

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

(UZMANLIK TEZİ)

**SPORCULARDA KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TEST KAPASİTE
ÖLÇÜMLERİ VE GERİ DÖNÜŞ (RECOVERY) PERİYOT
PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Ufuk DEĞİRMENCİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Erdem KAŞIKÇIOĞLU

İSTANBUL-2017

ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda eğitim sürecimde, tezimin her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, her zaman desteğini hissettiğim, klinisyenliği ve bilime verdiği değeri örnek aldığım çok değerli hocam Prof. Dr. Erdem Kaşıkçıoğlu'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgili ve başarılı bir spor hekimi olmamız için büyük emekler vermiş olan, zamanını ve desteğini bizden esirgemeyen değerli anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Safınaz Albayrak Yıldız'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca yakın ilgisi, sevgisi ile desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Bülent Bayraktar'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen, yetişmemizde emekleri olan değerli hocam Prof. Dr. Gökhan Metin'e,

Asistanlığım süresince dostça ve uyum içinde çalıştığım benden desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Dr. Şensu Dinçer, Dr. Sertaç Yakal, Dr. Yunus Turgay Erten, Dr. Sevtün Algan Sofyalı, Dr. Engin Dinç, Dr. Cihan Deniz Arslan, Dr. Ömer Batın Gözübüyük, Dr. Bernard Tahirbegolli, Dr. Ceylan Köksal, Dr. Sergen Davran, Uzm. Türker Şahinkaya'ya,

Hoşgörülü, huzurlu bir ortamda çalışmamı sağlayan kliniğimiz tüm fizyoterapist, hemşire, sekreter ve personel arkadaşlarıma,

Tüm hayatım boyunca yaptıkları fedakarlık ve destekleriyle en önemli güç kaynağım olan, hekim olarak yetişmemde en büyük katkıya sahip merhum annem ve babama, ikinci ailem olan desteklerini ve sevgilerini her zaman hissettiğim çok değerli Güngör ve Naci Keskin'e, kardeşlerim Mehtap ve Sefer Şafak Değirmenci'ye,

Çalışmalarım boyunca yanımda olan, desteği ve sevgisini her daim yanımda hissettiğim sevgili eşim, yol arkadaşım Dr. Büşra Değirmenci'ye,

Teşekkürlerimi sunarım

Dr. Ufuk DEĞİRMENCİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar LİSTESİ	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ TEMEL PRENSİPLERİ	3
2.2. EGZERSİZ VE METABOLİZMA	5
2.3. OKSİJEN KASKATI VE AEROBİK KONDİSYON	7
2.4. EGZERSİZ TESTİ DEĞİŞİMLERİ VE YORUMLARI	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM	18
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA	39
6. SONUÇ	50
7. KAYNAKLAR	52
8. ETİK KURUL TUTANAĞI	62
9. ÖZGEÇMİŞ	63

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1: Genel ve spora özel elde edilen parametre ve indekslerin ortalamaları ve birbirleriyle kıyaslanması	30
Tablo 4.2: Kalp hızı değeri ve indekslerinin performans parametreleriyle ilişkisi	31
Tablo 4.3: Yaş değişkenliğine göre egzersiz parametre ve indekslerinin kıyaslanması	32
Tablo 4.4: Cinsiyet değişkenliğine göre egzersiz parametre ve indekslerinin kıyaslanması ..	34



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Spor Sınıflandırılması	4
Şekil 3.1 Egzersiz sırasındaki kalp hızı değişimi ve geri dönüş nabız parametreleri	20
Şekil 3.2 Kardiyopulmoner egzersiz testi anaerobik eşik ölçüm sonucu-V Slope Metodu ..	21
Şekil 3.3 Kardiyopulmoner egzersiz testi anaerobik eşik ölçüm sonucu-V Slope Metodu ..	22
Şekil 4.1: Tüm denek grubunun rezerv kalp hızı değerleri VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	34
Şekil 4.2: Tüm denek grubunun KHT_2 değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	34
Şekil 4.3: Tüm denek grubunun KHT_{t1} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	35
Şekil 4.4: Tüm denek grubunun KHT_{t2} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	35
Şekil 4.5: Tüm denek grubunun KHT_{t3} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	36
Şekil 4.6: Tüm denek grubunun KHT_{t1i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	36
Şekil 4.7: Tüm denek grubunun KHT_{t2i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	37
Şekil 4.8: Tüm denek grubunun KHT_{t3i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki	37

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TKH: Toparlanma Kalp Hızı

TKH₁: Toparlanma Kalp Hızı 1. dakika

TKH₂: Toparlanma Kalp Hızı 2. dakika

TKH₃: Toparlanma Kalp Hızı 3. dakika

KHT: Kalp Hızı Toparlanma

KHT₁: Kalp Hızı Toparlanma 1. dakika

KHT₂: Kalp Hızı Toparlanma 2. dakika

KHT₃: Kalp Hızı Toparlanma 3. dakika

KHT_t: Ters Kalp Hızı Toparlanma

KHT_{t1}: Ters Kalp Hızı Toparlanma 1. dakika

KHT_{t2}: Ters Kalp Hızı Toparlanma 2. dakika

KHT_{t3}: Ters Kalp Hızı Toparlanma 3. dakika

KHT_{ti}: Ters Kalp Hızı Toparlanma İndeksi

KHT_{t1is}: Ters Kalp Hızı Toparlanma İndeksi 1. dakika

KHT_{t2i}: Ters Kalp Hızı Toparlanma İndeksi 2. dakika

KHT_{t3i}: Ters Kalp Hızı Toparlanma İndeksi 3. dakika

ATP: Adenozin Trifosfat

VO_{2maks}: Maksimal oksijen tüketimi

MİK: Maksimal istemli kasılma

CO₂: Karbondioksit

H₂O: Su

PCr: Fosfokreatin

VO₂: Oksijen Alımı

VE: Ventilatuvar eşik

MET: Metabolik Eşdeğer

CaO₂: Kanın oksijen taşıma kapasitesi

AV-O₂: Arteriovenöz oksijen konsantrasyon farkı

Hgb: Hemoglobin konsantrasyonu

SaO₂: Hgb ile doyurulmuş yüzde oksijen

PaO₂: Kan akımı içindeki oksijenin kısmi basıncı

VO₂: Oksijen alım hacmi

Qc: Kardiyak output

PikVO₂: Pik oksijen tüketimi

RER: Pik solunum değişim oranı

AE: Anaerobik eşik

VE/VCO₂: Dakika ventilasyon karbondioksit çıkışı oranı

EKG: Elektrokardiyografi

VO_{2rec1}: Toparlanma 1. dakika oksijen tüketimi

VO_{2rec2}: Toparlanma 2. dakika oksijen tüketimi

VO_{2rec3}: Toparlanma 3. dakika oksijen tüketimi

KH_{ist}: İstirahat Kalp Hızı

KH_{mak}: Maksimal Kalp Hızı

KH_{rez}: Kalp Hızı Rezervi

Egz S: Egzersiz toplam süresi

KH_{ae}: Anaerobik eşik kalp hızı

VO_{2ae}: Anaerobik eşik oksijen tüketim değeri

VO_{2rec1}: Toparlanma 1. dakika oksijen tüketimi

VO_{2rec2}: Toparlanma 2. dakika oksijen tüketimi

VO_{2rec3}: Toparlanma 3. dakika oksijen tüketimi

ÖZET

Değirmenci U. Sporcularda kardiyopulmoner egzersiz test kapasite ölçümleri ve geri dönüş periyot parametrelerinin değerlendirilmesi İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi. İstanbul 2017.

Amaç: Sporcularda egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüş (recovery) değerleriyle performans değerleri arasındaki ilişki açısından tartışmalı veriler mevcuttur. Sporculara uygulanan kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda elde edilen performans parametreleriyle maksimal egzersiz sonrası geri dönüş periyot kalp hızı ve oksijen tüketim değerleri arasındaki ilişkiyi saptamayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda yaşları 9 ile 37 arasında değişen farklı spor dallarında 299'u erkek, 161'i kadın toplamda 460 sporcunun kayıtları incelendi. Sporculara kardiyopulmoner egzersiz testi Bruce protokolünde, koşu bandı kullanılarak uygulanmıştır. Egzersiz testlerine eş zamanlı olarak oksijen alım ve karbondioksit atılımları analiz edilmiştir. Kalp hızı toparlanma (KHT) değerleri pik egzersiz sırasında elde edilen maksimal kalp hızından 1, 2 ve 3. dakikalardaki toparlanma kalp hızı (TKH) değerleri çıkarılarak elde edilmiştir. Yeni bir değerlendirme parametresi olarak ortaya koyduğumuz ters kalp hızı toparlanma (KHT_t) değerleri istirahat kalp hızından TKH₁, TKH₂ ve TKH₃ değerleri çıkarılarak elde edilmiştir. Benzer şekilde yeni bir parametresi olarak ortaya koyduğumuz ters toparlanma kalp hızı indeksi (KHT_{ti}) değerleri, KHT_t değerlerinin istirahat kalp hızına oranıdır.

Bulgular: Çalışmamızda tespit ettiğimiz kalp hızı toparlanma değerleriyle performans ilişkisi açısından en ilişkili zaman diliminin geri dönüş periyottaki 2. dakika kalp hızı toparlanma (KHT₂) mutlak düşüş değeri olduğunu ortaya koyduk ($p<0.01$). KHT_t performans ilişkisi incelendiğinde en ilişkili değer 3. dakikadaki ters kalp hızı toparlanma (KHT_{t3}) değeri olduğunu saptadık ($p<0.01$). Ters toparlanma kalp hızı indeksi performans ilişkisi değerlendirildiğinde en ilişkili değerin KHT_{t3i} olduğunu belirledik ($p<0.01$).

Sonuç: Çalışmamızda egzersizde ulaşılan pik seviyeden sonra geri dönüş periyodundaki değişkenliklerin farklı spor tipinde mücadele eden değişken yaş gruplarında değerlendirilmesinin önemini ortaya koyduk. Yeni değerlendirme verileri olarak ortaya koyduğumuz KHT_t ve KHT_{ti} değerleriyle performans ilişkisi, bu değerlerin sporcuların sezon içinde yapılan performans değerlendirme ve takibinde önemli olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalp hızı toparlanma; sporcular; performans; kardiyopulmoner egzersiz testi;

ABSTRACT

Değirmenci U. Assessment of cardiopulmonary exercise test capacity measurements and recovery period parameters in athletes Istanbul University, Istanbul Faculty Of Medicine, Sports Medicine Department. Specialty Thesis, Istanbul 2017.

Aims: There is controversial data on the relationship between heart rate recovery (HRR) and performance values after exercise in athletes. We aimed to determine the relationship between performance parameters obtained as a result of cardiopulmonary exercise test applied to athletes and recovery period parameters after maximal exercise.

Materials and Methods: In our study, we examined the records of 460 athletes in 299 male and 161 female athletes from 9 to 37 years old. The cardiopulmonary exercise test was applied in the Bruce protocol with using treadmill. Simultaneous oxygen uptake and carbon dioxide excretion were analyzed in the exercise tests. We obtained heart rate recovery (HRR) values by subtracting the recovery heart rates during 1, 2 and 3 minutes from the maximal heart rate. Also, we obtained a new evaluation parameter that reverse heart rate recovery (rHRR) values, by subtracting recovery heart rates during 1, 2 and 3 minutes from the resting heart rate. In a similar way, the reverse heart rate recovery index (rHRR_{index}) values we present as a new evaluation parameters are the ratio of rHRR values to the resting heart rate.

Results: In our study, we found that the heart rate recovery values and the 2 minute heart rate recovery (HRR₂) absolute decline value of the most relevant time period in terms of performance in the recovery period ($p<0.01$). When we examine the performance relation with the reverse heart rate recovery values, we find that the most related value is the value of rHRR₃ ($p<0.01$). In a similar way, we determined that the most relevant value was rHRR_{3ind} in relation to reverse heart rate recovery and performance ($p<0.01$).

Conclusion: We have shown the importance of assessing the heart rate changes in recovery period after the peak heart rate reached at during exercise on variable age groups struggling in different sports types. The values of rHRR and rHRR_{index} that we present as new evaluation data suggest the athletes may be valuable in the evaluation and follow-up of the performance made during the season.

Key Words: Heart rate recovery; athletes; performance; cardiopulmonary exercise testing;

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Sporcular fiziksel zindelik ve sağlık açısından toplumun önemsenen örnekleridir. İnsan vucudunun yüksek iş yüklerini uygulama ve devam ettirme yeteneğinin altında yatan fizyolojik faktörlerin daha iyi anlaşılması, sporcu performans, antrenman durumunun değerlendirilmesi ve takibinde spor bilimlerinin önemli rol almasına neden olmuştur.

