağı doğru olan "S" dalgası görülür. "S" dalgasından sonra trase tekrar izoelektrik düzeye döner (27).



Şekil 4 Elektrokardiyogramda Dalgalar Zaman ve Voltaj Açısından Değerlendirilmesi (19)

"QRS" ventriküllerin depolarize olmasını temsil eder ve devamı 0.08 saniye kadardır; 0,1 – 0.12 saniyeden fazla olmamalıdır "QRST" zamanı 0.4 saniye kadardır. Ventrikül kaslarının yapısında değişme olursa "QRS" değişir. His demeti ve bunun kollarında iletim bozuklukları "QRS" te değişikliğe neden olur. Örneğin, hipertansiyonda sol kalp büyümesi varsa "R" çok yüksek olur.

"R" dalgasının yukarı doğru çıkışı ile karıncıkların kontraksiyona başlaması aynı zamanda olur. "T" dalgasının sonu ise, ventriküllerin sistolünün sonuna rastlar (27).

Tablo 1 Normal Bir Elektrokardiyogramdaki Bazı Önemli İnterval ve Segment Değerleri (19)

Toplam siklus	0.80–0.85 saniye
PR intervali	0.16–0.20 saniye
QT intervali	0.32–0.39 saniye
PR segmenti	0.09–0.11 saniye
ST segmenti	0.08–0.09 saniye
QRS süresi	0.06–0.09 saniye

EGZERSİZDE KARDİYOVASKÜLER SİSTEM

Kalp ve dolaşım sisteminin görevi gerekli kan akımını sağlayarak vücut dokularının beslenmesini ve hemostasisini sağlamaktır. Kalbin kan pompalayabilmesi ve kanın taşıma özellikleri ile birlikte hemostasis sağlanmakta ve özellikle egzersiz ile artan metabolik gereksinimler karşılanabilmektedir (11).

Egzersiz esnasında, dolaşım sisteminin görevi, aktif dokulara gerekli kanı temin etmektir. Bu sayede doku ve kas ihtiyacı olan oksijen ve diğer besin maddelerini aldığı gibi, metabolik faaliyetler sonucu ortaya çıkan artık maddelerinin de atılması sağlanır. Uzun süren egzersizlerde dolaşım sisteminin ikinci bir görevi de, vücut ısısını normalde tutmaktır. Dolaşım sisteminin kontrolü otonom sinir sisteminin bölümü olan sempatik sinir sistemi tarafından yapılır.

Egzersizde, akciğerler ile hücreler arasında gazların taşınması yoğunlaşır. Kan ve dolaşım apareyi (kalp-damarlar) bu adaptasyona katılırlar. Egzersize dolaşım sisteminin uyumu yaş, cins, vücut postürü, şahsın kondüsyon düzeyi gibi faktörlere bağlıdır.

Normal koşullarda, dinlenme esnasında kalbin dakikada periferik gönderdiği kan 5–6 litredir (kardiyak debi). Egzersize başlandığı zaman, kalbin dakika volümü ihtiyaca cevap verecek şekilde artar ve dokulara dağılım, çalışan dokulara daha fazla, çalışmayan dokulara daha az olmak üzere orantılı olarak değişir. Yani, kalbin tüm organizmaya bir dakikada gönderdiği total kan miktarı ve bunun dokulara dağılımı dokuların ihtiyaçlarına göre fizyolojik bir uyum gösterir (21).

Egzersizle birlikte organizmanın gereksinimleri artış gösterir. Aktif kasların O₂ kullanımı artar ve daha çok besin maddelerinin kullanımına ihtiyaç duyulur. Metabolik süreçler hızlanarak ve daha çok atık madde oluşturulur. Özellikle sıcak havada yapılan uzun süreli egzersizlerde vücut ısısı ve terleme artar. Şiddetli egzersizlerde ise H⁺ iyonlarının kandaki ve kastaki yoğunluğu artar ki; bu da kas-kan pH'sının düşmesine neden olur. İşte bu gereksinimleri karşılamak ve egzersize adapte olmak için

kardiovasküler sistemde değişiklikler (adaptasyon) gerçekleştirmek zorundadır.

Fiziksel egzersizlere dolaşım sisteminin uyumu yaş, cinsiyet ve kondüsyon gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Egzersizde artan metabolik gereksinimler ise kalp atım sayısı, kalp atım hacmi ve kan akımının artışı ile sağlanabilmektedir (14).

KALP DEBİSİ

Kalp debisine kalbin dakika volümü (kardiak output) adı da verilmektedir. "Kalp debisi" kalbin bir dakikada pompalayabildiği kan miktarıdır.

$$\text{Kalp debisi} = \text{Atım hacmi} \times \text{Kalp atım hızı (nabız)} = \text{lt/dk}$$

Kalp debisi; kalbin atım hızı ve atım hacminin çarpımına eşittir. Çünkü atım hacmi kalbin bir kasılmada pompalayabildiği kan miktarıdır. Kalp debisi ise atım hacminin (stroke volüm) kalp atım hızı ile çarpımı ile elde edilmektedir.

Kalbin her bir kasılmada periferik pompalayabildiği kan miktarı (stroke volüm) 70 ml (bayan 50–70 ml), kalbin bir dakikada kasılma sayısı (atım hızı) ise 70 atım/dk'dır. Buna göre;

$$\text{Kalp debisi} = \text{Atım hacmi} \times \text{kalp atım hızı} = 70 \text{ ml} \times 70 \text{ atım/dk} = 4.9 \text{ lt/dk'dır.}$$

İyi antrene edilmiş performans sporcularında atım hacminin istirahatta 80–120 ml gibi bir düzeyde olduğu ve egzersizde 120–150 ml'ye ulaşarak kalp debisinin 42 lt/dk'ya kadar arttığı görülmüştür.

Egzersizde sporcu olmayanlarda kalp debisi 4 kat artarken, aktif sporcularda 7 kat artabilmektedir. Sporcularda Max VO₂'nin yüksek oluşunun en önemli etkeni olan kalbin atım hacmi ne kadar yüksek ise Max VO₂'de o derece yüksek olmaktadır. Aktif sporcularda meydana gelen kalp kasının hipertrofisi ile kalp hacmi 800 cc'den 1000 cc'ye kadar artabilmekte bunun sonucu olarak kalp debisi de artmaktadır. Kalp debisi aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir (14).

$$\text{Kalp Debisi} = \frac{\text{O}_2 \text{ tüketimi (ml/dk)}}{\text{A-VO}_2 \text{ farkı (ml/100 cc kan)}} \times 100 = \text{lt/dk.}$$

Kalp atım hacmi, şu dört fizyolojik faktör tarafından kontrol edilir.

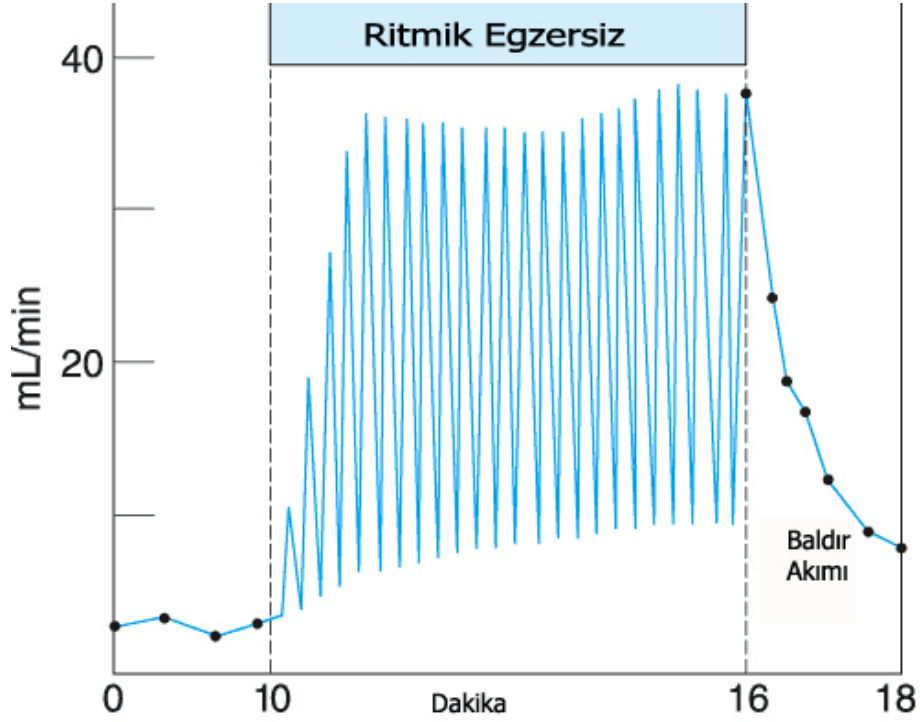
- Kalbin kan ile dolmasında etkili basınç
- Karıncıkların diastol sırasında genişleyebilme yeteneği
- Kalbin kasılma gücü
- Arteriyel kan basıncı.

Kalp, atriyum kası, ventrikül kası ve özelleşmiş uyarıcı ve iletilici kas lifleri olmak üzere üç temel kas tipinden oluşur. Atriyum ve ventrikül kasları, hemen hemen iskelet kası gibi kontraksiyon yapar, yalnız kontraksiyon süresi daha uzundur. Öte yandan, özelleşmiş uyarıcı ve iletilici kas lifleri çok az kontraktif lif taşıdıklarından ancak zayıf olarak kasılırlar; gerçekten, ritmik özellikleri ve hızlı ileti yetenekleriyle bu lifler, kalpte uyarıcı sistemi ve uyarıcı impulsların bütün kalbe yayılmasını sağlayan ileti sistemini oluştururlar.

KAS KAN AKIMI

Kas kasıldığı zaman maksimal geriminin % 10'undan fazlası meydana gelirse içindeki damarları sıkıştırır. (Şekil 6); bununla beraber egzersiz halindeki kasta kasılmalar arasında akım o kadar çok artmıştır ki bir zaman biriminde kan akımı 30 katına kadar yükselir. Kan akımındaki artış vücut faaliyetinin başlangıcında hatta ondan önce bile meydana geldiğinden başlangıçtaki yükselmenin sinirsel olarak iletilmesi gerekir. Sempatik damar genişletici sistemdeki impulslar belki ise karışmaktadır. Sempatektomiden sonra istirahat halindeki kasta kan akımı 2 misline çıkar ve böylece tonik damar daraltıcı deşarjda bir miktar azalma da belki bu işin içine girer. Bununla beraber bir defa egzersiz başlayınca yerel mekanizmalar yüksek

kan akımını devam ettirir ve normal ve sempetektomi yapılmış hayvanlarda akımda fark yoktur.



Şekil 6 Kuvvetli Ritmik Kasılma Sırasında Baldır Kasları İçerisinden Kan Akımı (11)

Egzersiz halindeki kasta yüksek kan akımını devam ettiren yerel mekanizmalar, doku PO_2 de azalma, doku Pco_2 de artma ve "damar genişletici metabolitler" in birikmesini kapsar. Aktif kasta ısı yükselir ve bu da damarları daha fazla genişletir arteriyollerin metarteriyollerin ve prekapiller sfinkterlerin genişlemesi açık kapillerlerin sayısında 10, 100 kat artmaya sebep olur. Aktif hücreler ve kan arasındaki ortalama uzaklık ve böylece O_2 ve metabolizma ürünlerinin difüzyonu için aşmak zorunda oldukları mesafe ileri derecede azalır. Genişleme damar yatağının enine kesit alanını artırır ve akamın hızı bu nedenle azalır.

Kapiller basınç, kapillerlerin uzunluğunca onkotik basıncı aşana kadar artar. Ayrıca, ozmotik olarak aktif metabolitlerin, dışarıya atılabileceğinden daha fazla bir hızda birikmesi kapiller duvarların iki yanında ozmotik farkı

azaltır. Bu nedenle interstisyel aralıklar içersinde sıvı sızması son derece artmıştır. Lenf akımı da ileri derecede çoğalmıştır, bu da interstisyel sıvının birikmesini sınırlar ve gerçekte onun günlük alış verişe uğrayan miktarını artırır. pH'nın azalması ve ısının artması hemoglobin dissosiyasyon eğrisini sağa saptırır böylece kan tarafından daha fazla O₂ verilir.