Sporcularda performansla ilişkili olarak kullanılan ve önemsenmekte olan birçok parametre mevcuttur. Bu parametrelerin laboratuvar ve saha şartlarında elde edilmesi sıklıkla g olabilmekte ve değerlendirme süreci karmaşık olmaktadır. Sporcularda performans değerlendirilmesinde kullanılmakta olan en değerli parametreleri kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda elde edebilmekteyiz. Kardiyopulmoner egzersiz testinin oldukça pahalı ve değerlendirme sürecinin komplike olması bu testin tekrarlayıcı laboratuvar testi olarak rutin kullanımını zorlaştırmaktadır. Sporcuların klinik ve saha değerlendirmelerinde pratikte altın standart değerindeki bu parametrelerin yerini tutabilecek daha ucuz, kolay, rutin uygulanabilen testlerle birlikte elde edilebilecek yeni parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda bu konuyla ilgili en ilgi çekici araştırma geri dönüş periyodundaki kalp hızı değerkenliği düzeyidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüş parametrelerinin sporcu performans durumunun takibinde, iyileştirilmesinde önemli bir gösterge olduğu ileri srlmektedir (1–3).

Kalp hızı toparlanması (KHT) veya geri dönüşü egzersizin sonlanmasından itibaren kalp hızındaki azalmanın zamansal olarak tespit edilmesiyle belirlenir ve parasempatik sistem reaktivasyonu, sempatik sistem çekilmesi arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır (4,5). Egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüşünün başlangıçta (<1 dakika) parasempatik sistem (vagal) reaktivasyonu, sonraki düşüşünse sempatik sistem aktivitesi ve hormonal faktörlerin geri çekilmesiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir (6–10). KHT değerlerinin erişkin ve çocuk popülasyonda aerobik antrenman programları sonrasında arttığı önceki çalışmalarda gösterilmiştir (11–13). Ayrıca, çalışmalarda KHT'nin sporcularda kondisyon seviyesindeki değişikliklerin ve genel antrenman durumunun bir göstergesi olabileceği ortaya konulmuştur (14,15). Bununla birlikte, önceki çalışmalarda antrene olan ve olmayan bireylerde KHT ve aerobik performans ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır (16–18). Bütün bu çalışmalara ek olarak, sedanter bireylerde egzersiz programları sonrasında KHT değişiklikleri de değerlendirilmiştir (19,20).

KHT değerlerinin yarışmalı sporcularda kondisyon durumunun basit, ucuz, noninvaziv bir göstergesi olarak önerilmesine rağmen, KHT'nin bu kişilerde kondisyon düzeyinin ayırt edilmesindeki başarısıyla ilgili minimal ve çelişkili veriler mevcuttur (14,21–23).

Sporcularda kullanılmakta olan pik seviyeye ulaşma ve onunla ilişkili performans parametrelerinin ortaya konması dışında, geri dönüş periyodu ile ilişkili parametrelerin de oldukça değerli olabileceği kabul edilmektedir. Çalışmamızda egzersiz esnasında ulaşılan pik seviyeden egzersiz öncesi istirahat değerlerine ulaşma sırasında nabız değişkenliklerini değişik spor tipinde mücadele eden değişken yaş gruplarında değerlendirdik. Sporculara uygulanan kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda elde edilen performans parametreleriyle maksimal egzersiz sonrası geri dönüş periyot kalp hızı parametreleri ilişkisini saptamayı amaçladık. Çalışmamız sonucunda sporcu performans ve antrenman durumunun belirlenmesi ve takibinde, geri dönüş periyot kalp hızı parametrelerinin kullanılmasıyla daha ucuz, kolay ve etkili sportif performans değerlendirmesi yapılabilmesini hedefledik.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ TEMEL PRENSİPLERİ

Egzersiz ve spor performansı büyük ölçüde metabolik ihtiyaç ve fiziksel zorlanmalara kardiyovasküler sistemin cevap verme yeteneğine bağlıdır. Bazı sporlarda, özellikle dayanıklılık aktivitelerinde yeterli oksijen sunumu, karbondioksit uzaklaştırılması ve egzersiz halindeki kasta oluşan ısının uzaklaştırılması için kalp ve kan damarlarından yüksek ihtiyaçlar oluşur. Kalp dolaşım için güç sağlayan hidrolik basıncı oluşturarak bu yanıtın çekirdeğini oluşturur. Kardiyak outputun düzenlenmesi iskelet kası metaboreseptörleri ve mekanoreseptörlerinden kaynaklanan geri bildirim ve ileri beslemeli sinyallerin yanı sıra doğrudan beyin yüksek dereceli merkezlerinden gelen büyük ölçüde otonom kontrol altında olan karmaşık bir sistemin kontrolü altındadır. Kardiyovasküler sistemle bu nöral reflekslerin entegrasyonu sıkı kontrol edilir, hatta bu refleksler vücudun egzersiz yoğunluğu değişikliklerine hızlı yanıt verebilecek şekilde esnek olmasını sağlar. Düzenli yapılan dayanıklılık antrenmanı, kardiyovasküler sistemin yapısını değiştirir ve birtakım değişikliklerle kardiyak verim (belirli bir kardiyak output için düşük kalp hızları) ve genel egzersiz kapasitesinin artmasına neden olur. Aerobik kondisyon düzeylerini arttırmak için insan vücudunun olağanüstü yeteneği plastisiteyi ve sistemin eğitilebilirliğini göstermektedir.

Fiziksel aktivite esnasında kardiyovasküler sistemin birincil amacı mitokondrinin metabolik ihtiyaçlarını karşılamak için egzersiz halindeki kasa oksijen iletmektir. Son olarak 36. Bethesda konferansında hobi veya yarışmalı farklı spor ve aktiviteler için aerobik, kas gücü gereklilikleri temel sınıflandırmaları güncellenmiştir (24) (Şekil 2.1).

Statik Komponentte Artış ↑	Yüksek (MİK >%50)	Kızak*İ, Saha yarışmaları (atıcılık), Jimnastik*İ, Dövüş sanatları*İ, Yelkencilik, Dağcılık, Su kayağı*İ, Halter*İ, Rüzgar sörfü*İ	Vücut geliştirme*İ, Alp disiplini*İ, Kaykay*İ, Snowboarding*İ, Güreş*İ	Boks*İ, Kano sporu, Bisiklet*İ, Dekatlon, Kürek, Sürat pateni*İ, Triatlon*İ
	Orta (MİK <%20-50)	Okçuluk, Otomobil yarışı*İ, Dalış*İ, Binicilik*İ, Motosiklet yarışı*İ	Amerikan futbolu*, Saha yarışmaları(atlama sporları), Artistik buz pateni*, Rodeo*İ, Ragbi*, Koşu (kısa mesafe), Sörf*İ, Senkronize yüzme İ	Basketbol*, Buz hokeyi*, Kayaklı koşu(paten tekniği), Lakros*, Koşu (orta mesafe), Yüzme, Hentbol
	Düşük (MİK <%20)	Bilardo, Bowling, Kriket, Körling, Golf, Atıcılık	Beyzbol*, Eskrim, Masa tenisi, Voleybol	Badminton, Kayaklı koşu(klasik teknik), Çim hokeyi*, Oryantiring, Yürüyüş, Raketbol/Squash, Koşu(uzun mesafe), Futbol*, Tenis
		A Düşük (VO _{2maks} <% 40)	B Orta (VO _{2maks} % 40-70)	C Yüksek (VO _{2maks} >% 70)
		Dinamik Komponentte Artış →		

Şekil 2.1. Spor sınıflandırılması

VO_{2maks}: Maksimal oksijen alımı, MİK: Maksimal İstemli Kasılma

* Bedensel çarpışma tehlikesi, İ senkop ortaya çıkarsa risk artışı (24).

Bu sınıflandırma spor yarışmaları sırasında elde edilen en yüksek statik ve dinamik bileşenlere dayanmaktadır. Kişinin antrenman esnasında daha yüksek değerlere ulaşılabilceği dikkate alınmalıdır. Dinamik bileşenlerde artış yüzde cinsinden tahmini maksimal oksijen alımına (VO_{2maks}) ulaşılması olarak tanımlanır ve kardiyak output artışıyla sonuçlanır. Statik bileşenlerde artış yüzde cinsinden tahmini maksimal istemli kasılmaya (MİK) erişilmesi olarak tanımlanır ve kan basıncı yükünde artmayla sonuçlanır. En düşük toplam

kardiyovasküler talep (kardiyak output ve kan basıncı) tablonun sol alt kısmında, en yüksek talepler ise tablonun sağ üst kısmında gösterilmektedir (24).

Fiziksel aktiviteleri dinamik (aerobik) ve statik (kuvvet) gereksinim derecelerine göre sınıflandırabiliriz. Nitekim, dayanıklılık eğitilmiş sporcunun kardiyovasküler ve iskelet kası adaptasyonları bir kısa mesafe koşucusu (sprinter) ile karşılaştırıldığında oldukça farklıdır ve sporcularda her bir aktivite için kendine özgü metabolik mekanizmalar gerekli olmaktadır. Dayanıklılık aktiviteleri tipik olarak aerobik solunuma daha fazla ihtiyaç duyar, kardiyak outputun daha fazla artışını ve "yavaş kasılan" iskelet kas liflerinin daha yüksek bir yoğunlukta olmasını gerektirir. Buna karşılık, kısa patlamalar şeklinde yapılan patlayıcı aktiviteler maksimal güç üretiminde hızla adenosin trifosfat (ATP) sağlamak için önemli miktarda substrat düzeyinde fosforilasyona ihtiyaç duyar ve egzersiz yapan kasa oksijen taşınmasına daha az ihtiyaç duymaktadır.

2.2. EGZERSİZ VE METABOLİZMA

Enerji fiziksel aktivite ve egzersizler için en temel gereksinimdir. Kas metabolizması için temel enerji maddesi, kas glikojeni formundaki karbonhidrattır. Tüm vücut hücrelerinde enerji oluşumu adenosin trifosfat (ATP) molekülü vasıtasıyla sağlanmaktadır. Hücre içerisinde depo halde bulunan ATP miktarının kişinin günlük aktivitelerinin şiddetine ve süresine bağlı olarak devamlı bir şekilde yenilenmesi gerekmektedir. Sprint koşusu ve yüzme esnasında, iskelet kasının ihtiyacı olan enerji miktarı, istirahatte duyduğu enerji ihtiyacının en az 120 katına çıkmaktadır. Daha düşük yoğunlukta ve uzun süreli maraton koşularındaysa tüm vücut enerji ihtiyacı istirahat düzeylerinin en az 20 katına çıkmaktadır. Bu nedenle, istirahatteki yaşamsal fonksiyonların devam edebilmesi için gerekli olan enerji miktarı oldukça düşük düzeydeyken, sportif aktiviteler esnasında enerji gereksinimi oldukça artmaktadır. Vücut enerji sistemlerinin göreceli katkıları fiziksel aktivitenin yoğunluğuna, süresine ve bireyin halihazırdaki kondisyon durumuna göre belirgin farklılık göstermektedir. Egzersiz sırasında, egzersizin süre ve yoğunluğuna bağlı olarak üç enerji sistemi devreye girer.

2.2.1 ATP Fosfokreatin Sistemi- Hazır Enerji Sistemi

Kısa süreli, yoğun fiziksel aktiviteler esnasında (100 m koşusu, 25 m yüzme, halter) vücut hızlı enerjiye gereksinim duymaktadır. Bu enerji neredeyse sadece kas içinde bulunan, yüksek enerjili fosfat ve fosfojen kaynakları olan, adenosin ATP ve fosfokreatinden (PCr) sağlanır. Kas dokusu kilogram başına 3-8 mmol ATP ve bunun 4-5 katı kadar fosfokreatin

içerir. Bu durum kas ağırlığı 30 kg olan, 70 kg ağırlığındaki bir kişide 570 ve 690 mmol arasında yüksek enerjili fosfat kaynağı anlamına gelmektedir. Kişilerde kasların 20 kilogramının aktif olduğu büyük bir kas aktivitesi esnasında, bu depolanmış yüksek enerji kaynağı tempolu yürüyüşün 1 dakikasının, maraton koşusunun 20-30 saniyesinin, sprint koşusunun 5 ile 8 saniyesinin enerji ihtiyacını karşılayabilir (25). Bu yüksek enerjili bileşiklerin muhtemelen egzersizin 20-30 saniyesi içinde tamamen tükendiği gösterilmiştir (26).

Tüm sportif aktivitelerde yüksek enerjili fosfat kullanılmasına rağmen bazılarında gerçek sportif performans bu enerji sistemine dayanmaktadır. Halter, beyzbol, voleybol, atletizmde atlama yarışları gibi branşlarda etki süresi kısa olmakla birlikte bu sistemin maksimal performansı belirlediği düşünülmektedir. Ayrıca, futbol ve buz hokeyinde sprintlerde, basketbolda basket atmak için topu fırlatma esnasında, teniste servis atma esnasında, atletizmde sırkla atlama gibi aktivitelerde enerji gereksinimi yüksek enerjili fosfattan sağlanır. Kısa süreli dinlenme olmadan devam eden egzersizlerde ATP'nin yeniden yerine konması için ek enerji sistemlerinin devreye girmesi gerekir. Eğer yeterli ATP üretimi olmazsa yüksek yoğunluklu egzersize devam edilemez (25).

2.2.2 Glikolitik Enerji Sistemi- Kısa Süreli Enerji

Anaerobik glikoliz de denilen bu metabolik sistemde glikojen sitozolde oksijensiz olarak parçalanmaktadır. Süresi 3 dakikayı bulan fiziksel aktivitelerde maksimum kas aktivitelerinin devam edebilmesi için yüksek enerjili fosfatların tekrar sentezi, hızlı bir şekilde anaerobik glikoliz ile desteklenmektedir (25). Kısa süreli yoğun egzersiz devamı için yüksek enerjili fosfatın yeniden sentezlenmesi gerekmektedir. Adenozin difosfatın (ADP) fosforilize edilmesi kas dokusundaki glikojenin laktata kadar yıkılmasını sağlayan anaerobik glikoliz ile yapılır (27). Bu durum yan ürün olarak laktik asit üretimi ile sonuçlanır. Glikoliz ile elde edilen ATP rezervi enerji olarak, egzersizin hızlı başlangıcında, 1 mil koşusunun son birkaç yüz metresinde, 400 m'lik koşu veya 100 m'lik yüzme yarışması boyunca kullanılır (28).

2.2.3 Aerobik Enerji Sistemi- Uzun süreli enerji

Bu enerji sisteminde, glikolitik ve krebs döngüsünde ortaya çıkan elektronların, elektron transfer sistemiyle oksijene iletilmesi gerekmektedir. Aerobik metabolizma, besin maddelerinin mitokondrilerde oksidasyonu demektir. Oksijen varlığında bir mol glikojen tamamen CO₂ ve H₂O'ya parçalanıp 39 mol ATP sentezlenmiş olur. Bu durumda glikojenin metabolize edilmesiyle sağlanabilecek en yüksek ATP miktarı elde edilir. Fosfojen ve

anaerobik laktik asit sisteminden farklı olarak aerobik sistemin sağladığı maksimum kas aktivitesi sınırsızdır. Düşük ve orta yoğunlukta, uzun süreli aktiviteyle yapılan sporlarda bu enerji sistemi ağırlıklı olarak kullanılır (25).

2.3. OKSİJEN KASKATI VE AEROBİK KONDİSYON

Oksijen absorpsiyonu, iletimi, metabolize etme yeteneği bireyin aerobik kondisyonunu belirler. Oksijen alımı (VO_2) spor bilimlerinde temel kavram olarak kabul edilir ve aerobik kapasitenin doğrudan bir ölçüsüdür. Vücut boyutlarındaki farklılıkları hesaba katmak için bu değer kilogram başına dakikada kullanılan oksijeni mililitre olarak ifade edilmektedir ($ml/kg/dk$). Bireyin VO_{2maks} 'ının ölçümü aerobik güç üreten çeşitli organ sistemleri (kalp, akciğer ve kaslar) entegre edilerek oluşan kardiyorespiratuar kondisyon için yararlı bir değerlendirme sağlar. Oksijen alımının belirleyicileri 'oksijen kaskatı' takip edilerek anlaşılabilir, solunum zincirinde adımlar mitokondri içinde oksidasyon için gerekli oksijenin akciğerden absorpsiyonu ile başlar. Gaz değişimi ve oksijen tüketimi, dış ve iç solunum olmak üzere iki ana süreç yoluyla meydana gelir.

Dış solunum;

1. Havanın akciğerlerden iç ve dışa doğru hareketi,
2. Oksijenin pulmoner damarlardan difüzyonu, karbondioksitin kandan uzaklaştırılmasını içerir.

İç solunum;

1. Oksijen ve karbondioksitin dolaşım sistemi içinde taşınması,
2. Oksijen ve karbondioksitin kılcal damar sistemleri ile mitokondriye taşınmasını içerir.

Dış solunum yeterli oksijenasyonu sağlamak için sağlam alveoller gerektirir ve atmosferik ara yüzeyle ventilasyonun (VE) oluşması için havalandırılmış akciğer bölgelerinin yeterli miktarda kanlanması gerekir. İç solunum büyük ölçüde arteriyel oksijen taşıma kapasitesinin yanı sıra kalp ve kan damarlarının mitokondriye oksijen taşıma yeteneğine bağlıdır. İstirahatte vücudun metabolik gereksinimlerine beyin, karaciğer ve böbrekler hakimdir. Genel olarak, çoğu bireyin istirahat metabolik hızı yaklaşık $3.5 ml/kg/dk$ 'dır ve bu değer klinikte "metabolik eşdeğer" veya 1 MET olarak adlandırılır. Egzersiz sırasında çalışan kasların oksijen ihtiyacında artış meydana gelir, bu nedenle kan akımının %80'i çalışan kaslara yönlendirilir. Bu kaslara olan kan akımındaki büyük artış, maksimal aerobik egzersizde kardiyak debinin (Kalp hızı x Atım hacmi) istirahate göre 4 ile 6 kat olacak

şekilde, hatta yarışmalı dayanıklılık aktiviteleri yapan sporcularda daha yüksek artışları tarafından desteklenmektedir (29,30). Kardiyak outputtaki artış başlangıçta iskelet kası pompasının aktive olmasının yanı sıra splanknik alandaki kanın yeniden dağılımı sonucu venöz dönüşün artmasıyla oluşan atım hacminin artmasından sağlanır. Egzersiz yoğunluğu arttıkça kalp hızı da artarak kardiyak output artışına daha fazla katkıda bulunur. İyi kondisyonu olan uzun mesafe koşucusu, kır kayağı sporcusu ya da kürekçiler kardiyak outputunu dakikada 40 litre olacak şekilde arttırabilir. Çalışan kasların oksijeni kapiller damarlardan almasıyla arteriyel ve venöz oksijen konsantrasyon farkında artış olur. Bu durum arteriovenöz oksijen konsantrasyon farkı (AV-O₂ farkı) olarak adlandırılır. AV-O₂ farkı kanın oksijen taşıma kapasitesi ve mitokondrinin oksidatif potansiyeline bağlıdır. Kanın oksijen taşıma kapasitesini hesaplamak için kullanılmakta olan formül aşağıda gösterilmektedir:

$$CaO_2(\text{ml/dl}) = [\text{Hgb}] \times 1.36 \times SaO_2 + (0,0031) \times PaO_2$$

CaO₂: Kanın oksijen taşıma kapasitesi, [Hgb]: hemoglobin konsantrasyonu g/dl; SaO₂: Hgb ile doyurulmuş yüzde oksijen; PaO₂: kan akımı içindeki oksijenin kısmi basıncı

Hgb değeri 14 gr/dl ve PaO₂ değeri 100 mm Hg ise arteriyel kanın oksijen içeriği 19 ml/dl veya litresi başına 190 ml'dir. Oksijenin büyük çoğunluğunun kanda Hgb bağlı olması nedeniyle denklemin ikinci bölümünde bulunan çözülmüş O₂ hiperbarik koşullar dışında genelde görmezden gelinir. Egzersiz yoğunluğu arttıkça, kanın venöz Hgb satürasyonu azalır, oksijen afinitesi artar, bu durum maksimal egzersizde %25'e ulaşır. Aynı örneği kullanırsak, AV-O₂ farkı 14 ml/dl olduğunda venöz oksijen konsantrasyonu 5 ml/dl' ye düşer. Düşük Hgb düzeyleri arteriyel oksijen içeriğini azaltarak AV-O₂ farkını azaltır. Aksine, yüksek Hgb miktarı oksijen taşıma kapasitesini arttırabilir, örneğin Hgb konsantrasyonlarında 1g/dl artış arteriyel oksijen içeriğini başlangıç Hgb düzeyine göre % 7-10 oranında arttırmaktadır. Aerobik kapasitenin artışında Hgb artışının etkinliği, kırmızı kan hücresi ve eritropoietin dopinginin, yüksek irtifa antrenman konseptinin arkasındaki mantığı oluşturur (31). Egzersiz çalışmaları aynı zamanda kan dolaşımından oksijenin perifere ekstraksiyonunu Hgb miktarındaki değişikliklerden bağımsız olarak arttırabilir. Aslında, antrenmanla aerobik fitness düzeyindeki en erken iyileşmeler özellikle öncesinde sedanter olan bireylerde öncelikle mitokondri ve kapiller yoğunluğunda artış, oksidatif lif tiplerinde değişimler ve kas kitlesindeki artışa bağlı gelişir (32). Bu adaptasyonlar antrenman yanıtının erken dönemlerinde merkezi kardiyak sistemdeki değişimlerden önce ortaya çıkar. Kardiyak output

(Qc) olarak bilinen, oksijen teslimi ve AV-O₂ farkı, oksijen kullanımı, oksijen alım oranıyla belirlenen Fick denklemi:

$$VO_2 = Qc \times (AV-O_2)$$

VO₂: Oksijen alım hacmi; Qc: Kardiyak output; AV-O₂:Arteriyovenöz oksijen farkı

VO₂'nin egzersiz esnasında kardiyak debi ölçümü zor olduğundan ve arteriyel ve mikst venöz kan değerlerinin doğrudan değerlendirilmesi için kataterlere ihtiyaç duyulduğundan Fick denklemiyle ölçümü nadirdir. VO₂ en sık solunumsal gaz fraksiyon ve hacim metabolik değerlerindeki değişikliklerle değerlendirilir.

Submaksimal egzersiz sırasında, istemli tükenme ve yorgunluktan önce egzersizin artışıyla kardiyak output ve oksijen alımı arasında lineere yakın bir ilişki vardır. Egzersiz yoğunluğu arttıkça kaslar daha fazla oksijene ihtiyaç duyar ve bu nedenle arteriyovenöz oksijen farkı artar. Kalp hızı, oturur ya da ayakta olacak şekilde kişinin pozisyonuna göre istirahatte değişir. Egzersiz yükü artarken, kalp hızı ve oksijen alımı hemen hemen lineer bir ilişki gösterir. İstirahatteki kalp atım hacmi ayrıca kişinin postürüne bağlıdır. Oksijen uptake maksimal değerinin %40'ına ulaştığında, stroke volüm maksimal değerinin %85'ine ulaşır. Egzersiz yoğunluğu ve oksijen uptake artışı, en azından fit bireylerde stroke volümünde devamlı bir artış olmasına neden olur (33,34).

2.3.1. Maksimum Oksijen Alımı

Maksimum oksijen alımı (VO_{2maks}, L/dk) kişinin oksijen alımı, transportu, kullanımı ile ilgili maksimal yeteneğini yansıtır ve kişinin fonksiyonel aerobik kapasitesini tanımlamaktadır. Maksimal aerobik güç, ayrıca maksimal VO₂ (VO_{2maks}) olarak adlandırılan bu değer, kardiyopulmoner sistemin aerobik sınırını tanımlayan önemli bir ölçümdür. VO_{2maks} ölçümü kardiorespiratuar kondisyonun laboratuvar ölçümünde altın standart olmuştur ve fonksiyonel egzersiz testi esnasında ölçülen en önemli parametredir. Bazı araştırmacılar VO₂ platosunun maksimal egzersize yakın meydana geldiğine yönelik ısrar etmelerine rağmen, bu durum her zaman görülmez. VO_{2maks} teriminin bu durumu tanımlamak için kullanılması yerine "pikVO₂" tanımı kullanılması önerilmiştir (35). Kademeli egzersiz testi uygulandığında iş yükünde artışlar olmasına karşın VO₂ platosu tespit edilemediğinden test esnasında elde edilen en yüksek değerlerin en az 30 saniyelik ortalaması olan pikVO₂ tanımı genellikle kullanılır. Bisiklet ergometresi veya koşu bandıyla elde edilen VO_{2maks} değeri kişinin genel egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Fick denklemiyle elde edilen VO_{2maks}, dayanıklılık sporlarında performansla ilişkili uzun süredir değerli bir fizyolojik

ölçüm olarak kabul edilmektedir (34,36). Saltin ve ark.'nın İsveç Milli Takımı'nı temsil eden farklı dayanıklılık aktiviteleri yapan 95 erkek ve 38 kadın sporcuda yaptıkları çalışma, VO_{2maks} ve atletik performans arasındaki ilişkiyi destekleyen ilk çalışmalardan biridir. Bu çalışmada en formda ve fit olan 15 erkek sporcuda ortalama VO_{2maks} değeri ortalama 5,8 l/dk, en fit olan 10 kadın sporcuda ise ortalama 3,6 l/dk olarak saptanmıştır (37). Sonraki çalışmalar atletik performans ve VO_{2maks} arasındaki ilişkinin tutarlı olduğunu doğrulamıştır. Ayrıca, Foster ve ark. 26 uzun mesafe koşucusunda yaptıkları çalışmalarında sporcuların VO_{2maks} değerleri ve sporcuların yarışta 1, 2, 6 mil bitirme derecelerini kaydetmiş, yarışı bitirme zamanlarıyla VO_{2maks} değeri arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, sadece çok yüksek fitness seviyeleri olanlar çalışmaya dahil edildiğinde, yarış performansı ve VO_{2maks} arasında daha düşük ilişki saptanmıştır (38). VO_{2maks} mutlak ya da rölatif değerlerle tanımlanabilir. Mutlak VO_{2maks} dakikada litre ya da ml olarak ölçülebilir. Mutlak VO_2 değeri doğrudan vücut boyutlarına bağlıdır. Vücut boyutları büyük olan kişilerin kas kitlesi arttığından daha yüksek VO_{2maks} düzeyleri olması beklenir. Bu yüzden kişiler arasındaki vücut ağırlıklarının farklı olması nedeniyle VO_{2maks} değeri kilogram başına değerlendirilir. Obez ve yüksek beden kitlesi olan bireylerde egzersiz esnasında metabolik olarak daha az aktif olan yağ kitlesindeki artış nedeniyle relatif VO_{2maks} ve aerobik fitness düzeyleri değerlendirilmesinde yağsız vücut kitlesinin dikkate alınmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilebilir (39).