Alyuvarlardaki 2,3-DPG'nin konsantrasyonunda artış bildirilmiştir. Bu ayrıca hemoglobinin O₂ ye ilgisini azaltır. Net sonuç A-V O₂ farkında 3 kata kadar varabilen bir artıştır ve CO₂'nin dokudan dışarı iletimi de kolaylaştırılır. Bu değişikliklerin hepsi iskelet kasının tüketiminin beden çalışması sırasında 100 kat artmasını mümkün kılacak şekilde birleşirler. Enerji depolarının glukozun anaerobik metabolizması tarafından yenilediği ve kasın bir O₂ borcuna girdiği kısa dönemler içinde enerji veriminin daha da artması mümkündür (11).

Egzersizde kasa oksijen ve öteki besin maddelerinin sağlanmasını nihai olarak saptayan, kardiyovasküler fonksiyondur. Bu amaçla kasta, kan akımı egzersiz sırasında ileri derecede artar. Kan akımındaki büyük artış (yaklaşık 13 kat) yanında, her kontraksiyon işleminin geçici olarak bu akım azalmaktadır. Bu durumdan iki sonuç çıkarılabilir:

1- Kontraktıl olay intramüsküler kan damarlarına baskı yapar, böylece kuvvetli tonik kontraksiyonlar kasta yorgunluğun hızla gelişmesine yol açar. Çünkü sürekli kontraksiyonlar sırasında, oksijen ve besin maddelerinin sağlanması yetersiz olmaktadır.

2- Egzersiz sırasında kaslara kan akımı belirgin şekilde artabilir. Aşağıdaki karşılaştırmalar, iyi antrenmanlı bir atlette kan akımındaki maksimum artışı göstermektedir.

Dinlenme kan akımı: 3,6 ml/100 g kas/dak

Maksimal egzersiz sırasında kan akımı: 90 ml/100 g kas/dak

Kan akımının en ağır egzersiz sırasında maksimum 25 kat arttığı görülmektedir. Akımdaki bu artışın hemen yarısı, artan kas metabolizmasının doğrudan etkisine bağlıdır. Öteki yarısı ise, birçok faktörlerin sonucudur. Bunların en önemlisi belki de egzersizde arteriyel kan basıncında, yaklaşık yüzde 30 oranındaki artıştır. Basıncındaki bu artış yalnız kan akımını artırmakla

kalmaz, fakat arteriyollerin çeperini gererek, damar direncini daha da azaltır. Kan akımı kan başmandaki yükselme sonucu, iki kat daha çoğalır ve bu da metabolik vazodilatasyonun etkisini kuvvetlendirir (13).

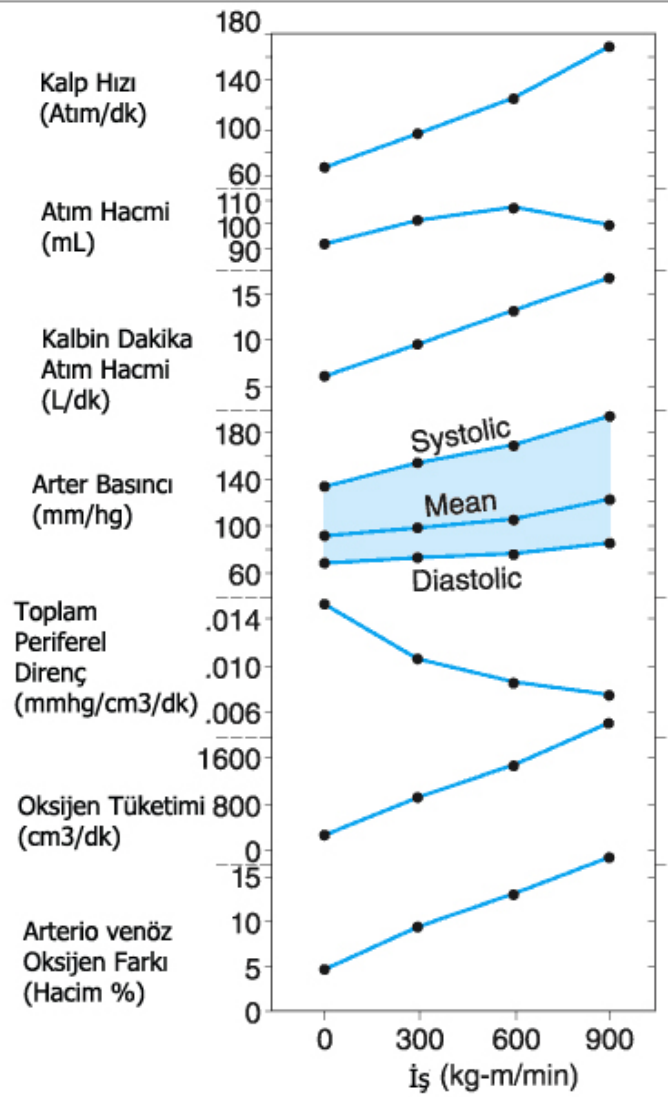
SİSTEMİK DOLAŞIMDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Kalbin dakika atım hacmi egzersiz sırasında dakikada 35 litreyi aşabilecek bir değere kadar artar. Bu artma miktarı oksijen tüketimindeki artma ile orantılıdır. Artış kalp hızı ve atım hacminde artma nedeni ile, kalp kası daha kuvvetli olarak kasılır ve ventriküllerdeki kanın sistol tonu hacminin daha büyük bir kısmını boşaltır. Kalp üzerinde bu kronotropik ve inotropik etkilerin her ikisi de kalbe giden adrenerjik sempatik sinirlerdeki aktivitenin artması nedeni ile. Kalp hızı, kas kan akımında olduğu gibi, egzersizin başlangıcında yada egzersizden önce artar; tahminen bu kalbin sempatik sinirlerindeki deşarjı arttırmak için medulla oblongatada toplanan psişik uyarıların sonucudur. Kalbi duraklatıcı merkezin inhibisyonu yolu ile vagus tonusunda meydana gelen azalma da egzersiz sırasında görülür. Kalp hızının artışı otonomik değişiklikler ve ayrıca Pco₂ daki artmanın medulla üzerindeki uyancı etkileri ve nihayet çalışabildiği derecede Bainbridge etkisi ile devam ettirilir.

Egzersiz esnasında erişilen maksimal kalp hızı yaşla azalır. Çocuklarda dakikadaki hız 200 ya da daha fazlaya çıkar, erişkinde dakikada ender olarak 195 atımı geçer ve hatta yaşlılarda yükseliş daha da azdır.

Her ne kadar venöz dönüşte artış, bir zamanlar düşünüldüğü gibi kalbin dakika atım hacminin artma nedeni değilse de venöz dönüşte büyük artışlar kalp tarafından dışarı atılan ekstra kanı ikmal için şarttır.

Kas ve göğüs pompalarının aktivitesindeki büyük artış kanın iç organlardan hareketi; genişlemiş arteriyollerden venlere intikal eden artan basınç, adrenerjik olarak meydana gelerek venlerde kan hacminin azaltan ven damarlarının daralması ile venöz dönüş artırılır. Splanchnik alan ve diğer rezervuarlardan hareket eden kanın miktarı yorucu egzersizler sırasında dolaşımın arter kısmındaki kan miktarını %30 kadar fazlalaştırabilir (11).



Şekil 7 Egzersizin Farklı Düzeylerinin Kalp Damar Fonksiyonu Üzerine Etkileri (11)

Egzersizde dolaşımdaki değişiklikler yukarıdaki şekilde özetlenmiştir.

Kan basıncı, kalbin dakika atım hacmi arttığı iç organlar, böbrekler ve diğer organlardaki damar daralması, aktif kaslardaki damar genişlemesine kısmen kompanse ettiği için ya aynen devam ettirilir; ya da orta derecede yükselme gösterir. (Tablo 2)

Egzersizden sonra, kan basıncı geçici olarak düşer. Beklide birikmiş metabolitler kısa bir süre için kas damarlarını genişlemiş durumda tutar. Fakat derhal egzersizden önceki düzeyine geri gelir. Kalp hızı normale daha yavaş döner (11).

Tablo 2 Kalbin Dakika Atım Hacmi ve Bölgesel Kan Akımı(mL/dk) (9)

	İstirahat	Egzersiz
Kalbin Dakika Atım Hacmi	5400	17.500
Beyin Kan Akımı	750	750
Kalp Kan Akımı	250	1000
Aktif İskelet Kası Kan Akımı	650	20,850
Pasif İskelet Kası Kan Akımı	650	300
Deri Kan Akımı	500	500
Diğer Kan Akımı	600	400
Böbrek, Karaciğer, Gastrointestinal Bölge ve Diğerleri	3100	600

EGZERSİZDE YAPILAN İŞ, OKSİJEN TÜKETİMİ VE KALP DEBİSİ

Kasın yaptığı iş, oksijen tüketimini artırır ve oksijen tüketimi de kas kan damarlarını genişleterek, venöz dönüşü ve kalp debisini çoğaltır. Aşağıda çeşitli düzeylerdeki egzersizlerde tipik kalp debileri gösterilmiştir:

- Ortalama yapıda genç erkekte, dinlenmede: 5,5 litre/dak
- Genç antrenmansız şahısta, egzersizde maksimal debi: 32 litre/dak
- Erkek maratoncuda maksimal debi: 30 litre/dak

Normal antrenmansız kişide, kalp debisinin dört katın biraz üstüne çıktığı, iyi antrenmanlı atlette ise debinin altı kat yükselebildiği görülmektedir. Bazı maratoncularda kalp debisinin dakikada 35–40 litre kadar yükselebildiği gözlenmiştir (13).

ANTRENMANIN KALP HİPERTROFİSİ VE KALP DEBİSİNE ETKİSİ.

Yukarıdaki verilere göre, maratoncularda maksimum kalp debisinin antrenmansız kişilere göre, yüzde 40 daha yüksek düzeye çıkarılabileceği anlaşılmaktadır.

Tablo 3 Sporcu ve Sedanterlerde Maksimal Egzersiz ve Dinlenme Sırasında Atım Sayısı/Dakika ve Atım Hacmi Farklılıkları (13)

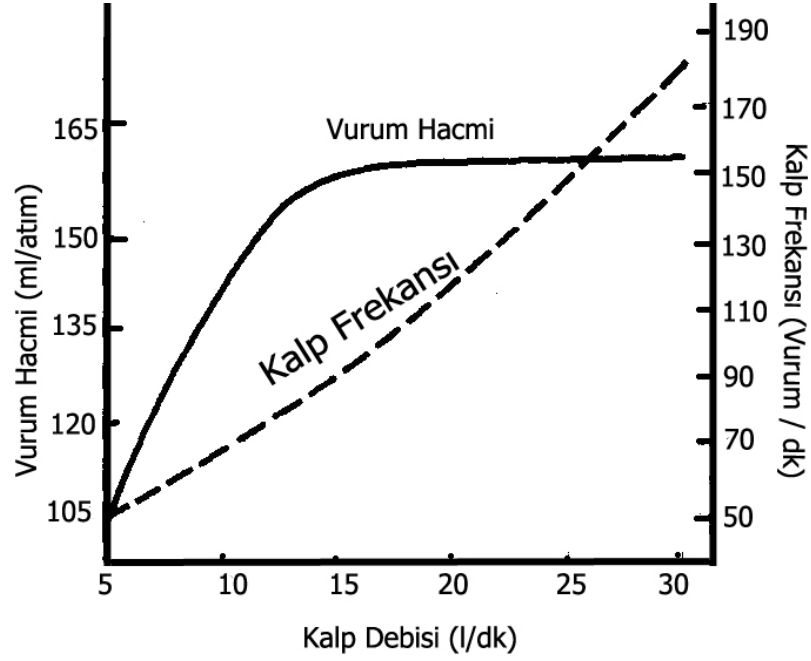
	Dinlenme		Maksimal Egzersiz	
	Sedanter	Maratoncu	Sedanter	Maratoncu
Atım Hacmi(ml)	75	105	110	162
Kalp Hızı (Vurum Sayısı/Dk)	75	50	195	185

Bu sonuçlar başlıca, maratoncularda kalp boşluklarının yaklaşık yüzde 40 kadar genişlemesi ve bu genişlemeye paralel olarak da kalp kitlesinin yüzde 40 artmasına bağlıdır. Böylece atletik antrenmanlar sırasında yalnız iskelet kasları değil, kalp de hipertrofi olur. Ancak kalbin genişlemesi ve pompalama gücünün artışı yalnız mukavemet tipi antrenmanlarda görülür, sprint tipinde görülmez.