Vücut ağırlığına ek olarak VO_{2maks} değerine etki eden diğer faktörler yaş ve cinsiyettir. Yaşla birlikte VO_{2maks} değeri erken orta yaşlardan itibaren (30-64 yaşlar) her dekada %5 azalır, fakat 70 yaşlarından sonra her bir dekada %20 artar (40). Aerobik kondisyonda azalmadan, büyük oranda primer olarak yaşla birlikte ulaşılabilen maksimal kalp hızında azalmalar sonucunda oluşan pik kardiyak outputta azalma sorumludur (41). Ancak, ömür boyu düzenli egzersizle aktif yaşam biçimlerini koruyan kişiler VO_{2maks} düzeylerini hemen hemen gençlik dönemlerindeki seviyelere yakın değerlerde koruyabilirler. 40 yaşından büyük yarışmalı aktivitelere katılan iyi seviyede antrene sporcuların pik VO_2 değerleri daha genç bireylerle karşılaştırıldığında sıklıkla benzer olarak saptanmıştır (42). İlginç bir şekilde, bu iyi seviyede antrene atletler yaşa bağlı bu düşüşlerden korunmazlar, hatta sedanter, aynı yaştaki kontrol grubuna göre benzer relatif düşüşlere, mutlak VO_2 değerlerinde daha yüksek düşüşlere maruz kalırlar (43,44).

Yaş ek olarak cinsiyet de aerobik performansta önemli bir faktördür ve büyük oranda erkek ve kadın arasındaki stroke volüm farklılıklarından ve vücut kompozisyonundan

kaynaklanmaktadır. Erkeklerde daha fazla vücut kitlesi daha yüksek maksimal kardiyak outputa ve böylece, daha yüksek pik VO_2 değerlerine sebep olur. Vücut yüzey oranına göre ayarlamalar yapılsa bile, erkekler pik egzersiz düzeylerinde kadınlara göre daha yüksek stroke volüm indekslerine sahip olma eğilimindedir (45). Cinsiyetler arası VO_{2maks} relatif farklılıklarının yağsız vücut kitlesine göre ayarlandığında azaltılması, aerobik kondisyondaki farklılıkların kadınlarda yağlanmanın artmasının sonucu olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, VO_{2maks} kardiyopulmoner ve iskelet kası fonksiyonlarının ölçümünde ve genel kondisyonun değerlendirilmesinde kullanışlı bir ölçüm olmasına rağmen, bireyin fitness ve potansiyel atletik performansının değerlendirilmesinde belirli uyarılar dikkate alınmalıdır. Pik VO_2 yaş, cinsiyet, antrenman durumu, vücut yağ miktarı dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Kişinin pik VO_2 değerlerinin normal aralığını tanımlamak zor olmasına rağmen, büyük bir popülasyondan elde edilen Amerikan Spor Hekimliği Enstitüsü (American College of Sports Medicine) verileri bu değerlerin yorumlanmasında yardımcı olabilir (46).

2.3.2. Sporcu Kalbi

Düzenli yapılan antrenman ve egzersiz, kalp yapısı ve fonksiyonunda değişikliklere yol açmaktadır. Yüksek derecede antrene dayanıklılık sporu yapan kişilerde en sık gözlenen değişiklik tüm kardiyak boşlukların genişlemesi ve istirahat sinüs bradikardisinin varlığıdır. Sporcu kalbi olarak tanımlanan fizyolojik hipertrofi aerobik antrenman süresince egzersiz yapan kasa yeterli ve etkili miktarda oksijen taşınmasını sağlamak için kardiyovasküler sistemin adaptasyonunu yansıtır. 19. yüzyılın başlarında tarif edilen bu tanımlama, ekokardiyografi, manyetik rezonans görüntülemedeki gelişmeler ve moleküler sinyal yollarının anlaşılması sonucunda artan miktarda kardiyak genişlemeye bağlı olan bu değişikliklere ışık tutmuştur. Kalp boşluklarında genişlemenin birincil uyarısı kalbin antrenman sırasında maruz kaldığı tekrarlayıcı volüm ihtiyacıdır. Hangi dozda, sıklıkta, sürede ve yoğunlukta aerobik egzersizin kardiyak remodelinge sebep olduğu bilinmese bile, öncesinde sedanter olan gençlerde haftada en az 4-5 seans orta derecede 1 yıllık aerobik aktivitenin kardiyak odacık boyutlarında artışla ilişkili olduğu saptanmıştır (47). Yeterli aerobik antrenman uyarısıyla, sol ve sağ ventrikül morfolojisinde değişiklik en erken 3 ayda görülebilir, sol ventrikül kitlesinde hipertrofiyle artışı, egzersizin devam etmesiyle eksantrik hipertrofiyle genişleme takip eder (48). Ventrikül genişlemesi daha yüksek end diastolik rezerv volümüne neden olur, bu durum kalbin kontraktilesini arttırmasından daha verimlidir, sonuç olarak Starling mekanizmasıyla egzersiz esnasında atım hacmi (stroke volüm) artışı gelişir. Starling mekanizması ventriküler basınç ve atım hacmi ilişkisini açıklar. Ventrikül

dolum basıncı arttıkça, miyosit içindeki myofilamanlar gerilir, daha fazla aktin miyozin köprüsü oluşmasına neden olur ve daha fazla kasılma gücüyle sonuçlanır. Büyük kalp boşlukları daha uyumlu ve esnek bir ventrikül oluşmasıyla ilişkilidir. Herhangi bir dolum basıncında, sporcu kalbi sporcu olmayanlara göre çok daha büyük ve gerilebilirdir (49). Ventrikülün yüksek uyumuyla kronik egzersize fizyolojik adaptasyonu, kontrol altında olmayan hipertansiyon ve sistolik kalp yetmezliği gibi kardiyak hipertrofiyle sonuçlanan patolojik koşullardan ayırt edilmelidir. Büyük esnek ventrikül egzersizle ortaya çıkan ön yük artışlarına kolaylıkla adapte olur, etkin bir şekilde kanın vücuda dağıtımını sağlar. Egzersiz artışıyla birlikte ventrikül genişlemesine ek olarak, sol ventrikül kitlesi ve duvar kalınlığı artar. Bu artışın derecesi cinsiyet ve etnik kökene bağlı olarak değişir. Afrikalı sporcular kafkas sporculara göre daha kalın ventrikül duvar kalınlığına sahip olmaya eğilimlidir (50). Kadınlarda hatta küçük vücut boyutlarına göre düzeltilmiş olsa bile erkeklere göre daha az fizyolojik hipertrofi oluşur (51).

2.3.3. Sporcularda Egzersiz Testi

Kademeli egzersiz testi, bireylere giderek artan iş yüklerinde denetimli ve kontrollü olarak uygulanan egzersiz faaliyetinin değerlendirilmesidir. Koşu bandı yürüyüş veya koşusu, bisiklet ergometresi tipik olarak bu testin uygulama yöntemleridir.

Kademeli egzersiz testi uygulama amaçları; bazal fitness kapasitesini belirlemek, egzersiz programı reçetelendirmek veya antrenman eşiklerini tespit etmek, belirli bir dönem egzersiz çalışmalarına katılım sonrasında ortaya çıkan ilerlemeleri değerlendirmek, egzersiz performansına etki eden kardiyopulmoner koşulları tanımlamak, aritmileri provoke etmek veya sporcuda kardiyovasküler kondisyon olarak bilinen egzersize hemodinamik cevabı ölçmek, yarışmalı sporlara katılımın güvenli olup olmadığını belirlemektir.

Bu nedenle, sporcuların değerlendirilmesinde temel nokta yukarıdaki soruların cevabını alabilecek, sporun oluşturduğu benzer ihtiyaçları oluşturabilecek bir egzersiz protokolü oluşturmaktır. Standart Bruce protokolü çok sayıda klinik egzersiz laboratuvarına göre özellikle sporcu aralıklı (intermitan), patlayıcı ve yüksek yoğunlukta aktivitelere katılıyorsa yetersiz bir test yöntemidir. Spora spesifik sınırlamalara ilişkin sorular cevaplanmak istenirse sporcunun sporuna özel aktivitesi esnasında değerlendirmenin yapılması daha doğru fikirler verebilir.

2.3.4. Performans Kapasitesi Belirleyicileri

Kardiyopulmoner egzersiz testi, sporcunun performans kapasitesinin kapsamlı bir değerlendirilmesinde yardımcı olabilir. Maksimal oksijen tüketimi, maksimal kararlı durum, ekonomi ve anaerobik kapasite ölçümleri çeşitli koşullar altında bireyin yetenekleri hakkında bilgi verir. VO_{2maks} maksimal aerobik gücün belirlenmesinde kullanışlı bir ölçümdür, ayrıca sporcunun submaksimal koşullardaki performansını göstermez, spor yarışması esnasında daha sıklıkla karşılaşılan seviyeleri yansıtır. Maksimal kararlı durum egzersiz yoğunluğunun ne kadar uzun süre devam ettirilebileceğini gösteren kardiyak arz ve iskelet kası talepleri arasındaki denge durumunu tanımlayan önemli bir kavramdır. Maksimal kararlı durum genellikle VO_{2maks} 'ın %50-%70'i arasındadır, fakat yüksek derecede antrene sporcularda ise VO_{2maks} 'ın %95'i olacak şekilde yükselebilir. Yüksek maksimal kararlı durum sporcunun maksimal aerobik güce yakın olacak şekilde uzun süre çalışmasına izin verir.

Bir bireyin maksimal kararlı durumu ventilatuar eşik veya kan laktat birikimi başlangıcı ölçülerek tanımlanabilir. Aerobik çalışma arttıkça, yüksek glikolitik akış sadece krebs siklusu çıkışında artışla kalmayıp aynı zamanda pirüvat ve laktat metabolizmasında artışla sonuçlanır. Belli bir noktada laktat üretimi vücudun laktat temizleme kapasitesini aşar ve laktat birikmeye başlar. Sıklıkla anaerobik eşik olarak adlandırılan bu kavramın gerçekte bu ölçümün nasıl yapıldığına bağlı olarak ventilatuar ya da laktat eşiği olarak adlandırılması daha iyidir. Anaerobik eşik kavramı egzersiz süresince glikoliz ve substrat düzeyinde fosforilasyonun olduğu nonoksidatif veya glikolitik metabolizmanın başlangıcını ifade etmektedir. Kan laktik asit birikimi, maksimal kararlı durumda ortaya çıkan biyokimyasal süreci daha doğru tanımlar, yani temizlenme ve üretimindeki dengesizliğe bağlı gelişen laktat artışıdır.

Ekonomi egzersiz fizyolojisinde ayrıca önemli bir kavramdır. Ekonomi, egzersiz yapılan kasta yapılan işle, mevcut fiziksel işte başarılı olmayı yansıtır. Gerçekleştirilen fiziksel işte elde edilen VO_2 eğimi ekonomidir. Bu eğimin daha dik olması aynı iş yüklerinde daha yüksek VO_2 ihtiyacını, düşük ekonomik aktiviteyi gösterir. Yürüyüş ve bisiklet çok ekonomiktir, oysa yüzme mevcut fiziksel işte vücutta üretilen enerjinin %10 dönüşümü ile gerçekleştirildiğinden büyük ölçüde ekonomik olmayan bir aktivitedir (52). Düzenli egzersiz çalışmaları nöromekanik bağlantı ve koordinasyonu arttırarak, kas lifi tipinde değişikliklerle ve aynı iş yüklerinde düşük VO_2 ihtiyaçları gibi ergonomik adaptasyonlarla ekonomiyi arttırabilir. Yüksek ekonomiye (düşük eğim) sahip koşucular benzer VO_2 düzeylerinde daha hızlı koşu süratlerine sahiptir.

Son olarak anaerobik kapasite substrat düzeyinde fosforilasyon kapasitesinin ölçümüdür. Kısa süreli patlayıcı aktivite gerektiren etkinlikler (iş yükünde çok hızlı artış), kardiyak yanıtın yeterince metabolik ihtiyacı karşılamasında kısa sürede adenosin trifosfat (ATP) üretimi için yüksek oranlarda substrat düzeyinde fosforilasyon ve rejenerasyon gerektirir. Kardiyak yanıtta bu kısa süreli gecikme anaerobik olarak adenosin trifosfat sağlayan fosfokreatin ve glikolitik depolar tarafından korunur. Anaerobik iş esnasında ölçülen VO_2 arasındaki farklar eğer iş yükü yavaş yavaş arttırılırsa anaerobik kapasiteyi gösterir. Anaerobik kapasite, kısa mesafe koşucularında veya ani patlayıcı yüksek yoğunluklu aktiviteler yapan sporcularda önemli bir parametredir.