Maratoncuların kalbi normal şahıslardan daha geniş olmakla birlikte, dinlenme sırasında kalp debisi hemen hemen normallerin tam aynıdır. Ancak bu normal kalp debisini, büyük atım hacmi ile azalmış bir kalp hızı sağlar. Yukarıdaki tabloda antrenmansız bir şahısla maratoncunun atım hacmi ve kalp hızı karşılaştırılmaktadır.

Böylece her bir kalp vurumunun pompalama etkinliği antrenmanlı atlette, antrenmansız bir şahsa göre yüzde 40–50 oranında daha yüksektir, fakat dinlenmede kalp hızı buna uyan bir azalma gösterir (13).

KALP DEBİSİNİN ARTMASINDA ATIM HACMİ VE KALP HIZININ ROLÜ



Şekil 8 Maraton Atletlerde, Çeşitli Kalp Debisi Düzeylerinde Yaklaşık Vurum Hacmi ve Kalp Frekansı (13)

Şekil 8 de, kalp debisini dinlenme düzeyi olan 5,5'ten, maraton koşucusundaki gibi, dakikada 30 litreye çıkması sırasında, kalp atım hacmiyle, kalp hızındaki değişmelerin yaklaşık değerleri görülmektedir. Atım hacmi, 105 ml'dan 162 ml'ye çıkarken, yüzde 50 artar; kalp hızı dakikada 50'den 185'e yükselirken ise yüzde 270 bir artış vardır. Böylece ağır egzersiz sırasında kalp debisinin artmasında kalp hızındaki artışın, atım hacmindeki yükselmeden çok daha büyük oranda rol oynadığı görülmektedir. Kalp debisi, maksimumun yarısına ulaştığı zaman, vurum hacmi kendi maksimum değerini kazanır. Kalp debisinin bundan sonraki yükselmesi kalp hızındaki artışa bağlıdır (13).

KALBİN DAKİKA ATIM HACMİNİN KONTROLÜ

Sağlam insan ve hayvanlarda belirli mekanizmalar kalbin dakika atım hacmini devam ettirmek için entegre bir şekilde çalışır. Kas egzersizi sırasında sempatik deşarjda artma vardır. Böylece miyokardın kasılabilirliği artar ve kalp hızı yükselir. Kalp hızındaki artma özellikle normal kişilerde belirlidir ve kalbin büyüklüğünde çok az değişme vardır (tablo 4).

Tablo 4 Egzersiz ile Kalbin Fonksiyonunda Değişiklikler. Kalbin Hızı Yüksek Bir Değere Çıktığında Atım Hacminin Bir Düzeye Ulaşıp Sonra Biraz Düşmektedir. (Diyastolun Kısalması Sonucu Olarak) (11)

İş(Kg-/dk)	O ₂ kullanımı (mL /dk.)	Nabız hızı (dakikada)	Kalbin dakika atım hacmi (litre/dk)	Atım Hacmi mL	A-VO ₂ farkı (mL/dL)
İstirahat	267	64	6.4	100	4.3
288	910	104	13.1	126	7.0
540	1430	122	15.2	125	9.4
900	2143	161	17.8	110	12.3
1260	3007	173	20.9	120	14.5

Bununla beraber kalp transplantasyonu yapılmış hastalarda kalbin sinirlenmesinden yoksun olsalar bile egzersiz sırasında Frank-Starling mekanizmasının işlemlerinden ötürü dakika atım hacmini yükseltmeye yeteneklidirler. Bu hastalarda görülen artış normal insanlardaki kadar çabuk ve maksimal derecede olmasa bile artış önemlidir. Bu görüş altında dikkat edilecek önemli bir nokta kalp efendi olmaktan çok bir hizmetçidir. Normal olarak fonksiyonunu, dönen bütün kanı venlere atacak şekilde ayarlar. Eğer venöz dönüş artar ve sempatik tonusda değişme olmazsa, venöz basınç artar, diyastolik içe akış büyüktür, ventrikülün diyastol son basıncı yükselir ve kalp kası daha kuvvede kasılır. Kas çalışması sırasında solunumdaki artma ve kasın pompalama etkisi ile venöz dönüş artmıştır, ilave olarak kasılan kaslardaki vazodilatasyon nedeniyle periferik direnç azalır.

Antrenmanlı atletler ve antrenmansız kişiler arasındaki farklardan biri atletin düşük kalp hızına, daha büyük sistol sonu ventrikül hacmine (Tablo 5),

ve istirahatte daha büyük atım hacmine sahip olmasıdır. Bundan dolayı antrenmanlı insanlar kalp hızını antrenmansız bir insandaki kadar arttırmadan kalbin dakika atım hacminde belirli bir artmayı başarma potansiyeline sahiptirler (11).

Tablo 5 Kalp Fonksiyonunun Bazı Parametreleri Üzerine Antrenmanın Etkisi (11)

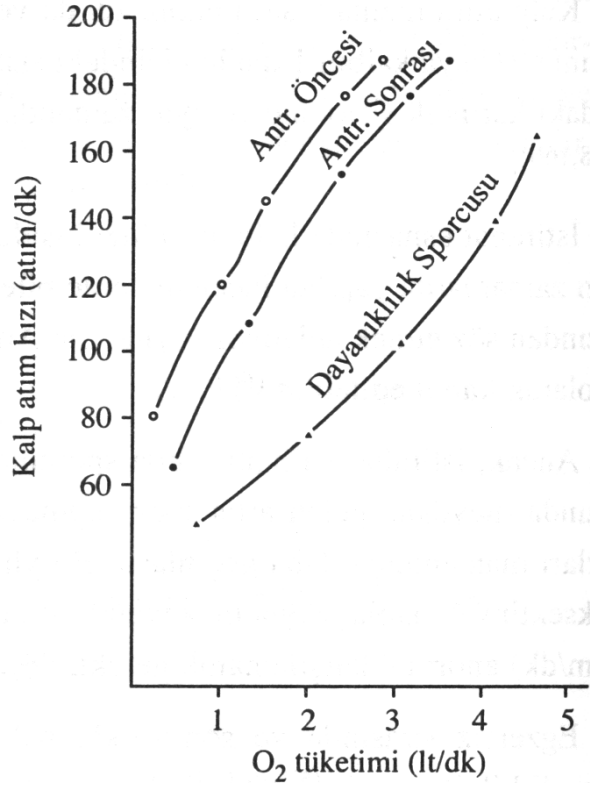
	Kalp Hacmi (cm ³)	Tahmin Edilen Kalp Ağırlığı(gr)	Sol Ventrikül Sistol Sonu Hacim(cm ³)
Antrenmansız	785	300	51
Müsabaka için Antrenmanlı	1015	350	101
Profesyonel Bisikletçi	1437	500	177

KARDİOVASKÜLER PERFORMANSLA MAX VO₂ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Egzersizde kalp atım hızı egzersizin şiddetine bağlı olarak artış gösterir. Bu artışın nedeni dokudan artan O₂ ve diğer metabolik ihtiyaçları karşılamaya yöneliktir. Kalp atım sayısı ile Max VO₂ arasında yüksek bir ilişki vardır. Sporcuların atım hacimleri fazla olduğu için aynı kalp atım hızıyla daha yüksek O₂ tüketebilirler. Bu yüzden egzersizde kalp atım hızının düzeyi atım hacmi ve O₂ tüketimine bağlıdır. Ayrıca aerobik antrenmanlar ile kalp atım hızı 12–15 atım/dk. azaltılabilir (14).

Maksimal egzersizde hem kalp hızı, hem de atım hacmi maksimal düzeylerinin yüzde 95'ine kadar yükselirler. Kalp debisi, vuruş hacmi ile vuruş sayısının çarpımına eşit olduğundan, bir insan kalp debisini, en çok maksimumun yüzde 90'na çıkarabilir. Bu, pulmoner ventilasyonun maksimum değerindeki yüzde 60 artışa kontrast oluşturur. Kolayca görülebildiği gibi, kardiyovasküler sistem VO₂ Max sınırları üzerine, normalde, solunumun sisteminden çok daha etkindir. Böylece maratoncuların performans başarısı başlıca kalbine bağlıdır. Bu egzersize katılan kaslara yeterli oksijen

iletisinde en etken faktördür. Maratoncuda maksimum kalp debisinde ortalama yapıda antrenmansız bir erkeğe göre yüzde 40 avantaj, belki de maratoncunun antrenman programından sağlanan en önemli fizyolojik yararı oluşturmaktadır (13).



Şekil 9 Antrenmanın Sedanterlerde Kalp Atım Hızı ve O₂ Tüketimi Üzerine Etkisi (14)

Yaş ilerledikçe maksimum kalp debisi önemli ölçüde -10'lu yaşlarla 80 yaş arasında yüzde 50 oranında- azalır. Kas gücünün başarısı da aynı şekilde, çok düşer (13).

KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ (KHD)

Kalp hızı değişkenliği (KHD, heart rate variability, HRV), zaman içinde kalp hızında ortaya çıkan değişiklikleri veya kalp ritminde ortaya çıkan periyodik farklılıkları tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Fiziksel aktivite, postural değişiklikler ve emosyonel uyarıların yokluğunda KHD, sinüs düğümü hızında otonom sistem tarafından kontrol edilen sürekli değişiklikleri gösterir (1).

Son 20 senede otonom sinir sistemi ile ani kardiyak ölüm dahil kardiyovasküler mortalite arasında belirgin bir ilişki tanımlanmıştır. Ölümcül aritmilere yatkınlık ile artmış sempatik ya da azalmış vagal aktivite arasında bir ilişki olduğuna dair deneysel kanıtlar otonomik aktivitenin niceliksel göstergelerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Kalp hızı değişkenliği (KHD) ölçümü kişiye hayati bir müdahale gerektirmemesi nedeniyle bu göstergeler arasında en çok ümit verenlerden biri olmuştur (28).

Kalp hızı değişkenliği, zaman içerisindeki sinüs hızındaki siklik değişiklikleri olarak tanımlanabilir (7). Diğer bir ifade ile ortalama kalp hızı çevresindeki kalp hızı dalgalanmalarıdır. Sağlıklı bir kalpte alımlar saat gibi düzenli değildir. Fiziksel ve mental stress, egzersiz, solunum ve metabolik nedenlere bağlı olarak kalp hızında otonomik tonusla ilişkili değişiklikler olmaktadır. Sempatik-parasempatik denge hakkında bilgi veren KHD de kardiyak otonom tonusun bir ölçüsü ve kardiyorespiratuar sistemin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (22).

Kalp hızı değişkenliği (HRV) kardiyak otonom sinir aktivitesini tahmin etmenin bir yoludur. HRV, stres, rahatlama, egzersiz gibi psikofizyolojik duruma göre değiştiği gibi aynı zamanda yaşa ve sağlığa göre de değişir. Yüksek HRV genel olarak olumlu sayılabilir.

TARİHÇE

Ardışık kardiyak siklulardaki osilasyonu tarif etmek için siklus uzunluğu değişkenliği, kalp periyodu değişkenliği, RR değişkenliği, RR mesafesi takogramı gibi başka terimler literatürde kullanılmıştır. Bunlar analiz

edilenin kalp hızının kendisi değil, ardışık atımlar arasındaki mesafe olduğu gerçeğini daha uygun şekilde vurgulamaktadır. Ancak 'Kalp Hızı Değişkenliği hem anlık kalp hızı hem de RR mesafelerindeki değişimleri tanımlamak için geleneksel olarak kabul edilmiş bir terim haline gelmiştir. Kalp hızı değişkenliği (KHD) ilk defa 1965 yılında Hon ve Lee tarafından, kalbin hızı değişmeksizin atımlar arası mesafedeki değişimlerin izlenmesi ile fetal distress değerlendirmesinde klinik uygulamaya sokulmuştur. 20 yıl önce Sayers ve arkadaşları kalp sinyallerinde atımlar arasında izlenen fizyolojik ritme dikkat çektiler. 1970'lerde Ewing ve arkadaşları diyabetik hastalarda otonomik nöropatiyi tespit edebilmek için KHD'ni kullandılar. Hızla genişleyen kullanım alanı bulan KHD, 1980'lerden itibaren özellikle akut miyokard infarktüsü sonrası mortalitenin güçlü bir göstergesi oluşu ile dikkat çekmiştir. Son dönem çalışmalarda ise normal bireylerde uyku fizyolojisinin incelenmesinde kullanılmaya başlanmıştır (28).

KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ VE EGZERSİZ

Egzersiz sempatik sinir sistemi yoluyla kalbin çalışmasını belirgin olarak etkilediğinden kalp hızı değişkenliği ile ilgili parametreleri de belirgin olarak etkileyecektir.

Atletler için literatürde bazı bilgiler bulunmasına rağmen (4,2,25), hem kol hem de ayak kaslarının aktif olarak çalıştığı ve ani hızlanma ve yavaşlama gibi durumları kapsayan hentbol sporu ile ilgili herhangi bir bulguya ya da bilgiye rastlanılmamıştır.

Tezin amacı profesyonel hentbolcuların EKG parametreleri ile kalp hızı değişkenlerini incelemek ve kısa süreli bir egzersizden sonra bu parametrelerde meydana gelebilecek değişiklikleri gözlemlemektir.

KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÖLÇÜMÜ

KHD ölçümleri üzerinde farklı araştırmacılar tarafından çok sayıda değişik zaman birimleri incelendiğinden bu karmaşayı gidermek amacıyla Avrupa Kardiyoloji Derneği ve Kuzey Amerika Elektrofizyoloji Derneği tarafından 1996 yılında KHD kılavuzu yayınlanmıştır. Bu kılavuzda önerilen standardizasyona göre zaman ölçümlerinden 4 tanesinin rutinde kullanımı önerilmiştir. Bunlar, genel KHD'yi yansıtan SDNN ve triangular indeks, uzun dönem komponentleri belirten SDANN ve kısa dönem bileşenleri belirten RMSSD'dir. Ancak diğer zaman bağımlı KHD parametrelerinden SDNN index ve pNN50 de pratikte sık olarak kullanılmaktadır (1).

KHD ölçümünde ilk basamak, yüzey EKG'sinde ölçülen ardışık R dalgalarının analizidir. Aslında sinoatriyal uyarıyı esas yansıtan P dalgaları olmasına rağmen, EKG'de R dalgalarını saptamak daha kolay olduğundan R dalgaları KHD analizinde kullanılmaktadır. RR aralıklarını belirlemede birçok metot geliştirilmiştir. Bununla birlikte R dalgaları kullanıldığından anormal vuruların (erken vuru vb) kayıttan temizlenmesi gereklidir. Eğer kaydedilen R dalgalarının %85 ve fazlası normal R vurusu ise ölçüm kabul edilebilir olarak değerlendirilir (21).

Kalp hızındaki değişiklikler çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Bunları sınıflandırmak gerekirse öncelikle zaman bağımlı ve frekans bağımlı olmak üzere iki ana başlık altında toplayabiliriz.

KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- I. Zaman bağımlı metotlar
 - a. İstatistiksel
 - b. Geometrik
- II. Frekans bağımlı metotlar
 - a. Kısa süreli kayıtlar
 - b. Uzun süreli kayıtlar

I. Zaman Bağımlı Metotlar

Bu yöntemde herhangi bir zamanda alınan kalp hızı veya birbirini izleyen normal kompleksler arasındaki mesafe belirlenir. Süreklilik gösteren bir EKG kaydında, her bir QRS kompleksi bulunarak, (sinüs nodundaki depolarizasyondan kaynaklanan ardı ardına gelen QRS' ler arasındaki aralık) normal-normal (NN) aralıkları veya anlık kalp hızı hesaplanır. Genelde zaman bağımlı metodlar kısa dönemli kayıtların analizi için idealdir. Zaman bağımlı yöntemler, istatistiksel veya geometrik olabilir (28).

Kalp atım aralıkları arasındaki değişkenlik ölçütü olarak kullanılabilecek en basit yöntemler zaman boyutunda kullanılan ölçütlerdir. Bu analizlerde normal kalp atımları arasında geçen süre sürekli olarak (EKG kaydı ve benzeri) kaydedilir. Belirlenebilecek en basit ölçütler "ortalama kalp atım aralığı", "en uzun ve en kısa kalp atım aralığı oranı" veya basit istatistik ölçütlerdir, örneğin "standart sapma" gibi.

Kalp atım aralığı sürelerinin standart sapması, kalp atım hızındaki hem hızlı hem yavaş değişimleri kapsayan bir matematiksel ifadedir. Kalp atım hızı değişkenliğini tanımlayan zaman bağımlı ölçütleri kısa veya uzun erimli değişimleri farklı hassalıkta yakalayabilmektedir.

Zaman boyutunda kullanılan türev ölçütlerin başında "kalp atım aralığı farkları karesi ortalamalarının kareköküdür". Benzer ikinci önemli bir ölçüt "50 milisaniye üzerindeki kalp atım aralığı farklarının oransal sayısıdır". Bu iki ölçüt kalbin daha çok atım hızındaki hızlı değişimler ile korelasyonu gösterir (21).

A. İstatiksel Metodlar

Özellikle uzun süreler boyunca (geleneksel olarak 24 saat) kaydedilmiş olanlar olmak üzere, anlık kalp hızları veya siklus mesafeleri dizisinden daha karmaşık istatistiksel zaman-bağımlı ölçümler hesaplanabilir. Bunlar iki sınıfa ayrılabilir:

- 1) NN mesafeleri veya anlık kalp hızının doğrudan ölçümlerinden türetilenler.
- 2) NN mesafeleri arasındaki farklardan türetilenler.

Hesaplanan en basit değişken NN mesafesinin standart derivasyonu (SDNN) , yani varyansın kareköküdür. Varyans matematiksel olarak spektrum analizinin toplam kuvvetine eşit olduğundan, SDNN kayıt süresindeki değişkenlikten sorumlu tüm siklüs bileşenlerini yansıtır. Ancak SDNN değerlerini (ve benzer şekilde diğer KHD ölçümlerini) belirlemek için kullanılan kayıtların süreleri standardize edilmelidir. Kısa dönemli 5 dakikalık kayıtlar ve nominal 24 saatlik uzun dönem kayıtlar uygun seçenekler olarak görünmektedir.

B. Geometrik metotlar

NN mesafeleri dizisi geometrik bir modele de dönüştürülebilir. Üç genel yaklaşım kullanılır.

- 1) Geometrik modelin basit bir ölçümü (örneğin dağılım histogramının belli bir seviyedeki genişliği) KHD ölçümüne dönüştürülür.
- 2) Geometrik model matematiksel olarak tanımlanmış bir şekil ile interpolate edilir. (örneğin dağılım histogramının bir üçgenle yaklaşık olarak hesabı ya da diferansiyel histogramın eksponansiyel bir eğri ile yaklaşık olarak hesabı)
- 3) Geometrik şekil KHD' nin değişik sınıflarını temsil eden birçok model temelli kategorilere göre sınıflandırılır. (örneğin Lorenz şemasının eliptik, lineer ve üçgensel şekilleri) (28).

Tablo 6 Sık kullanılan Zaman Bağımlı Kalp Hızı Değişkenleri(22)

Değişken	Birim	Tanım
Ortalama NN	ms	İki normal vuru arasındaki çevrim(cycle) uzunluğu
Gece/gündüz farkı	ms	Gece ve gündüz elde edilen ortalama NN intervallerinin farkı
SDNN	ms	İnceleme boyunca bütün NN intervallerinin standart sapması
SDNN indeksi	ms	5 dklık kayıtlarda bütün NN intervallerinin standart sapmalarının ortalaması
SDANN	ms	Çalışma süresi boyunca 5 dklık kayıtlarda ortalama NN intervalinin standart sapması
NN50 sayısı		Tüm kayıt boyunca aralarında 50 ms' den fazla fark olan komşu NN intervali sayısı
PNN50	%	Ardışık NN intervalleri arasındaki farkın 50 ms den daha büyük olduğu atımların yüzde oranı
RMS-SD	ms	24 saatlik kayıta ardışık NN aralıkları farklılıklarının karelerinin toplamının karekökü

Bunlardan RMSSD ve PNN50 gibi ardışık döngüler arasındaki farklardan hesaplanan değişkenler, 0,9'un üzerinde korelasyona sahiptir. Bu değişkenler kuvvetle vagal tonusu yansıtırlar. Döngü uzunluğu değişkenliği(CLV) veya baseline genişlik gibi daha geniş tabanlı zaman/alan ölçütleri, kısa dönem zaman/alan değişkenliği ile daha zayıf korelasyon gösterir, çünkü bunlar aynı zamanda diüurnal döngüden, kısa dönem sempatik etkilerden ve vagal tonustan etkilenirler (28).

II. Frekans Bağımlı Metotlar

Bu yöntem kalp hızı sinyallerini frekans ve yoğunluklarına göre ayırır. Temel ilkesi basit ancak teknik açıdan karmaşık ölçümlerdir. Burada değişik frekanslardaki periyodik kalp hızı osilasyonlarından faydalanılarak kalp hızındaki tüm değişme miktarları hakkında bilgi edinilir. Power Spectral Density analizi kullanılarak frekans bazında yapılan ölçümler 0-0.5 Hz arasında değişen 5 frekans bandından oluşur. Bu frekans bandları hakkında bilgiler Tablo 7'de özetlenmiştir. Bunlardan düşük frekans (low-frequency: LF), orta frekans (mid-frequency: MF) ve yüksek frekans (high frequency: HF) bandları total gücün ancak %5'ini oluştururlar. Esas total gücün çoğunluğunu oluşturan ultra düşük frekans (ultra low-frequency: ULF) ve çok düşük frekans (very low-frequency: VLF) bandlarıdır; ancak fizyolojik komponentleri bilinmediğinden klinik kullanımları kısıtlıdır. Çalışmalarda genellikle LF/HF oranı kullanılır. Düşük LF/HF oranı artmış vagal aktivasyonun ölçütü olarak değerlendirilir. 24 saatlik kayıtlarda normal kişilerde LF ve HF resiprokal dalgalanmaları olan sirkadiyen bir patern gösterirler. Gündüzleri LF, geceleri HF yükselir. Sağlıklı bireylerde LF; 90 derece tilt ile ayakta durma, mental stress, orta derecede egzersiz, koronerlerin oklüzyonu, karotislerin oklüzyonu ile artar. HF ise respirasyon, yüze soğuk uygulanması ve rotasyonel stimulus ile artar (22).

Tablo 7 Frekans-Bağımlı Kalp Hızı Değişkenleri (22)

Parametre		Frekans (Hz)	Kayıt süresi
HF	Yüksek FB	0,20-0,35	Kısa(1-5 dk) ve Uzun
LF	Düşük FB	0,02-0,05	Kısa(1-5 dk) ve Uzun
MF	Orta FB	0,05-0,20	Kısa(1-5 dk)
VLF	Çok Düşük FB	0,0333-0,04	Kısa(15 dk) ve Uzun
ULF	Ultra Düşük FB	<0,0033	Uzun >24 Saat

Bu Frekansların özellikleri:

Yüksek frekans (HF); Bu bileşenin, deneysel ve klinik çalışmalarla solunum sırasında gözlenen efferent vagal (parasempatik) aktivitenin (solunumsal sinüs aritmisi) majör belirleyicisi olduğu gösterilmiştir.