2.3.5. Egzersiz Testi Kontrendikasyonları

Sporcuların genel popülasyona göre daha sağlıklı olduğu bilindiğinden Amerikan Spor Hekimliği Enstitüsü (American College of Sports Medicine) risk sınıflamasına göre genel popülasyona göre daha düşük riskleri vardır. Ayrıca, sporcuların egzersiz testi esnasında kardiyak olay gelişme riski daha düşük olabilir. Ancak, Amerikan Kalp Birliği (American Heart Association), Amerikan Kardiyoloji Enstitüsü (American College of Cardiology) tarafından özetlenen egzersiz testi kontrendikasyonları önemlidir (53).

Düşük riskli erişkinlerde Egzersiz Testi Sonlandırma Kriterleri;

- Angina veya angina benzeri semptomların başlangıcı,
- Başlangıç sistolik kan basıncından iş yükündeki artışa rağmen 10 mm Hg'den fazla düşüş,
- Kan basıncının sistolik 250 mmHg'nin, diyastolik 115 mmHg'nin üzerine çıkması,
- Dispne, hırıltılı solunum, bacak krampları veya kladikasyo,
- Baş dönmesi, solgunluk, siyanoz ve ataksi gibi zayıf perfüzyon bulguları,
- Egzersiz yoğunluğunda artışa rağmen kalp hızında artış yetersizliği,
- Kalp ritminde bir değişiklik,
- Katılımcının testi durdurmak istemesi,
- Fiziksel veya sözlü olarak belli olan yorgunluk,
- Test ekipmanlarında bozukluk ya da kusur olarak belirtilmektedir (53).

2.3.6. Egzersiz Testi Denetimi

Egzersiz testi majör komplikasyonları ortopedik yaralanma, hemodinamik instabilite, kardiyak aritmiler, myokardial enfarktüstten ölüme kadar uzanır. Uygun denetim altında yapıldığında egzersiz stres testi 10000 testte 0-6 kardiyak arrest, 2-6 myokardiyal enfarktüs gibi çok küçük sınırlı bir risk ortaya çıkarmaktadır. Amerikan Kardiyoloji Enstitüsü/Amerikan Kalp Derneği egzersiz stres testinin uygun eğitimli bir hekim tarafından veya uygun teknik ve güvenlik önlemlerini alabilen bireyler tarafından uygulanmasını tavsiye etmiştir. Testi uygulayan hekim veya kişi testin endikasyonları ve kontrendikasyonlarını, test için gerekli hedef değerleri, testin sonlandırılmasına neden olacak anormal cevapları iyi bilmeli ve test sonucunda elde edilen verileri yorumlayabilmelidir. Egzersiz testini denetleyen hekim dışındaki kişiler Amerikan Kardiyoloji Enstitüsü/Amerikan Kalp Derneği tarafından açıkça belirtildiği üzere, egzersiz fizyolojisi ve elektrokardiyografi ritmindeki önemli değişiklikleri tanıma, bilişsel becerilere ve yeterliliklere sahip olmalılar. Egzersiz testinden önce alınan anamnez, fizik muayene ve standart 12 derivasyonlu elektrokardiyogram, test için gerekli olan denetim seviyesinin belirlenmesinde yol gösterebilir (54).

2.4 EGZERSİZ TESTİ DEĞİŞİMLERİ VE YORUMLARI

2.4.1 Algılanan Efor

Algılanan efor, yoğunluğu katılımcı tarafından belirlenen ve relatif yorgunluğun bir göstergesi olan subjektif bir ölçümdür. Kullanılan egzersiz derecesi ölçeği test başlamadan önce katılımcıya açıkça belirtilmelidir. Egzersizlerin dereceleri, her egzersiz aşamasının son 5 saniyesinde veya rampa protokolleri sırasında her 2 dakikada bir alınır. 6-20 arası Borg ölçeği yaygın olarak kullanılan bir algılanan egzersiz derecelendirilmesi ölçeğidir, daha yüksek sayılar daha yüksek bir yorgunluk seviyesi göstergesidir. Bu ölçek sağlıklı bir genç için (olası aralık, 60-200) kalp atış hızı yanıtlarının aralığını temsil etmek üzere üretilmiştir.

2.4.2. Ventilatuvar Eşik

Egzersize başladıktan hemen sonra ventilatuvar eşik (VE) sağlıklı antrenmansız bireylerde pikVO_2 veya $\text{VO}_{2\text{mak}}$ 'ın %45-65'ine kadar ve dayanıklılık çalışması yapan bireylerde daha yüksek yüzdelerde değerlere kadar lineer artış gösterir. Anaerobik eşik (AE), VE'deki lineer ilişkideki değişikliklerin VO_2 'ye göre katlanarak artmaya başladığı doğrusal ilişkinin değiştiği nokta olup, kan laktat birikiminin başlangıcına karşılık gelir.

2.4.3. Pik Solunum Değişim Oranı (RER)

Pik solunum değişimi oranı (RER), karbondioksit çıkışının (VCO_2) ventilatuvar ekspiryum gaz analizinden elde edilen VO_2 'ye oranıdır. Egzersiz testi esnasında, egzersiz

yoğunluğu arttıkça, laktat üretimi artar ve laktatın tamponlaması için VCO_2 artışı VO_2 artışından daha hızlı gelişir. VCO_2/VO_2 oranındaki bu değişiklik tüm kişilerde tutarlıdır ve pik RER değerinin katılımcının efor miktarının değerlendirilmesinde önemlidir. Pik RER değerinin 1.10 veya üzerinde olması kişinin maksimal efora yakın olduğunu gösterir.

2.4.4. Dakika Ventilasyon ve Karbondioksit Çıkışı

VE ile VCO_2 arasındaki ilişki ventilatuar yeterlilik için kullanışlı bir değerlendirmedir. Egzersiz esnasında, VE, VCO_2 ile sıkıca bağlıdır, çünkü VE üretilen karbondioksit miktarıyla yönlendirilir. VE/VCO_2 'nin 30'un altında olması her yaş ve cinsiyet için normal olarak kabul edilir. Bu egzersiz testi modu veya kullanılan protokol türünden etkilenmeyen oldukça güvenilir bir testtir (55). VE/VCO_2 değerinin 35'ten büyük olması, VE perfüzyon uyumsuzluğu, kardiyak output azalması, kalp atım hızı değişkenliğinde azalma veya egzersize ventilasyon yanıtını abartan anormal kemoresptör sensitivitesiyle ilişkili olabilir. Egzersizin orta bölümünde VE/VCO_2 ilişkisini değerlendirmek, düşük yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu (anaerobik eşik üzerinde) bölümlerinde değerlendirmemek önemlidir.

2.4.5. Egzersize Kan Basıncı Yanıtı

Dinamik egzersiz sırasında beklenen kan basıncı yanıtı sistolik kan basıncında progresif artış, diastolik kan basıncında hafif azalma veya değişikliğin olmaması ve nabız basıncında artıştır. 20-30 mm Hg'den az bir artış veya başlangıç değerinden 10 mm Hg'den daha büyük bir düşüş miyokardiyal iskemi, aortik çıkış obstrüksiyonu, şiddetli sol ventrikül disfonksiyonu, pulmoner hipertansiyon veya antihipertansif tedavi nedeniyle oluşabilecek anormal tansiyon cevabıdır. Sporcular sıklıkla yarışma veya yoğun antrenman sırasında bundan çok daha büyük kan basıncına erişmelerine rağmen sistolik kan basıncının 250 mm Hg'den yüksek veya diastolik basıncın 115 mm Hg'den fazla olması testin sonlandırılmasını gerektirir. Egzersiz sonrası recovery esnasında sistolik kan basıncı progresif olarak düşer.

2.4.6 Egzersize Kalp Hızı Yanıtı ve Kalp Hızı Geri Dönüşü veya Toparlanması (Recovery)

Fiziksel aktivite esnasında kalp hızının düzenlenmesi otonom sinir sisteminin kontrolünde gerçekleşir. Kalp hızı özellikle egzersizin başlangıcında ya da düşük yoğunluklarında parasempatik çekilme ile vagal tonusun azalmasına bağlı olarak progresif lineer artışlarla yanıt verir, egzersizin daha şiddetli ileri evrelerinde ise sempatik sistem aktive olur, kalp hızındaki artışlar sempatik aktivasyon ve epinefrin salınımıyla sağlanır (6–8,56–58).

Kalp hızı toparlanması (KHT) veya geri dönüşü egzersizin sonlandırılmasından sonra, birkaç dakika içinde gelişen kalp hızındaki düşüş olarak tanımlanabilir. Egzersiz sonrası geri dönüş esnasında zamana bağlı otonom değişiklikler yeterince anlaşılamamıştır. Egzersiz sonrası erken kalp hızı toparlanmasının (<1 dakika) vagal ton reaktivasyonuna, geç toparlanmanın (>2 dakika) sempatik aktivite ve katekolaminler gibi hüморal faktörlerin azalmasına bağlı geliştiği ileri sürülmektedir (1,5,6,59–61). İmai ve ark. ilk 30 saniyedeki KHT'nin parasempatik sinir blokajıyla uzadığını, neredeyse sempatik sinir blokajından bağımsız olduğunu ortaya koymuşlardır (1). Egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüşü; egzersiz yoğunluğu, kardiyorespiratuar kondisyon, kardiyak otonom sinir sistemi modülasyonu, hormonal değişiklikler ve barorefleks duyarlılığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (16). Fiziksel aktiviteye kardiyovasküler ve nörovegetatif adaptasyon, sempatikovagal dengenin kalp tepe atım geri dönüşü üzerinde yaptığı değişiklikler beraberinde gelişir, bu yüzden sporcuların kalp tepe atım geri dönüşlerinin sedanter bireylerle karşılaştırıldığında çok daha hızlı olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (1,16,18). Ayrıca, yapılan çalışmalarda egzersiz sonrası kalp hızı azalmasındaki gecikmenin, miyokardiyal iskemiden bağımsız olarak genel mortalitenin göstergesi olduğu saptanmıştır (9).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalımızda 1 Ocak 2010 ve 31 Aralık 2015 tarihleri arasında performans değerlendirmesi yapılan sporculara ait kardiyopulmoner egzersiz testi kayıtları incelendi. Standart ölçeklere uygun, değerlendirme yapılmış ve kayıtları okunabilen, yaşları 9 ile 37 arasında değişen 299'u erkek, 161'i kadın toplamda 460 sporcu çalışmamıza dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen sporcuların ortak özellikleri en az 3 yıl süresince düzenli spor aktivite alışkanlığının olması, yapılan fizik muayenesinde herhangi bir patolojik bulgunun olmaması, eşlik eden herhangi bir kronik hastalık ve kardiyovasküler hastalığının olmaması çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak belirlendi.

Bütün kayıt örneklerinde, bireylerde gerçekleştirilen kardiyopulmoner egzersiz testi Bruce protokolüne uygun olarak uygulanmıştır. Test öncesi en az 5 dakikalık dinlenme sonrasında, oturur bir şekilde 12 derivasyonlu istirahat elektrokardiyografi (EKG) kaydı alınmıştır. Egzersiz testinin her bir 3 dakikasında monitör üzerinden EKG değişiklikleri izlenerek kaydedilmiştir. Yapılan kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında, testi durdurmayı gerektirecek herhangi bir patolojik bulgu gelişmemesi şartıyla, sporcunun son dayanma noktasına kadar test devam ettirilmiştir. Egzersiz testi “Quinton 65 treadmill (Quinton

Instruments Co., USA)” yürüme bandında “Quinton 5000 (Quinton Instruments Co., USA)” eforlu test sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Egzersiz testi ile eş zamanlı olarak “Cortex Metalyzer 3B (Cortex Biophysik, Germany)” metabolik analiz cihazı ve “Metasoft 2.7” yazılım programı (Cortex Biophysik, Germany) desteğiyle “breathe-by-breathe” yöntemi kullanılarak oksijen alımı ve karbondioksit atımları analiz edilmiştir. Deneklerin ekspire ettikleri havayı cihaza yönlendirmek için “Rudolph Mask 2 way 7910 (Hans Rudolph Inc., USA)” marka maske kullanılmıştır. Monitör üzerinden EKG değişiklikleri izlenerek kaydedilmiştir. Sporcuların VO_{2mak} değeri, egzersizin son 30 saniyesinde saptanan en yüksek ortalama değer olarak belirlenmiştir. Elde edilen gaz analiz ölçümlerinde, anaerobik eşik değeri V-slope yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (VO_{2ae} , KH_{ae}).