Düşük frekans (LF); Bazı araştırmacılar bu bileşeni sempatik aktivitenin göstergesi olarak kabul ederken, bir grup ise hem sempatik hem de vagal etki altında olduğunu düşünmektedir. Bu çelişki sempatik eksitasyonla beraber bazı koşullarda LF bileşeninin mutlak gücünde azalma gözlenmesindedir. Bu noktada sempatik aktivasyon sonucu gelişen taşikardiye, genellikle toplam güçte göze çarpan bir azalmanın eşlik ettiği, tersi bir durumun ise vagal aktivasyon sırasında gözlenildiği hatırlanmalıdır.

Çok düşük frekans (VLF); Bu bileşen fizyolojik olarak oldukça az tanımlanabilmiştir. Uzun süreli kontrol mekanizmaları (hümorale faktörler, ısı, diğer yavaş bileşenler) ile ilişkili olduğu sanılmaktadır. Kalp hızı değişkenliğine neden olan özgül fizyolojik bir süreç ile ilişkilendirilememiştir.

LF/HF oranı; 3 ana bileşen dışında ele alınması gereken bir başka parametredir. LF ve HF arasında karşılıklı bir ilişki mevcuttur. LF'nin HF'ye oranı, sempatovagal dengeyi yansıtmaktadır. Bazı araştırmacılara göre bu oran sempatik sistemin etkileri için de gösterge olarak alınabilmektedir (23).

1960'lardan bu yana çeşitli spektral yöntemler uygulanmaktadır. Güç spektrum yoğunluğu (GSY) analizi, gücün (değişkenliğin) nasıl frekans işlevi gösterdiğini anlamamız için temel bilgiyi analiz eder (28).

Bu tür analizlerde değişkenliğin (varyans) hangi frekanslara bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmektedir.

Bu frekans bantlarında kalp atım hızı değişkenliğinin merkezi frekansı, kalp atımının otonom sinir sistemi tarafından kontrolüne bağlı olarak oynayabilmektedir (21).

GSY nonparametrik ve parametrik olmak üzere iki şekilde analiz edilir. "Fast Fourier Transform" (FFT) bu yöntemlerden en kolay olarak uygulanabilenlerindedir. Temel olarak kayıtlar, 2 ile 5 dakika arasında değişen kısa veya 24 saatlik uzun zaman dilimleri ile ele alınmakta, ardından

3 ana spektral bileşen hesaplanmaktadır. Gücün yayılımı, LF ve HF'nin merkez frekansı sabit değildir, kalbin otonomik kontrolü sırasında değişim gösterirler (28).

Bu frekans bantlarındaki değişkenlik mutlak değer olarak ifade edileceği gibi, yüzdeler oran şeklinde izafi olarak da belirlenebilmektedir.

Frekans boyutundaki değişkenliğin hesaplanmasında Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transformation) matematiksel algoritma kullanılmaktadır (21).

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Artvin'de Hentbol süper lig profesyonel oyuncularına ve aktif olarak sporla ilgilenmeyen sağlıklı erkek bireylere uygulanmıştır.

Çalışmaya Artvin Orman Spor'un 12 hentbolcusu ve sporla ilgisi olmayan 12 kişi olmak üzere 24 erkek katılmıştır. Sporcu olan 12 kişinin yaş ortalaması 25,27, sporcusu olmayan 12 kişinin yaş ortalaması ise 23,5' tir.

Yapılan tüm ölçümlerde Neurosoft Poly-Spectrum 8/E 12 kanallı EKG cihazı ve ekstremiteler derivasyonları kullanılmıştır.

EKG parametreleri şu şekilde ayarlandı: 50 mm/sn ve 10 mm/mv.

Bütün gönüllülerin önce istirahat halinde 5 dk boyunca kalp grafikleri ölçülmüş, daha sonra yaklaşık 8 km/s hızla 5 dakika koşu yaptırdıktan yaklaşık 30 sn sonra 5 dk, tekrar ölçüm yapılmış ve aralarındaki farklar incelenmiştir. EKG ölçümleri gönüllülerden sırt üstü yatar pozisyonda alınmıştır.

Gönüllülerin nabız ve tansiyon ölçümlerinde Braun BP 1600 VitalScan Plus taşınabilir cihaz kullanılmıştır. Bu ölçümler, egzersizden önce, tok karına ve oturur vaziyette alınıp egzersizden yaklaşık 30 sn sonra, oturur vaziyette tekrar alınmıştır.

İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Grupların birbirleriyle karşılaştırılmalarında MINITAB istatistik programında yer alan generalize lineer model kullanılmıştır. Bulgular ortalama \pm standart hata olarak sunulmuştur. Kalp hızı değişkenlikleri manual olarak ölçülmüş ve aynı istatistiksel yöntem ile değerlendirilmiş. Parametreler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyonları kullanılarak ortaya konmuştur.

BULGULAR

1. EKG Bulguları ve Arteriyel Basınç

Sedanter ve hentbolcu deneklerin egzersiz öncesi ve sonrasında alınan EKG grafiklerinden elde edilen bulgular Tablo 8 ve Tablo 9'da sunulmuştur. Tablolardan da görüleceği üzere, Q ve R dalgalarının süresi, Q dalgasının amplitüdü, QT ve QTc bakımından sporcularla sedanterler arasında istatistiksel farklılıklar tespit edildi. Ayrıca, QTc ve P dalgası bakımından da egzersiz öncesi dönem ile egzersiz sonrası dönem arasında istatistiksel farklılıklar tespit edildi.

Sedanter ile sporcuların egzersiz öncesi ve sonrası QTc değerleri Şekil 10'de ve Tablo 8' de gösterilmiştir.

Deneklerin sistolik ve diyastolik kan basınçları ile nabız sayıları Tablo 10' da sunulmuştur. Egzersiz sonrasında nabız sayısının arttığı gözlemlendi.

2. Kalp Hızı Değişkenliği Bulguları

Sedanter ve profesyonel hentbolcu deneklerden egzersiz öncesi ve sonrası dönemde 5 dakika süreyle alınan EKG kayıtlarının zamana bağımlı değişkenler bakımından analizlerinden elde edilen bulgular Şekil 13'de sunulmuştur. Tüm değişkenlerin gerek sedanterler ve sporcular arasında ve gerekse egzersiz öncesi ve sonrası dönem bakımından istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler gösterdiği belirlendi.

Sedanter ile sporcuların egzersiz öncesi ve sonrası AVNN, SDNN ve RMSSD değerleri Tablo 11 ve Şekil 11,12,13'te gösterilmiştir.

3. Parametreler Arasındaki Korelasyonlar

EKG parametreleri ile diğer parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmış ve elde edilen bulgular şematik bir EKG çizimi üzerinde gösterilmiştir (şekil 14).

Kalp hızı değişkenliklerinin kendi aralarındaki ve EKG parametreleri dışındaki parametreleri ile korelasyonları Tablo 12'de sunulmuştur.

Nabız sayıları ile kalp hızı değişkenliği parametrelerinin tümü arasında negatif bir ilişki tespit edilmiş olup nabız sayısı ile rmsd arasındaki ilişki grafiksel olarak şekil 15'te sunulmuştur.

Tablo 8 Hentbol Oyuncusu Sporcularda ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgular (Zaman Parametreleri)

	Egzersiz öncesi		Egzersiz sonrası		P	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	E. öncesi/E. sonrası	Sedanter/sporcu
P, ms	100,5±10,1	87,5±4,5	90,58±5,12	106,83±7,22	0,509	0,819
P-R(P-Q), ms	143,42±9,78	146,75±7,63	130,33±5,61	151,25±7,77	0,587	0,129
QRS, ms	91,17±3,24	94,92±3,27	93,58±2,43	100,33±2,62	0,186	0,079
QT, ms	332,25±6,04	377,58±8,05	312,67±6,53	373,4±10,5	0,144	<0,001
QTc, ms	371,17±6,70	393,58±8,37	391,42±6,68	423,33±7,62	0,001	0,001
Q, ms	13,08±2,96	10±2,70	17,33±2,74	6,92±2,54	0,832	0,018
R, ms	49,33±2,81	55,08±2,83	45,92±3,41	58,42±5,09	0,991	0,016

Tablo 9 Hentbol Oyuncusu Sporcularda ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgular (Amplitüd Parametreleri ve QRS Ekseni).

	Egzersizden Önce		Egzersizden Sonra		P	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	EÖ/ES	Sed/Spr
ST, mV	0,12333±0,00964	0,0867±0,0213	0,1325±0,0194	0,0783±0,0174	0,981	0,013
T, mV	0,3808±0,0235	0,3667±0,0528	0,4092±0,0437	0,4483±0,0471	0,210	0,774
P, mV	0,1067±0,0102	0,1017±0,0120	0,1533±0,0150	0,1275±0,0190	0,016	0,292
Q, mV	-0,03417±0,00892	-0,02667±0,00752	-0,0608±0,0120	-0,01833±0,00726	0,320	0,009
S, mV	-0,2133±0,0639	-0,1525±0,0349	-0,2658±0,0649	-0,1900±0,0425	0,402	0,206
R, mV	1,0625±0,0991	1,204±0,128	1,098±0,119	1,133±0,128	0,878	0,462
QRS ekseni, °	86,08±2,39	86,92±3,46	59,8±17,8	59,67±7,24	0,009	0,970

Tablo 10 Hentbol Oyuncusu Sporcularda ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Sistolik ve Diyastolik Kan Basıncı Değerleri ile Nabız Sayısı.

	Egzersizden Önce		Egzersizden Sonra		P	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	EÖ/ES	Sed/Spr
Sistolik arteriyel kan basıncı, (mmHg)	125,40±4,68	125,73±3,24	144,55±6,95	139,09±5,13	0,003	0,625
Diyastolik arteriyel kan basıncı (mmHg)	78,80±2,13	74,09±2,96	77±3,11	77,27±2,82	0,807	0,435
Nabız	84,30±3,34	66,55±3,66	132,18±5,49	115,5±8,52	0,000	0,006

Tablo 11 Hentbol Oyuncusu Sporcularda ve Sedanterlerde Egzersiz Öncesi ve 5 Dakikalık Sabit Hızlı Koşu Egzersizi Sonrası Elde Edilen Elektrokardiyografik Bulgulardan Elde Edilen Kalp Hızı Değişkenliği Parametreleri.

	Egzersiz Öncesi		Egzersiz Sonrası		P	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	EÖ/ES	Sed/Spr
AVNN (HR Ortalama)	826,3±29,1	934,8±51,8	650,9±18	793,2±42,4	0,000	0,002
SDNN (HR STD)	61,46±6,79	76,79±7,20	43,85±5,72	67,18±9,66	0,076	0,013
RMSSD (Karekök)	66,97±9,80	84,3±12,1	32,34±1,63	61,28±8,93	0,003	0,014
PNN50	23,85±6,27	27,78±6,02	16,23±0,782	15,12±5,24	0,001	0,094
PNN20	58,03±7,06	62,51±5,56	12,03±4,12	40,38±7,95	0,000	0,013

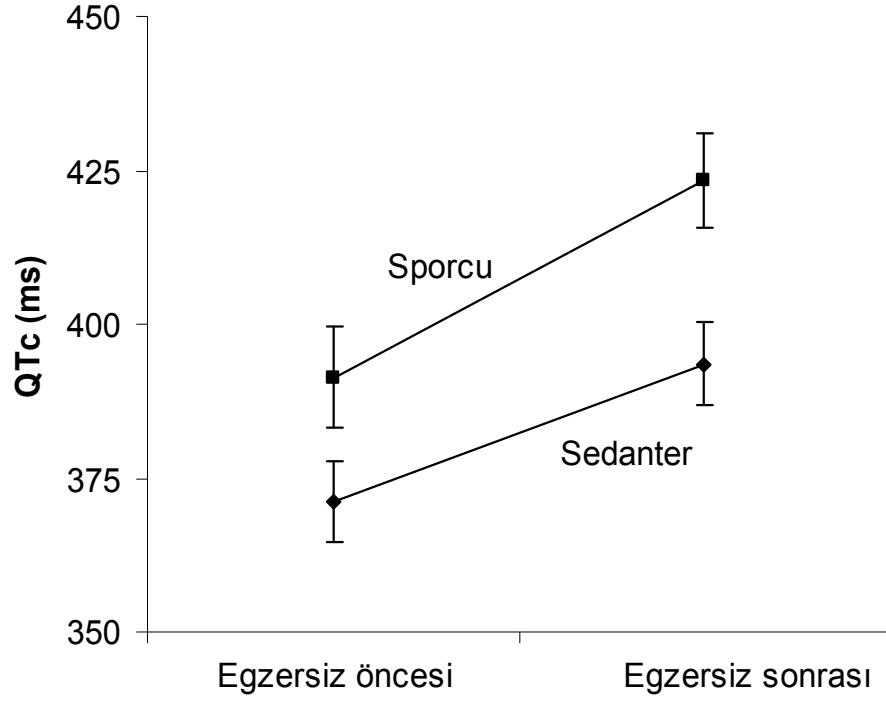
AVNN : Average of all NN intervals (N-N İntervallerinin ortalaması)