Egzersiz sırasındaki her 3 dakikalık kayıtlar dışında, test sonlandırılması anında ve test sonrası 1, 2, 3. dakikalardaki değerler kaydedilmiştir. Çalışmamızda geri dönüş değerlerini, egzersizin hemen sonrasında sporcuları oturtmak yerine 3 dakika boyunca eğimsiz olacak şekilde 1.9 km/saat hızında koşu bandında yürüyüş uygulayarak aktif geri dönüş protokolüyle elde edilmiştir. Sporcuların geri dönüş (toparlanma) periyodunda 1, 2. ve 3. dakikalardaki kalp hızları, oksijen tüketim değerleri değerlendirmeye alınmıştır. Geri dönüş 1,2 ve 3. dakikalardaki kalp hızı değerleri toparlanma kalp hızı olarak adlandırılmıştır (TKH_1 , TKH_2 , TKH_3). Kalp hızı toparlanma (KHT) değerleri pik seviyede maksimal kalp tepe atımından, geri dönüş 1,2 ve 3.dakikalardaki toparlanma kalp hızı (TKH) değerleri çıkarılarak elde edilmiştir (KHT_1 , KHT_2 , KHT_3).

$$KHT_1 = \text{Maksimal Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 1 (TKH}_1)$$

$$KHT_2 = \text{Maksimal Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 2 (TKH}_2)$$

$$KHT_3 = \text{Maksimal Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 3 (TKH}_3)$$

Yeni bir değerlendirme parametresi olarak önerdiğimiz ters kalp hızı toparlanma değerleri (KHT_1) istirahat kalp hızı değerinden geri dönüş periyottaki toparlanma kalp hızı değerlerinin farkı alınarak elde edilmiştir (KHT_{11} , KHT_{12} , KHT_{13}).

$$KHT_{11} = \text{İstirahat Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 1 (TKH}_1)$$

$$KHT_{12} = \text{İstirahat Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 2 (TKH}_2)$$

$$KHT_{13} = \text{İstirahat Kalp Hızı} - \text{Toparlanma Kalp Hızı 3 (TKH}_1)$$

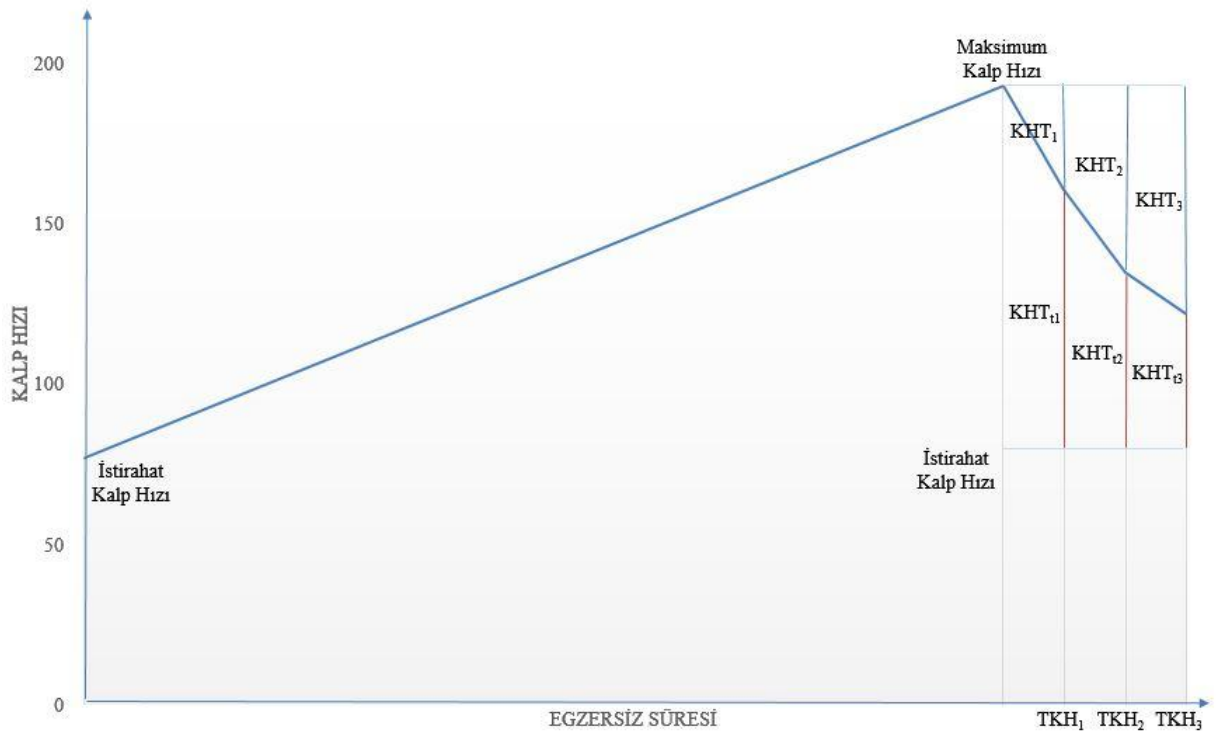
Bu değerleri kullanarak tanımladığımızı ters toparlanma kalp hızı indeks (KHT_{ti}) değerleri KHT_t değerini istirahat kalp hızı değerine oranlayarak elde edilmiştir (KHT_{t1i} , KHT_{t2i} , KHT_{t3i}).

$$KHT_{t1i} = KHT_{t1} / \text{İstirahat Kalp Hızı}$$

$$KHT_{t2i} = KHT_{t2} / \text{İstirahat Kalp Hızı}$$

$$KHT_{t3i} = KHT_{t3} / \text{İstirahat Kalp Hızı}$$

Ayrıca, geri dönüş periyodu 1, 2 ve 3. dakikalardaki oksijen tüketim değerlerini çalışmamızda ele aldık (VO_{2rec1} , VO_{2rec2} , VO_{2rec3}).



Şekil 3.1: Egzersiz sırasında kalp hızı değişimi ve geri dönüş nabız parametreleri

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

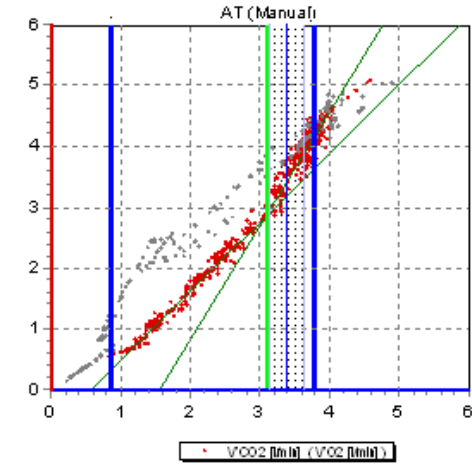
Araştırmamızın veri analizi için bilgisayar ortamında IBM SPSS 21. versiyonu istatistik programı kullanıldı. Çalışmamızda her bir spor tipi için bulunan ortalama ve standart hata değerliliklerinin anlamlılıkları tekrarlı varyans analiziyle değerlendirildi. Bu değerlendirme sırasında düzeltme formülasyonu olarak Bonferroni eşitlemesi kullanıldı. Tüm denek verileri spor tipi, yaş, cinsiyet faktörleri göz önüne alınarak gruplandırıldı, grupların ortalama ve standart sapma değerlerinin istatistiksel olarak anlamlılığı independent t testi kullanılarak gerçekleştirildi. Her bir parametrenin birbirleriyle ilişkisi tüm gruplar ve subgrouplar göz

önüne alınarak pearson korelasyon testi kullanılarak gerçekleştirildi. Anlamlılık ölçütü olarak p değeri $\leq 0,05$ olması anlamlı olarak kabul edildi.

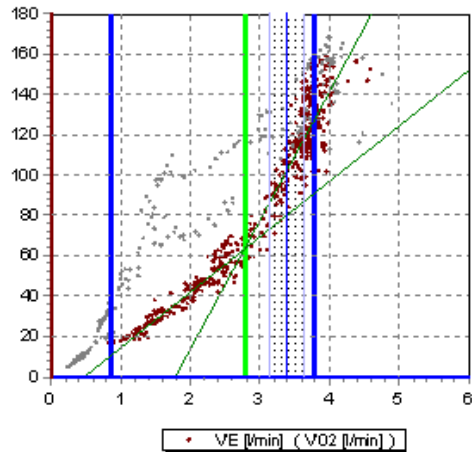
Anaerobic Threshold (AT) - V-Slope Method



Name:				
ID:		Weight:	69 kg	Lean Body Weight: -
Age:	17 years	Height:	175 cm	
Sex:	male	Physician:		
Date:	10.10.2013, 10:01	Workload Protocol:		
Duration of Test:	0:27:10			
Operator:	Spor Hekimliği			
CPX-Testing Device:	MetaLyzer 3B - R2	Ambient Conditions		
Exercise Device:	None	Temperature:	27,3 °C	
		Pressure:	1013 mbar	
Averaging Method:	Moving Average (point respective)	No. of Breaths	3	
Outlier Elimination Method:	Online Outlier Elimination			



Parameter	Unit	Rest	AT Value	V'O2 Peak
V'O2	l/min	-	3,103	3,962
V'CO2	l/min	-	2,979	4,436
V'E	l/min	-	89,5	145,2
RER	-	-	0,96	1,12
HR	1/min	-	0	0
V'O2/WR	ml/min/W	-	-	-
BF	1/min	-	33,5	54,4
V'E/V'O2	-	-	27,9	35,7
V'E/V'CO2	-	-	29,1	31,7
V'O2/kg	ml/min/kg	-	45	57
PetO2	mmHg	-	109,5	118,1
PetCO2	mmHg	-	39,0	34,2
Time	h:mm:ss	00:17:05		



Parameter	AT	Expected Range
% Actual max. V'O2:	78,3	40-60%
% Predicted max V'O2:	91,8	40-60%

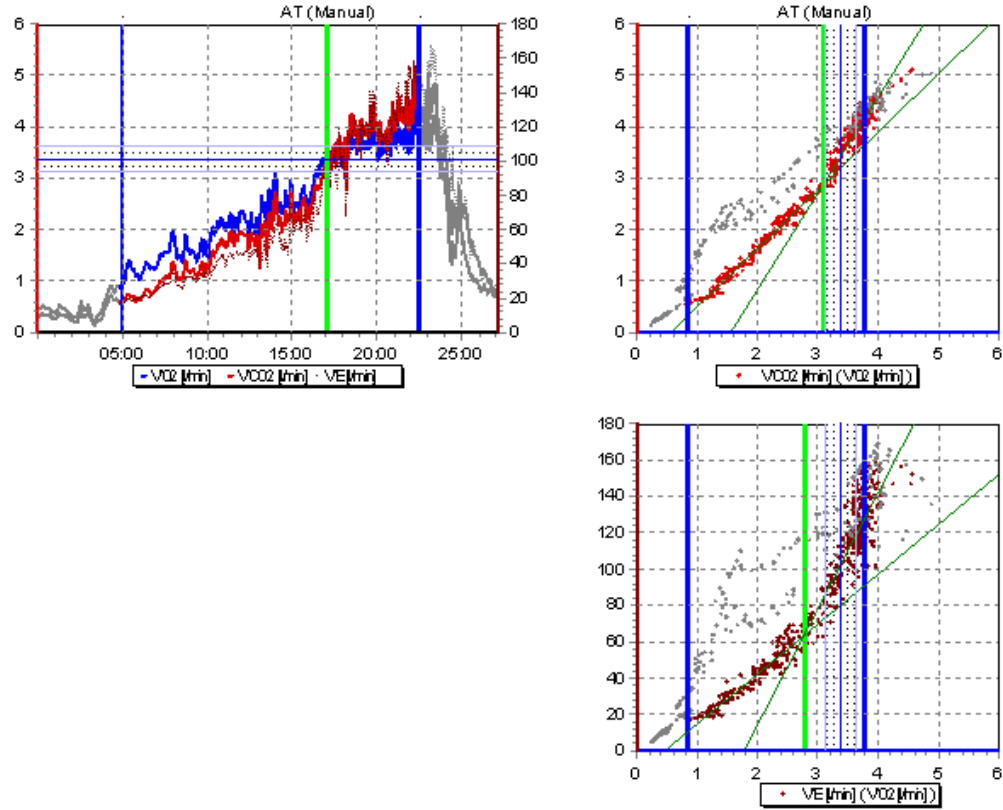
Reliability Information (V-Slope Method):	Value	Expected Range
Slope difference between regression lines	0,74	(> 0,1)
V'O2(AT)/V'O2max	78,33	40-60%

Şekil 3.2: Kardiyopulmoner egzersiz testi anaerobik eşik ölçüm sonucu-V-Slope Metodu

Anaerobic Threshold (AT) - V-Slope Method



Name:				
ID:		Weight:	69 kg	Lean Body Weight:
Age:	17 years	Height:	175 cm	-
Sex:	male	Physician:		
Date:	10.10.2013, 10:01	Workload Protocol:		
Duration of Test:	0:27:10			
Operator:	Spor Hekimliği			
CPX-Testing Device:	MetaLyzor 3B - R2	Ambient Conditions		
Exercise Device:	None	Temperature:	27,3 °C	
		Pressure:	1013 mbar	
Averaging Method:	Moving Average (point respective)	No. of Breaths	3	
Outlier Elimination Method:	Online Outlier Elimination			



Location				
AT Cursor	0:17:05	l/min	l/min	l/min
Left Cursor	0:04:53	0,84	0,54	16,52
Right Cursor	0:22:30	3,75	4,07	127,78
Maximal Values during Exercise:				
Maximal V̇O2		Unit	Time	Value
Maximal RER		l/min	0:23:01	4,89
Maximal V̇E		l/min	0:25:14	1,68
		l/min	0:23:14	168,15
Reliability Information (V-Slope Method):				
Slope difference between regression lines		Value	Expected Range	
V̇O2(AT)/V̇O2max		0,74	(> 0,1)	
		78,33	40-60%	

Şekil 3.3: Kardiyopulmoner egzersiz testi anaerobik eşik ölçüm sonucu-V-Slope Metodu

4. BULGULAR

Tüm sporcu grubunun yaş değerleri ortalama 16.2 ± 5.5 (9-37 yaş arası) olmasına rağmen, spor tipine göre yaş değerleri en yüksek atletizm grubunda (25.6 ± 8.9), en düşük tenis grubunda (12.7 ± 3.1) saptadık ($p < 0.001$). İstirahat kalp hızı genel olarak ortalama 77.3 ± 11.1 vuru olarak, spor grupları arasında subgrup analizlerinde benzer değerler bulduk ($p = 0.17$). Maksimal kalp hızı değerleri genel olarak ortalama 192.8 ± 9.9 vuru olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek yüzücü grubunda (196.7 ± 9.1), en düşük atletizm grubunda (188.4 ± 7.7) olduğunu gördük ($p < 0.001$). Tüm sporcularda kalp hızı rezerv değeri ortalama 115.5 ± 13.1 vuru olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek değerlerin yüzücü grubunda (118.8 ± 13), en düşük değerlerin güreş grubunda (112.2 ± 13.1) olduğunu belirledik ($p = 0.001$).

Tüm sporcularda egzersiz sonrası TKH_1 değerleri ortalama 161 ± 15 vuru olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek TKH_1 değeri voleybol grubunda (169.3 ± 10.5 vuru), en düşük TKH_1 değeri atletizm grubunda (152.5 ± 17.6) belirledik ($p = 0.002$). TKH_2 değerleri genel olarak ortalama 135.2 ± 14.3 vuru olmasına rağmen, spor tiplerine göre bakıldığında benzer değerler saptadık ($p = 0.10$). Benzer şekilde, TKH_3 değerlerini genel olarak ortalama 122.2 ± 14.4 vuru olarak saptadık, spor tiplerine göre bakıldığında benzer değerler bulduk ($p = 0.11$). Tüm sporcularda toplam egzersiz süresini ortalama 893 ± 172 saniye olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek değer 1048 ± 123 saniye ile atletizm grubunda, en düşük değer 831 ± 159 saniye ile voleybol grubunda olduğunu belirledik ($p < 0.001$) (Tablo 4.1).

VO_{2maks} değerleri tüm sporcularda ortalama 47.7 ± 8.1 ml/kg/dk olarak saptadık, spor tipine göre bakıldığında en yüksek 54.3 ± 8.7 ml/kg/dk olarak atletizm grubunda, en düşük değerlerin 44.9 ± 7.0 ml/kg/dk olarak basketbol grubunda olduğu belirlidik ($p < 0.001$). Aerobik egzersiz süresine bakıldığında genel olarak ortalama 609 ± 127 saniye olarak belirlidik, spor tipine göre değerlendirildiğinde en yüksek 763 ± 105 saniye olarak atletizm grubunda, en düşük 576 ± 132 saniye olarak basketbol grubunda olduğunu saptadık ($p < 0.001$). Anaerobik egzersiz süresi genel olarak ortalama 284 ± 108 saniye olarak belirlidik, spor tipine göre en yüksek değer 317 ± 114 saniye olarak güreş grubunda, en düşük değer ise 243 ± 94 saniye ile voleybol grubunda saptadık ($p < 0.001$).

Anaerobik eşik kalp hızı değeri tüm sporcularda ortalama 163.5 ± 11 vuru olarak belirlidik, spor tiplerine göre bakıldığında anaerobik eşik kalp hızı değerlerini gruplar arasında benzer saptadık ($p = 0.12$).

Egzersiz sonrası 1. dakikada kalp hızı toparlanma (KHT₁) değerleri tüm sporcularda ortalama 31.7 ± 12.6 vuru olarak belirlidik, en yüksek tenis grubunda (38.6 ± 14.5), en düşük voleybol grubunda olduğunu saptadık ($p < 0.001$). Benzer şekilde, KHT₂ değerleri tüm sporcularda ortalama 57.6 ± 12.4 vuru olarak belirlidik, en yüksek tenis grubunda (62.6 ± 14.3), en düşük voleybol grubunda (50.2 ± 10.7) olduğunu saptadık ($p < 0.001$). Aynı şekilde, KHT₃ değerleri tüm sporcularda ortalama 70.5 ± 12.5 vuru olarak belirlidik, en yüksek tenis grubunda (73.7 ± 13.2), en düşük voleybol grubunda (65.2 ± 10.5) olduğunu saptadık ($p < 0.001$).

Tüm sporcularda yeni bir parametre olarak tarif ettiğimiz 1.dakika ters kalp hızı toparlanma değeri (KHT_{t1}) ortalama -83.7 ± 17.2 vuru olarak belirlidik, spor tiplerine göre en yüksek tenis grubunda (-75 ± 20.6), en düşük voleybol grubunda (-90 ± 14.9) olduğunu saptadık ($p = 0.004$). Bununla birlikte, KHT_{t2} değeri tüm sporcularda ortalama -57.6 ± 12.4 vuru olarak belirlidik, spor tiplerine göre en yüksek tenis grubunda (-51.7 ± 17.9), en düşük futbol grubunda (-64.2 ± 13.1) olduğunu belirlidik ($p = 0.02$). Benzer şekilde, KHT_{t3} değeri tüm sporcularda ortalama 44.9 ± 15.4 vuru olarak belirlidik, spor tiplerine göre anlamlı bir farklılık saptanmadık ($p = 0.09$) (Tablo 4.1).

Çalışmamızda belirlediğimiz bir diğer yeni parametre olan 1. dakika ters kalp hızı toparlanma indeksi (KHT_{t1i}) genel sporcu grubunda ortalama -0.72 ± 0.11 olarak saptadık, spor tiplerine göre bakıldığında, en yüksek tenis grubunda (-0.65 ± 0.13), en düşük futbol grubunda olduğunu (-0.78 ± 0.06) belirlidik ($p < 0.001$). Benzer şekilde, KHT_{t2i} genel sporcu grubunda ortalama -0.49 ± 0.11 olarak saptadık, spor tipine göre bakıldığında, en yüksek tenis grubunda (-0.44 ± 0.12), en düşük futbol grubunda olduğunu (-0.55 ± 0.10) belirlidik ($p < 0.001$). Farklı

olarak, KHT_{t3i} değerlerini genel sporcu grubunda ortalama 0.38 ± 0.11 olarak saptadık, spor tipine göre subgrup analizinde anlamlı bir farklılık saptamadık ($p=0.10$).

VO_{2rec1} değeri genel sporcu grubunda ortalama 23.8 ± 4.5 ml/kg/dk olarak belirledik, spor tipine göre subgrup analizinde en yüksek atletizm grubunda (26.6 ± 3.8), en düşük tenis grubunda (22.8 ± 4.2) saptadık ($p=0.03$). Ayrıca, geri dönüş periyot 2. dakikadaki VO_2 değerini genel sporcu grubunda ortalama 16.2 ± 3.3 ml/kg/dk olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek atletizm grubunda (18.1 ± 3.2), en düşük basketbol grubunda olduğunu (15.5 ± 3) belirledik ($p<0.001$). VO_{2rec3} değerlerini tüm sporcularda ortalama 11.6 ± 2.8 ml/kg/dk olarak saptadık, spor tipine göre en yüksek atletizm grubunda (12.8 ± 2.7), en düşük tenis grubunda (10.7 ± 2.4) olduğunu belirledik ($p=0.01$) (Tablo 4.1).

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerin VO_{2maks} değeri arasındaki ilişki incelendiğinde, VO_{2maks} ile KH_{ist} arasında ($r=-0.133$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KH_{mak} arasında ($r=0.243$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KH_{rez} arasında ($r=0.243$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KH_{ae} arasında ($r=0.298$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile VO_{2ae} arasında ($r=0.880$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_1 arasında ($r=0.144$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_2 arasında ($r=0.156$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_3 arasında ($r=0.104$, $p<0.05$), VO_{2maks} ile KHT_{t1} arasında ($r=-0.121$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_{t2} arasında ($r=-0.124$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_{t3} arasında ($r=-0.169$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_{t1i} arasında ($r=-0.160$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_{t2i} arasında ($r=-0.167$, $p<0.01$), VO_{2maks} ile KHT_{t3i} arasında ($r=-0.199$, $p<0.01$) anlamlı ilişki bulundu.

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerin VO_{2ae} değeri arasındaki ilişki incelendiğinde, VO_{2ae} ile KHT_2 arasında ($r=0.106$, $p<0.05$), VO_{2ae} ile KHT_{t3} arasında ($r=-0.103$, $p<0.05$), VO_{2ae} ile KHT_{t1i} arasında ($r=-0.134$, $p<0.01$), VO_{2ae} ile KHT_{t2i} arasında ($r=-0.129$, $p<0.01$), VO_{2ae} ile KHT_{t3i} arasında ($r=-0.146$, $p<0.01$) anlamlı ilişki saptandı. (Tablo 4.2)

Yaşa göre yaptığımız incelemede, 16 yaş altı grupta ortalama istirahat kalp hızı değeri (81.8 ± 12.6), 16 yaş üstü grupla karşılaştırıldığında (75.1 ± 12.3) anlamlı derecede yüksek saptadık ($p<0.001$). Benzer şekilde, 16 yaş altı grupta ortalama maksimum kalp hızı değeri (196 ± 9.7), 16 yaş üstü gruba göre (189.4 ± 9.8) daha yüksek saptadık ($p<0.001$). Kalp hızı rezerv değeri 16 yaş altı grupta (116.1 ± 13) ve 16 yaş üstü grupta (114.6 ± 13) benzer bulduk ($p=0.24$).

16 yaş altında 1. dakikadaki ortalama toparlanma kalp hızı değeri (159.3 ± 16.4), 16 yaş üstü grupla karşılaştırıldığında (163.5 ± 12.3) daha düşük olarak saptadık ($p=0.003$). Her iki grupta ortalama TKH_2 değerleri benzer olarak bulduk. Aynı şekilde, ortalama TKH_3 değerinin

16 yaş üstü grupta (120.9 ± 13.9), 16 yaş altı grupla karşılaştırıldığında (123.2 ± 14.7) benzer olduğunu belirledik ($p=0.10$).

VO_{2maks} değerini 16 yaş altı grupta ortalama 48.2 ± 8.1 ml/kg/dk, 16 yaş üstü grupta ortalama 46.9 ± 8.1 ml/kg/dk olarak saptadık ($p=0.10$). 16 yaş üstü grupta egzersiz süresi ortalama 905 ± 176 saniye olarak, 16 yaş altı grupta ortalama 884 ± 169 olarak belirledik ($p=0.20$). Aerobik egzersiz süresi 16 yaş üstü grupta ortalama 621 ± 135 saniye, 16 yaş altı grupta ise ortalama 600 ± 120 saniye olarak tespit ettik ($p=0.07$). Anaerobik egzersiz süresi 16 yaş üstü grupta ortalama 283 ± 104 saniye, 16 yaş altı grupta ortalama 284 ± 111 saniye olarak birbirine çok yakın olduğunu tespit ettik ($p=0.93$). (Tablo 4.3)

Anaerobik eşik VO_2 değeri 16 yaş altı grupta 34.8 ± 6.5 ml/kg/dk, 16 yaş üstü grupta 35.3 ± 6.9 ml/kg/dk olarak birbirine yakın değerler olduğu gördük ($p=0.31$). Anaerobik eşik kalp hızını 16 yaş altı grupta 164 ± 11 vuru, 16 yaş üstü grupta 162 ± 10 vuru olarak saptadık ($p=0.04$).

KHT_1 değerini 16 yaş altı grupta 36.3 ± 12.3 vuru, 16 yaş üstü grupta 25.3 ± 10 vuru olarak belirledik ($p<0,001$). KHT_2 değeri 16 yaş altı grupta 60.7 ± 11.4 vuru, 16 yaş üstü grupta 53.2 ± 12.5 vuru olarak belirledik. KHT_3 değerini 16 yaş altı grupta 72.4 ± 11.9 vuru, 16 yaş üstü grupta 67.9 ± 12.9 vuru olarak saptadık ($p<0,001$).

16 yaş altı grupta KHT_{t1} değerini -79.8 ± 17.9 vuru, 16 yaş üstü grupta -89.3 ± 14.5 vuru olarak belirledik ($p<0.001$). 16 yaş altı grupta KHT_{t2} değerini -55.3 ± 15.7 vuru, 16 yaş üstü grupta -61.4 ± 15.4 vuru olarak saptadık ($p<0.001$). 16 yaş altı grupta KHT_{t3} değerini -43.7 ± 15.5 vuru, 16 yaş üstü grupta 46.7 ± 15.1 vuru olarak belirledik ($p=0.04$).

16 yaş altı grupta KHT_{t1i} değerini -0.68 ± 0.11 olarak, 16 yaş üstü grupta -0.78 ± 0.09 olarak saptadık ($p<0.001$). 16 yaş altı grupta KHT_{t2i} değerini 0.47 ± 0.10 , 16 yaş üstü grupta -0.53 ± 0.11 olarak belirledik ($p<0.001$). 16 yaş altı grupta KHT_{t3i} değerini -0.37 ± 0.11 , 16 yaş üstü grupta ise -0.40 ± 0.11 olarak saptadık ($p=0.002$).