SDNN : Standard deviation of all NN intervals (İnceleme boyunca bütün NN intervallerinin standart sapması)

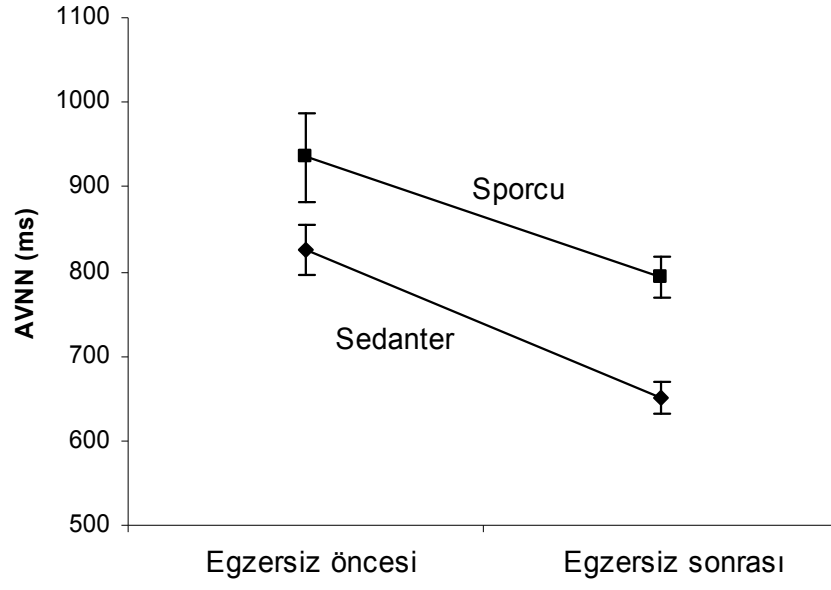
RMSSD : Square root of the mean of the squares of differences between adjacent NN intervals
(24 saatlik kayıta ardışık NN aralıkları farklılıklarının karelerinin toplamının karekökü)

PNN50 : Percentage of differences between adjacent NN intervals that are greater than 50 ms; a member of the larger pNNx family (Ardışık nn intervalleri arasındaki farkın 50 ms den daha büyük olduğu atımların yüzde oranı)

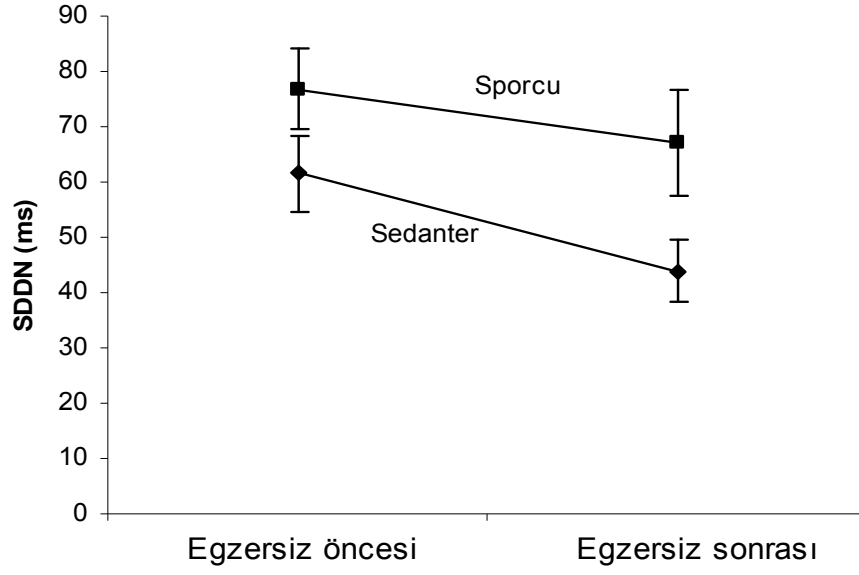
PNN20 : Percentage of beats with change in successive NN intervals exceeding 20 ms (Ardışık nn intervalleri arasındaki farkın 20 ms den daha büyük olduğu atımların yüzde oranı)



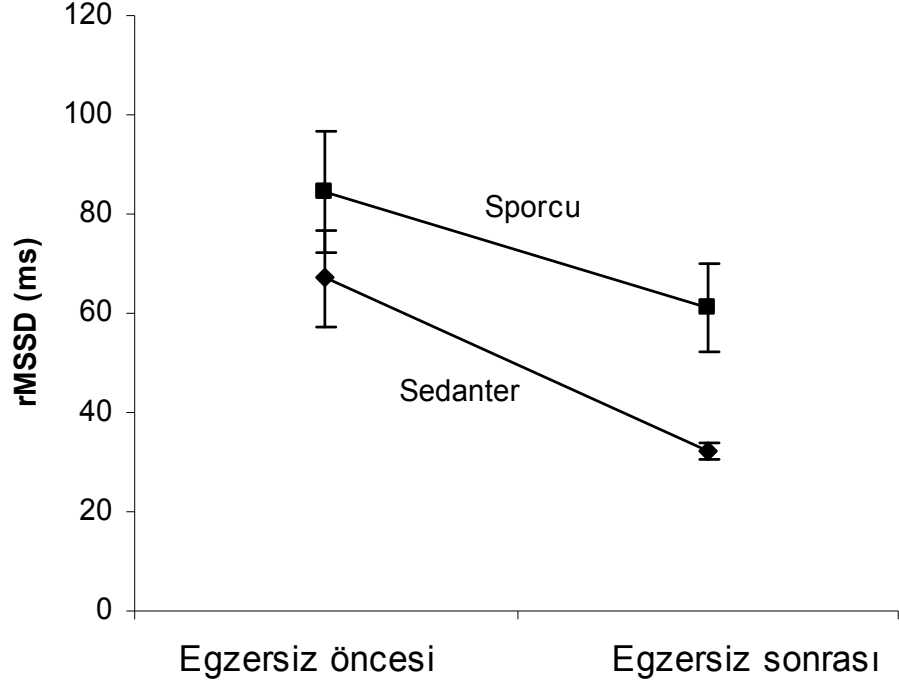
Şekil 10 Sedanterler ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen Qtc Değerleri. Sedanterlerle Sporcular Arasında ($P=0,001$) ve Egzersiz Öncesi Dönem ile Egzersiz Sonrası Dönem Arasında ($P=0,001$) İstatistiksel Olarak Anlamlı Farklılıklar Tespit Edilmiştir.



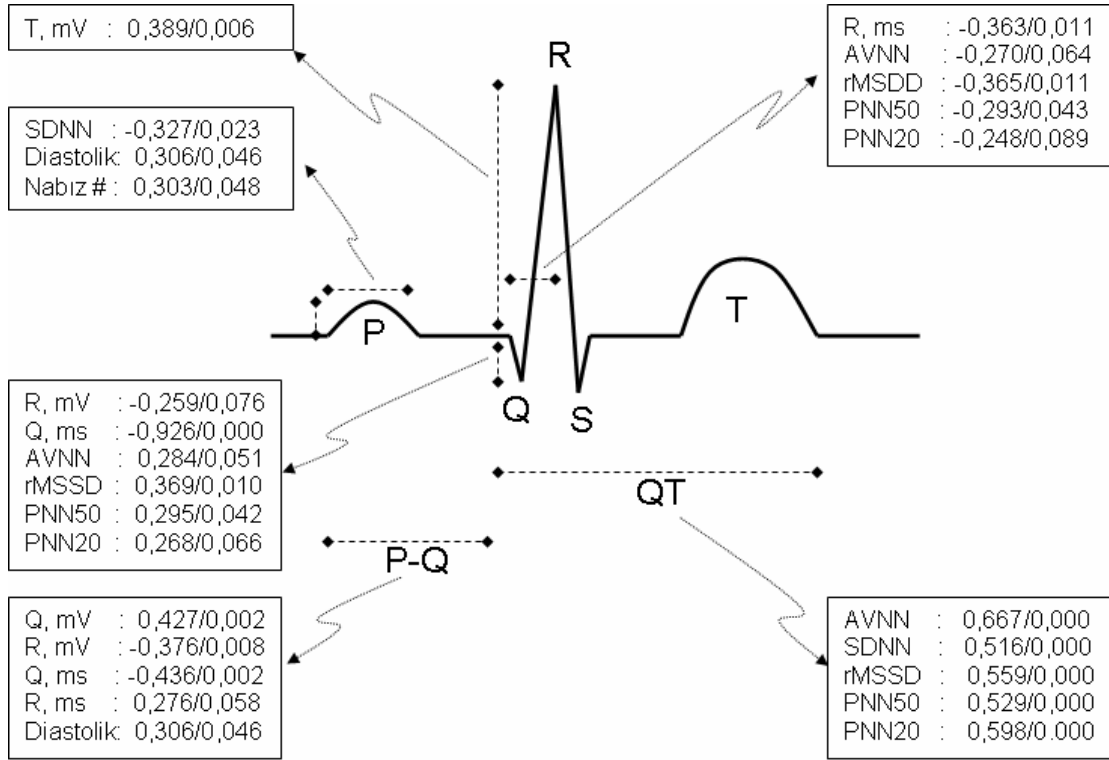
Şekil 11 Sedanterler ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen AVNN Değerleri. Sedanterlerle Sporcular Arasında ($P=0,002$) ve Egzersiz Öncesi Dönem ile Egzersiz Sonrası Dönem Arasında ($P<0,001$) İstatistiksel Olarak Anlamlı Farklılıklar Tespit Edilmiştir.



Şekil 12 Sedanterler ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen SDNN Değerleri. Sporcularda SDNN Değeri Sedanterlere Göre Belirgin Olarak Daha Yüksek Tespit Edilmiştir ($P=0,013$). Ayrıca, Egzersiz Öncesi Dönem ile Egzersiz Sonrası Dönem Arasında SDNN Bakımından Düşüşe Eğilim Söz Konusuydu ($P=0,076$).



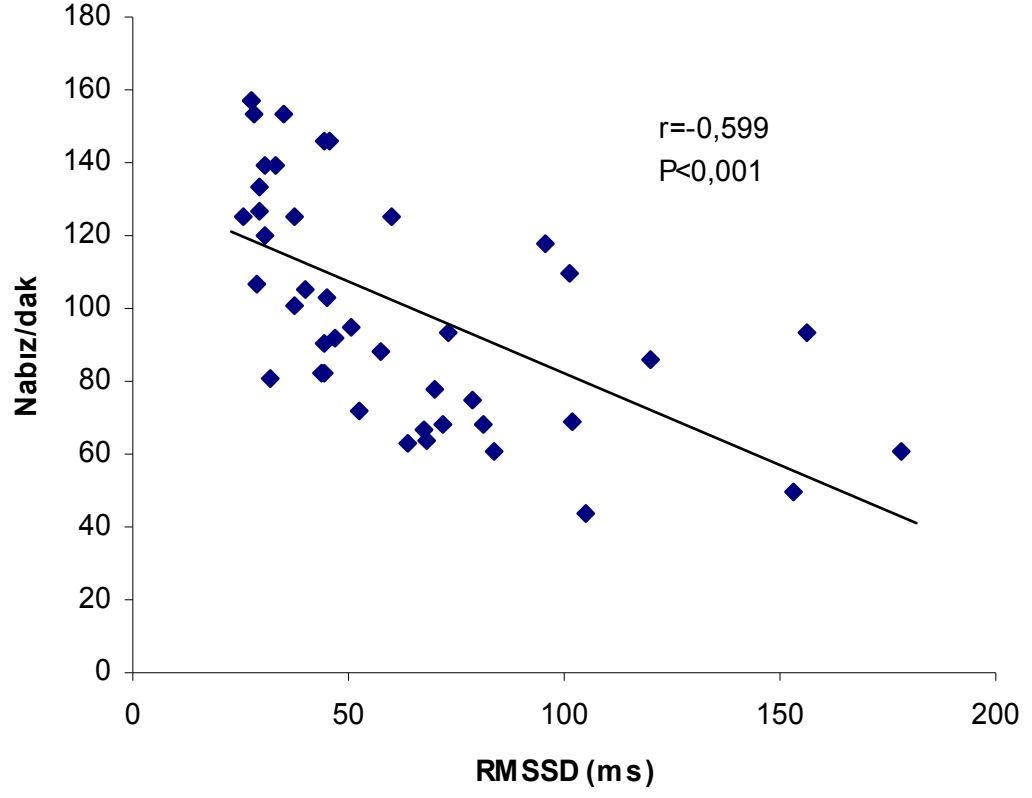
Şekil 13 Sedanterler ve Sporcularda 5 Dakikalık Sabit Hızlı Egzersiz Koşusundan Önce ve Sonra Alınan EKG Kayıtlarından Elde Edilen Rmssd Değerleri. Sedanterlerle Sporcular Arasında ($P<0,05$) ve Egzersiz Öncesi Dönem ile Egzersiz Sonrası Dönem Arasında ($P=0,003$) İstatistiksel Olarak Anlamlı Farklılıklar Tespit Edilmiştir.



Şekil 14 Sedanterlerin ve Hentbolcuların Tümünden Egzersiz Öncesi ve Sonrasında Elde Edilen Verilerin Elektrokardiyografik Verilerle İlişkisi (Pearson Korrelasyonu: İlk Veri 'R' Değeri, İkinci Veri ise 'P' Değeri). Verilerden $P < 0.100$ Olanlar Sunulmuştur.

Tablo 12 Kalp Hızı Değişkenliği Parametrelerinin Kendi Aralarındaki ve Sistolik Ve Diyastolik Basınç ve Nabız Sayıları ile İlişkileri. İstatiksel Olarak Önemli Olan Korelasyonlar Koyu Siyah Olarak Gösterilmiştir (Her Hücredeki İlk Veri 'R' Değeri, Bunun Altındaki Veri de 'P' Değeridir)

	AVNN	SDNN	rMSSD	PNN50	PNN20	Sistolik	Diastolik
SDNN	0,661 0,000						
rMSSD	0,846 0,000	0,797 0,000					
PNN50	0,845 0,000	0,715 0,000	0,909 0,000				
PNN20	0,826 0,000	0,678 0,000	0,798 0,000	0,881 0,000			
Sistolik	-0,266 0,085	-0,244 0,115	-0,136 0,386	-0,218 0,160	-0,314 0,040		
Diastolik	-0,148 0,344	-0,200 0,198	-0,007 0,967	-0,070 0,656	-0,090 0,564	0,384 0,011	
Nabız	-0,692 0,000	-0,497 0,001	-0,599 0,000	-0,625 0,000	-0,726 0,000	0,283 0,066	0,177 0,256



Şekil 15 RMSSD ile Dakikadaki Nabız Sayısı Arasında Negatif Korelasyon Tespit Edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, hentbol oyuncularıyla sedanterlerin 5 dakikalık sabit hızlı koşu egzersizinden önce ve sonra 5 dakika süreyle alınan EKG kayıtlarında kalp hızı değişkenliğinin zaman-bağımlı parametrelerinin oldukça belirgin değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir. Kalp hızı değişkenliğinin ayrıca 'frekans-bağımlı parametreleri de yaygın olarak ölçülmekte ve fizyolojik parametrelerle ilişkilendirilmektedir. Öte yandan, her ne kadar frekans bağımlı parametrelerin fizyolojik parametrelerle ilişkisi daha belirgin ise de, zaman-bağımlı parametreler ile frekans-bağımlı parametreler arasında güçlü korelasyonlar olduğu bildirilmiştir (7). Çünkü her iki parametrenin hesaplanmasında istatistiksel ve fizyolojik benzerlikler bulunmaktadır. Ayrıca, Avrupa Kardiyoloji Derneği ve Kuzey Amerika Uyarı odağı Elektrofizyoloji Derneği tarafından yapılan önerilerde zaman-bağımlı parametrelerin ölçümünün daha kolay olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle mevcut çalışmada zaman-bağımlı parametreler hesaplanmış ve deneme grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Ayrıca zaman-bağımlı kalp hızı değişkenliklerinin EKG parametreleriyle de ilişkili oldukları belirlenmiştir.

Elektrokardiyografik Bulgular

Elektrokardiyografik bulgulardan en dikkat çekici olan QT ve düzeltilmiş QT değerinin (QTc) deneme gruplarında farklı olmasıdır.

Çalışmada elde edilen QTc süresi, tüm gruplar için kısa (< 320 ms) ile uzun (≥ 440 ms) QT süresi arasında normal bir seyir izlemiştir (30). QTc, sporcularda sedanterlerden belirgin olarak daha uzun tespit edilmiş ve ayrıca egzersiz sonrasında da egzersiz öncesinden daha uzun bulunmuştur. Bjørnstad ve ark. (1991) tarafından (4) 1299 atletik öğrenci üzerinde yapılan bir çalışmada, atletik öğrencilerin QTc sürelerinin aynı yaştaki sedanter kontrollere göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Heffernan ve ark. (2008), 7 genç erkek üzerinde yaptıkları bir çalışmada akut direnç egzersizinden sonra QTc süresinin uzadığını belirlemişlerdir. QTc süresinin uzaması ventriküllerin

depolarizasyonu ve repolarizasyonu için harcanan zamanı göstermekte ve kalp hızlansa dahi düzeltilmiş QT süresinde uzamalar tespit edilmektedir. QTc süresinin uzamış olması, ventrikül kaslarının aktif bir kasılma-gevşeme siklusu gösterdiklerine işaret etmektedir.

Kalp Hızı Değişkenliği

Zaman-bağımlı kalp hızı değişkenlik parametrelerinin neredeyse tümü, egzersiz sonrasında azalma göstermiştir. Bu bulgu dinlenme durumu ile aerobik egzersiz durumunun karşılaştırıldığı sağlıklı insanlarda da tespit edilmiştir (5). RMSSD vagal aktivitenin göstergesi olarak kabul edildiği için (3), egzersiz sonrası dönemde RMSSD parametresinde görülen belirgin düşüşün nedeninin azalan vagal aktivite olduğu düşünülmektedir. Nitekim egzersizden sonra sempatik aktivitenin artışına bağlı olarak nabız sayısında da belirgin bir artış tespit edilmiş olması bu durumu desteklemektedir.

Aubert ve ark. (2001) aerobik ve/veya anaerobik egzersiz yapan atlet gençlerle sedanterleri karşılaştırdıkları çalışmalarında aerobik atletlerin dinlenme dönemi nabız sayılarının düştüğünü, RMSSD değerlerinin ise arttığını belirlemişlerdir (2). Dolayısıyla da anaerobik egzersizden ziyade aerobik egzersizin kardiyovasküler risk bakımından faydalı etkilerinin olacağı sonucuna varılmıştır (2,29)

SDNN değeri yani ardışık normal R-R intervallerinin standard sapması, dinlenme durumunda sporcularda sedanterlere göre %15,33 oranında daha yüksek bulunmuştur. Bu bulguyla uyumlu olarak, Martinelli ve ark. (25), dinlenme durumundaki atletlerin zaman-bağımlı kalp hızı değişkenliği parametrelerinin dinlenme durumundaki atlet olmayan kontrollere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle son yıllarda, HRV analizlerinde kalp hızı değişkenliği ne kadar fazla ise kişinin o kadar sağlıklı olduğuna ilişkin varsayımları kuvvetlendirecek çok sayıda çalışma yapılmaya gelmektedir. Örneğin, İsviçre’de yapılan ve 1712 deneğin kayıtlarının incelendiği büyük ulusal bir çalışmada Felber Dietrich ve ark. (9) da benzer sonuçlar alınmış ve ağırlık kazanan fakat egzersiz yapan sağlıklı insanlarda SDNN değerinin ağırlık kazanan sedanterlere göre %13 oranında daha

yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yaşı ≥ 50 olan yetişkin insanlarda, vücut kitle indeksinde (BMI) her birim artışın SDNN değerinde %0,7'lik bir düşüşe yol açtığı belirlenmiştir (9).

Egzersiz sonrasında ise SDNN değerleri düşüş eğilimi göstermiştir. Fakat egzersiz sonrası SDNN değerleri bakımından sporcular ile sedanterler karşılaştırıldığında sporcularda SDNN değerinin sedanterlere göre %23,33 daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Benzer bir düşüş Schuchert ve ark. (31) tarafından da gözlenmiştir. Eryonucu ve ark. (6) hem SDNN hem de RMSSD değerlerinde egzersizle birlikte düşüş gözlemlemiştir. Dolayısıyla aerobik egzersizin SDNN değerini belirgin olarak düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu durumda da, sedanterlerle karşılaştırıldığında, aktif aerobik sporun kalp hızı değişkenliğinin artırılmasında önemli olabileceği ve sağlıklı yaşamın göstergesi olabileceği sonucuna varılmaktadır (2,5,6,12,29,33).

KORELASYONLAR

Yapılan mevcut çalışmada, kalp hızı değişkenliği ilgili tüm zaman-bağımlı parametreler QTc ile pozitif lineer ilişki göstermiştir. Benzer şekilde, Fossa (10), RR intervali ile QT intervali arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Öte yandan, Maule ve ark. (26) uzamış QTc ile kalp hızı değişkenliğinin zaman-bağımlı parametreleri arasında negatif bir ilişki gözlemlemiştir. Hem uzamış QTc hem de azalmış kalp hızı değişkenliği, sağlıklı olma durumuyla negatif ilişkilidir. Dolayısıyla Maule ve ark. (26)'nın gösterdiği ilişki literatüre daha uygun gözükmektedir. Fakat Maule ve ark. (26)'nın denemeleri esansiyel hipertansiyonlu hastalar üzerinde yapılmışken mevcut tezdeki çalışma fizyolojik sınırlar içerisindeki denekler üzerinde yapılmıştır. Mevcut tezdeki veriler normal aralıktaki veriler olup, uzamış veya kısa QTc söz konusu değildir.

Nabız sayısı ile RMSSD arasında negatif bir ilişkinin varlığı ise RMSSD'nin parasempatik aktivitenin bir göstergesi olduğuna ilişkin hipotezleri desteklemektedir (3).

SONUÇ

Mevcut tez çalışması hentbol oyuncularını üzerinde yapılan ve kalp hızı değişkenliğini inceleyen ilk çalışma olup aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kalp hızı değişkenliği parametreleri hentbol oyuncularında sedanterlere göre daha yüksek tespit edilmiştir
- Egzersiz, kalp hızı değişkenliği parametrelerini bir miktar düşürse de hentbolcularda kalp hızı değişkenliği egzersiz sürecinde sedanterlerden daha yüksek bulunmuştur.
- Zaman-bağımlı kalp hızı değişkenlerinin egzersiz ve aktif spor yaşantısı hakkında bilgiler verebildiği ve bu nedenle egzersiz programlarında dikkate alınabilecek parametreler olduğu belirlenmiştir.
- Tez çalışması, mevcut literatürlerle de ilişkilendirildiğinde, sedanter kişilerin aerobik egzersiz programlarında yer almalarının sağlıklı bir yaşam sürmeleri için önemli olduğu belirlenmiştir.

ÖZET

Mevcut tez çalışmasının amacı, profesyonel hentbolcülerde zaman-bağımlı kalp hızı değişkenlerini saptamaktır. Bu amaçla hentbolcüler (n=12), sağlıklı sedanterlerle (n=12) hem egzersiz öncesi dinlenme durumunda hem de 5 dakikalık sabit bir koşu egzersizinden sonra 5'er dakika süreyle elektrokardiyografileri (EKG) çekilerek karşılaştırılmıştır. Tüm deneklerin sistolik ve diyastolik kan basınçları ölçülmüş ve nabız sayıları kaydedilmiştir. Kalp hızı değişkenliği parametreleri EKG kayıtlarından hesaplanmıştır. Düzeltilmiş QT intervali egzersiz sonrası dönemde egzersiz sonrası döneme göre ve hentbolcülerde sedanterlere göre daha uzun olarak tespit edilmiş olsa da (P=0,001), kısa veya uzun QTc olarak değerlendirilmemişlerdir. Kalp hızı değişkenleri de hentbolcülerde sedanterlere göre, egzersizde de dinlenme durumuna göre daha yüksek bulunmuştur (P<0,05). Kalp hızı değişkenlerinden RMSSD ile nabız sayısı arasında belirgin negatif bir korelasyon gözlenmiştir (r=-0,599; P<0,001). Sonuç olarak,

(1) aktif olarak spor yapmanın kalp hızı değişkenliklerini olumlu yönde etkilediğinden sedanter bir hayat süren bireylerin aktif bir spor yapmalarının sağlıklı yaşam için gerekli olduğu ve

(2) kalp hızı değişkenlerinin egzersiz programlarının düzenlenmesinde faydalı olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: hentbol, spor, sedanter, kalp hızı değişkenliği, QT intervali

SUMMARY

Aim of the current study was to determine time-domain heart rate variabilities in professional handball players. For that purpose, electrocardiography (ECG) of handball players (n=12) and sedentary subjects (n=12) were recorded for 5 min before and after an exercise programme (5 min running with a stable speed). Systolic and diastolic arterial blood pressures were measured and heart rate was recorded for all subjects. Heart rate variabilites were calculated from ECG records. Although corrected QT interval was longer for exercising period than resting period and for handball players than sedentary subjects ($P < 0.001$), these values were not evaluated as short- or long-QT intervals. Heart rate variability was higher for handball players than sedentary subjects and for exercising period than resting period ($P < 0.05$). There was significant negative correlation between heart rate and RMSSD ($r = -0.599$; $P < 0.001$). In conclusion,

- (1) as heart rate variability parameters are improved with practising an active sport, sedentary people are recommended to exercise regularly, and
- (2) heart rate variability might be a useful index for planning exercise protocols.

Key words: handball, sport, sedentary, heart rate variability, QT interval

KAYNAKLAR

1. Arslan Uğur, Hafif Ve Orta Dereceli Aort Darlığında Kalp Hızı Değişkenliği İle Kalp Hızı Türbülansı Ve Bu Bulguların Ekokardiyografik Parametrelerle İlişkisi, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Abd. Uzmanlık Tezi, 2007, Ankara
2. Aubert Ae, Beckers F, Ramaekers D., , Short-Term Heart Rate Variability In Young Athletes, J Cardiol. 2001;37 Suppl 1:85-8., Belgium
3. Boettger S, Puta C, Yeragani Vk, Donath L, Müller Hj, Gabriel Hh, Bär Kj. , Heart Rate Variability, Qt Variability And Electrodermal Activity During Exercise, 2009 Jun;24(2):205-17
4. Björnstad H, Smith G, Storstein L, Meen Hd, Hals O, Electrocardiographic And Echocardiographic Findings In Top Athletes, Athletic Students And Sedentary Controls, Cardiology. 1993;82(1):66-74. Oslo Norway
5. De La Cruz Torres B, López López C, Naranjo Orellana J., Analysis Of Heart Rate Variability At Rest And During Aerobic Exercise: A Study In Healthy People And Cardiac Patients., Br J Sports Med. 2008 Sep;42(9):715-20. Epub 2008 Jan 16.
6. Eryonucu B, Bilge M, Güler N, Uygan I. , The Effect Of Autonomic Nervous System Activity On Exaggerated Blood Pressure Response To Exercise: Evaluation By Heart Rate Variability, Acta Cardiol. 2000 Jun;55(3):181-5.
7. Esc/Naspe (European Society Of Cardiology/North American Society Of Pacing And Electrophysiology) Heart Rate Variability. Standards Of Measurement, Physiological Interpretation, And Clinical Use. Task Force Of The European Society Of Cardiology And The North American Society Of Pacing And Electrophysiology, Eur Heart J. 1996 Mar;17(3):354-81.
8. Felber Dietrich D, Ackermann-Liebrich U, Schindler C, Barthélémy Jc, Brändli O, Gold Dr, Knöpfli B, Probst-Hensch Nm, Roche F, Tschopp Jm, Von Eckardstein A, Gaspoz Jm; Sapaldia Team. Collaborators

- (42) Rochat T, Ackermann-Liebrich U, Gaspoz Jm, Leuenberger P, Liu Lj, Hensch Nm, Schindler C, Barthelemy Jc, Berger W, Bettschart R, Bircher A, Bolognini G, Brandli O, Brutsche M, Burdet L, Frey M, Gerbase Mw, Gold D, Karrer W, Keller R, Knopfli B, Kunzli N, Neu U, Nicod L, Pons M, Russi E, Schmid-Grendelmeyer P, Schwartz J, Straehl P, Tschopp Jm, Von Eckardstein A, Zellweger Jp, Stutz E, Bridevaux Po, Curjuric I, Dratva J, Dietrich D, Gemperli A, Keidel D, Imboden M, Staedele-Kessler P, Thun Ga. , Effect Of Physical Activity On Heart Rate Variability In Normal Weight, Overweight And Obese Subjects: Results From The Sapaldia Study,
9. Felber Dietrich D, Schindler C, Schwartz J, Barthélemy Jc, Tschopp Jm, Roche F, Von Eckardstein A, Brändli O, Leuenberger P, Gold Dr, Gaspoz Jm, Ackermann-Liebrich U; Sapaldia Team., Heart Rate Variability In An Ageing Population And Its Association With Lifestyle And Cardiovascular Risk Factors: Results Of The Sapaldia Study., *Europace*. 2006 Jul;8(7):521-9. Switzerland
 10. Fossa Aa., The Impact Of Varying Autonomic States On The Dynamic Beat-To-Beat Qt-Rr And Qt-Tq Interval Relationships, *Br J Pharmacol*. 2008 Aug;154(7):1508-15. Epub 2008 Apr 21., Usa
 11. Ganong F. William Tıbbi Fizyoloji, Md, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-21 1977 S. 628,703 Ankara
 12. Gold Dr, Litonjua A, Schwartz J, Lovett E, Larson A, Nearing B, Allen G, Verrier M, Cherry R, Verrier R. , Ambient Pollution And Heart Rate Variability, *Circulation*. 2000 Mar 21;101(11):1267-73.
 13. Guyton Arthur, Tıbbi Fizyoloji, Cilt 2, 3.Baskı Nobel Tıp Kitabevi İstanbul, 1989
 14. Günay Mehmet, Tamer Kemal, Cicioğlu İbrahim , Spor Fizyolojisi Ve Performans Ölçümü, 2006, s:206,210 Baran Ofset Gazi Kitabevi Ankara
 15. Hall Je, Guyton Ac, Brands Mw., Pressure-Volume Regulation In Hypertension, *Kidney Int Suppl*. 1996 Jun;55:S35-41. Mississippi Usa

16. Honzikova, N., Semrad, B., Fiser, B. 2002 Non-Linear Structure Analysis Of İnter-Beat İnterval Data Anad Risk Of Mortality İn Patients After Myocardial İnfarction, Scripta Medica, 105-110-April
17. Hansen John T., Koeppen Bruce M., Netter Atlas Of Human Physiology, Imported Edition, Sayfa 57 , 2002
18. [Http://Www.Akdeniz.Edu.Tr/~Baskurt/Ders/D2/Ekg/Atimsayisi.Htm](http://Www.Akdeniz.Edu.Tr/~Baskurt/Ders/D2/Ekg/Atimsayisi.Htm)
19. [Http://Www.Akdeniz.Edu.Tr/~Baskurt/Ders/D2/Ekg/Ekg2.Htm](http://Www.Akdeniz.Edu.Tr/~Baskurt/Ders/D2/Ekg/Ekg2.Htm)
20. [Http://Www.Baskent.Edu.Tr/~Byilmaz/Teaching/Bme101/Ornekrapor.Doc](http://Www.Baskent.Edu.Tr/~Byilmaz/Teaching/Bme101/Ornekrapor.Doc)
21. Kaya Burçak, İş Yerinde Zihinsel Yüklenme Ve Egzersizin Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerindeki Etkisi, Beden Eğitimi Ve Spor Anabilim Dalı, Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006 İstanbul
22. Kayıkçıoğlu Meral, Payzın Serdar, Kalp Hızı Değişkenliği, Türk Kardiyol Drn. , Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji ABD, Arş 2001; 29: 238–245
23. Kilit Celal, Yeni Tanı Konmuş Hipertansif Bireylerde Kalp Hızı Değişkenliği Ve Kalp Hızı Türbülansı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 2006, Afyonkarahisar
24. Kleiger Re, Miller Jp, Bigger Jt, Et Al: Decreased Heart Rate Variability And It's Association With Increased Mortality After Acute Myocardial İnfarction. Am J Cardiol 1987;59:256–62)
25. Martinelli Fs, Chacon-Mikahil Mp, Martins Le, Lima-Filho Ec, Golfetti R, Paschoal Ma, Gallo-Junior L., Heart Rate Variability İn Athletes And Nonathletes At Rest And During Head-Up Tilt, Braz J Med Biol Res. 2005 Apr;38(4):639-47. Epub 2005 Apr 13. Brasil
26. Maule S, Rabbia F, Perni V, Tosello F, Bisbocci D, Mulatero P, Veglio F., Prolonged Qt İnterval And Reduced Heart Rate Variability İn Patients With Uncomplicated Essential Hypertension, Hypertens Res. 2008 Nov;31(11):2003-10., Italy
27. Noyan Ahmet, Yaşamda Ve Hekimlikte Fizyoloji, 17. Baskı Meteksan Anonim Şti. Ankara 2008 782–789

28. Özkan Pınar, Uyku Apne Sendromu Hastalarında Bozulmuş Otonom Sinir Sistemi Fonksiyonu Üzerine Apap In Düzeltici Etkisinin Sabit Basıncılı Cpap İle Karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2006
29. Pardo Y, Merz Cn, Velasquez I, Paul-Labrador M, Agarwala A, Peter Ct., Exercise Conditioning And Heart Rate Variability: Evidence Of A Threshold Effect, Clin Cardiol. 2000 Aug;23(8):615-20. California Usa
30. Patel U, Pavri Bb., Short Qt Syndrome: A Review, Cardiol Rev. 2009 Nov-Dec;17(6):300-3 , Pa,Usa
31. Schuchert A, Wagner Sm, Frost G, Meinertz T., Moderate Exercise Induces Different Autonomic Modulations Of Sinus And Av Node, Pacing Clin Electrophysiol. 2005 Mar;28(3):196-9.,Hamburg,Germany
32. Seymen Ali Aytaç, Yaşlanmaya Bağlı Kalp Fonksiyon Değişikliklerinde Beta Adrenerjik Sistemin Rolünün Elektrofizyolojik Yöntemlerle İncelenmesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008, Ankara
33. Ståhle A, Nordlander R, Bergfeldt L., Aerobic Group Training Improves Exercise Capacity And Heart Rate Variability İn Elderly Patients With A Recent Coronary Event. A Randomized Controlled Study, Eur Heart J. 1999 Nov;20(22):1638-46 , Sweden

ÖZ GEÇMİŞ

1978 Afyon Merkez' de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini burada tamamladı. 1998' de Afyon Kocatepe Üniversitesi İşletme bölümünde 1 yıl okuduktan sonra 1999'da Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokuluna başladı. 2003 yılında buradan mezun oldu. 2005 yılında Kafkas Üniversitesi Artvin Meslek Yüksekokulunda Beden Eğitimi Okutmanı olarak göreve başladı. Halen Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörlüğü bünyesinde Beden Eğitimi Okutmanı olarak görevine devam etmektedir.