VO_{2rec1} değerini 16 yaş altı grupta 23.2 ± 4.5 ml/kg/dk, 16 yaş üstü grupta 24.7 ± 4.4 ml/kg/dk olarak saptadık ($p<0,001$). VO_{2rec2} değeri 16 yaş altı grupta 16 ± 3.2 ml/kg/dk, 16 yaş üstü grupta 16.5 ± 3.4 ml/kg/dk olarak saptadık ($p=0.15$). VO_{2rec3} değerini 16 yaş altı grupta 11.3 ± 2.8 ml/kg/dk, 16 yaş üstü grupta 12 ± 2.8 ml/kg/dk olarak belirledik ($p=0.15$). (Tablo 4.3)

Cinsiyete göre yaptığımız incelemede, kadınlarda yaş ortalamasını 16 ± 5.5 , erkeklerde 16.3 ± 5.6 olmak üzere iki grupta benzer olarak saptadık ($p=0.51$). Kadınlarda boy ortalamasını 167.1 ± 13 cm, erkeklerde 172 ± 15.6 cm olarak tespit ettik ($p=0.001$). Kadınlarda kilo

ortalamasını 59.8 ± 15.3 kg, erkeklerde 66.3 ± 19.2 kg olarak belirledik ($p < 0.001$). Kadınlarda vücut kitle indeksi değerini 21.07 ± 2.9 , erkeklerde 21.94 ± 3.9 olduğunu belirledik ($p = 0.01$). Ortalama istirahat kalp hızı değerini (KH_{ist}) kadınlarda ortalama 78.7 ± 11.7 vuru, erkeklerde ortalama 77 ± 10.8 olarak her iki grupta benzer olduğunu saptadık ($p = 0.44$). Kadınlarda ortalama maksimum kalp hızı değerini 193 ± 10 vuru, erkeklerde ortalama 192.7 ± 9.5 vuru olarak tespit ettik ($p = 0.80$). Kalp hızı rezerv değeri kadınlarda ortalama 115.1 ± 13.6 vuru, erkeklerde ortalama 115.7 ± 12.8 vuru olarak belirledik ($p = 0.64$). (Tablo 4.4)

Kadınlarda TKH_1 değeri ortalama 162.7 ± 14.8 vuru, erkeklerde ortalama 160.2 ± 14.8 vuru olarak saptadık ($p = 0.08$). TKH_2 değeri kadınlarda ortalama 136.6 ± 15.1 vuru, erkeklerde ortalama 134.4 ± 13.9 vuru olarak belirledik ($p = 0.12$). TKH_3 değeri kadınlarda ortalama 122.4 ± 15.5 vuru, erkeklerde ortalama 122.1 ± 13.8 vuru olduğunu tespit ettik ($p = 0.83$). Kadınlarda egzersiz süresini ortalama 823 ± 149 saniye olarak, erkeklerde ortalama 931 ± 172 saniye olarak belirledik ($p < 0.001$).

Kadınlarda VO_{2maks} değeri ortalama 43.9 ± 6.8 ml/kg/dk olduğunu, erkeklerde ortalama 49.7 ± 8 ml/kg/dk olduğunu tespit ettik ($p < 0.001$). Kadınlarda aerobik egzersiz süresi ortalama 565 ± 126 saniye, erkeklerde ortalama 633 ± 121 saniye olduğunu tespit ettik ($p < 0.001$). Kadınlarda anaerobik egzersiz süresi ortalama 258 ± 96 saniye, erkeklerde ortalama 298 ± 112 saniye olduğunu saptadık ($p < 0.001$). Anaerobik eşik kalp hızı kadınlarda ortalama 164 ± 12 vuru, erkeklerde ortalama 163 ± 10 olarak saptadık ($p = 0.25$). Anaerobik eşik VO_2 değeri kadınlarda ortalama 32.2 ± 5.56 ml/kg/dk, erkeklerde ortalama 36.6 ± 6.7 ml/kg/dk olarak saptadık ($p < 0.001$).

KHT_1 değeri kadınlarda ortalama 30.2 ± 11.9 vuru, erkeklerde ortalama 32.5 ± 12.9 vuru olarak tespit ettik ($p = 0.06$). KHT_2 değerini kadınlarda ortalama 56.3 ± 12.3 vuru, erkeklerde ortalama 58.2 ± 12.4 vuru olarak belirledik ($p = 0.11$). KHT_3 değerini kadınlarda ortalama 70.4 ± 13.3 vuru, erkeklerde ortalama 70.5 ± 12.1 olduğunu tespit ettik ($p = 0.96$). Kadınlarda ortalama KHT_{t1} değerini -84.8 ± 16.4 vuru, erkeklerde ortalama -83.1 ± 17.7 vuru olarak tespit ettik ($p = 0.32$). Ortalama KHT_{t2} değerini kadınlarda -58.7 ± 15.7 vuru, erkeklerde -57.4 ± 15.9 vuru olduğunu saptadık ($p = 0.39$). Ortalama KHT_{t3} değerini kadınlarda -44.6 ± 15.7 vuru, erkeklerde ortalama 45.1 ± 15.2 vuru olduğunu saptadık ($p = 0.72$).

Kadınlarda ortalama KHT_{t1i} değerini -0.73 ± 0.10 , erkeklerde 0.71 ± 0.11 olduğunu belirledik ($p = 0.07$). Ortalama KHT_{t2i} değerini kadınlarda -0.50 ± 0.11 , erkeklerde ortalama 0.49 ± 0.11 olduğunu saptadık ($p = 0.18$). Ortalama KHT_{t3i} değerini kadınlarda -0.38 ± 0.11 , erkeklerde ortalama 0.38 ± 0.11 olduğunu saptadık ($p = 0.84$). VO_{2rec1} değerini kadınlarda

ortalama 22.3 ± 4 ml/kg/dk, erkeklerde ortalama 24.7 ± 4.5 ml/kg/dk olarak tespit ettik ($p < 0.001$). Ortalama VO_{2rec2} değerini kadınlarda 15 ± 3.1 ml/kg/dk, erkeklerde ortalama 16.8 ± 3.3 ml/kg/dk olarak tespit ettik ($p < 0.001$). VO_{2rec3} değerini kadınlarda ortalama 10.9 ± 2.7 ml/kg/dk, erkeklerde ortalama 11.9 ± 2.9 ml/kg/dk olarak belirledik ($p < 0.001$) (Tablo 4.4).



	Genel (s:460)	Yüzme (s:173)	Basketbol (s:141)	Atletizm (s:12)	Futbol (s:18)	Voleybol (s:33)	Güreş (s:47)	Tenis (s:36)	F Değeri	p Değeri
Yaş Aralık	16.2±5.5 (9-37)	13.1±2.6 (9-32)	17±5.2 (10-33)	25.6±8.9 (15-36)	18.4±4.4 (11-28)	17.9 ±4.6 (12-27)	23.7±4.3 (17-37)	12.7±3.1 (10-28)	55.334	<0.001
Boy Aralık	170.3±14.9 (135-212)	163±12.5 (135-189)	179.4±13 (137-212)	175.8±7 (164-187)	169.5±10.3 (143-182)	180.4±18.6 (146-208)	170.8±7,7 (157-184)	158.6±12.8 (135-183)	30.731	<0.001
Kilo Aralık	64±18.2 (28-126)	55.1±13.9 (28-107)	71.4±16.3 (29-112)	68.3±12.2 (50-84)	66.3±12.9 (31-83)	69.6±18.7 (34-101)	79±17 (52-126)	50.8±19.4 (30-121)	26.400	<0.001
VKİ Aralık	21.6±3.6 (14.8-38)	20.4±2.9 (14.8-34.5)	21.8±2.8 (15.4-29.1)	21.9±2.9 (17.3-25.9)	22.9±3.2 (15.1-28.7)	20.9±2.6 (15.8-26.0)	26.8±3.8 (19.8-38)	19.6±4.4 (15.1-36)	28,793	<0,001
KH _{ist} Aralık	77.3±11.1 (47-99)	77.8±10.9 (48-99)	76.3±11.9 (47-99)	72.7±9.0 (55-89)	73.8±11.7 (54-98)	79.3±10.7 (59-96)	77±10.8 (57-98)	80.4±9.6 (60-98)	1.521	0.17
KH _{mak} Aralık	192.8±9.9 (162-226)	196.7±9.1 (166-226)	189±10.1 (162-214)	188.4±7.7 (178-201)	192±5.7 (182-204)	194.3±8.0 (178-210)	189.3±8.9 (175-216)	194.8±10.7 (171-217)	10.730	<0.001
KH _{rez} Aralık	115.5±13.1 (78-151)	118.8±13.0 (78-151)	112.6±12.4 (85-145)	115.5±13.1 (78-151)	118.2±11.5 (93-135)	114±12.3 (92-140)	112.2±13.1 (85-147)	114.4±15.1 (87-148)	3.872	0.001
TKH ₁ Aralık	161±15 (110-198)	159.5±15.7 (114-195)	162.4±14.9 (122-198)	152.5±17.6 (110-174)	162.2±15 (128-180)	169.3±10.5 (149-194)	162.1±9.7 (139-182)	156.1±16.6 (112-186)	3.614	0.002
TKH ₂ Aralık	135.2±14.3 (94-174)	135±13.4 (94-168)	135.2±15.9 (102-174)	127.2±15.3 (100-153)	138±12.2 (119-162)	143.1±13.1 (109-173)	134.6±12.6 (104-159)	132.1±14 (106-160)	2.835	0.10
TKH ₃ Aralık	122.2±14.4 (77-164)	123.3±14.1 (82-155)	121.1±15.8 (80-164)	117.7±10 (96-128)	123.1±14.4 (77-138)	128.1±13.7 (95-157)	120.9±12.5 (83-148)	121.1±13.2 (101-152)	1.759	0.11
Egz S Aralık	893±172 (472-1495)	934±183 (511-1495)	836±126 (540-1271)	1048±123 (825-1230)	888±138 (609-1140)	831±159 (514-1260)	965±209 (593-1359)	838±143 (472-1136)	9.476	<0.001

	Genel (s:460)	Yüzme (s:173)	Basketbol (s:141)	Atletizm (s:12)	Futbol (s:18)	Voleybol (s:33)	Güreş (s:47)	Tenis (s:36)	F Değeri	p Değeri
VO _{2maks} Aralık	47.7±8.1 (29-79)	49.9±8.7 (32-79)	44.9±7 (29-65)	54.3±8.7 (42-70)	50.1±9.4 (30-65)	46.7±6.9 (34-59)	47.1±6.5 (35-60)	46.3±7.1 (30-65)	7.399	<0.001
Ae S Aralık	609±127 (298-1005)	626±118 (346-905)	576±132 (298-880)	763±105 (584-990)	602±94 (345-758)	587±117 (346-770)	648±142 (385-1005)	580±98 (359-770)	6.717	<0.001
An S Aralık	284±108 (31-649)	308±124 (81-649)	260±80 (31-598)	285±93 (158-433)	286±91 (102-433)	243±94 (118-519)	317±114 (59-590)	258±108 (52 -555)	4.578	<0.001
VO _{2ae} Aralık	35±6.7 (20-65)	35.6±7.2 (21-65)	33.1±5.8 (20-56)	41.5±8.03 (30-59)	35.8±8.6 (22-53)	35.6±6.3 (25-47)	36.8±5.6 (24-50)	33.9±5.6 (23-49)	5.137	<0.001
KH _{ae} Aralık	163.5±11 (127-188)	163.5±11.6 (127-188)	162.3±10.5 (138-186)	161.7±10 (142-181)	167.8±8.3 (147-176)	167.5±12 (135-188)	163.8±9.7 (143-183)	162.3±11 (135-188)	1.679	0.12
KHT ₁ Aralık	31.7±12.6 (5-88)	37.1±11.3 (14-85)	26,5±10.6 (8-56)	35.8±18.7 (13-87)	29.7±12.3 (13-60)	23.9±6.5 (5-40)	27.2±11.9 (9-61)	38.6±14.5 (12-88)	17.384	<0.001
KHT ₂ Aralık	57.6±12.4 (24-105)	61.7±10.1 (35-105)	53.7±11.9 (24-86)	61.1±15.4 (34-91)	54±10.5 (34-67)	50,2±10.7 (26-73)	55.7±14.7 (25-96)	62.6±14.3 (39-105)	9.992	<0.001
KHT ₃ Aralık	70.5±12.5 (35-117)	73.4±11.1 (46-117)	67.8±12.4 (35-98)	71.6±9.9 (57-91)	68.8±12.8 (54-109)	65.2±10.5 (41-86)	69.4±15.9 (38-117)	73.7±13.2 (52-107)	4.249	<0.001
KHT _{t1} * Aralık	83.7±17.2 (130-28)	81.7±18.8 (121-28)	86±15 (121-44)	79.8±19.4 (111-30)	88.4±16 (112-54)	90±14.9 (130-62)	85±12.7 (105-58)	75±20.6 (111-28)	3.289	0.004
KHT _{t2} * Aralık	57.9±15.8 (109-14)	57.1±16.2 (101-14)	58.9±14.7 (96-25)	54.5±16.2 (90-26)	64.2±13.1 (89-39)	63.8±16.9 (109-37)	56.5±14.5 (88-28)	51.7±17.9 (89-19)	2.478	0.02
KHT _{t3} * Aralık	44.9±15,4 (93-2)	45.4±16.3 (93-2)	44.7±14.1 (81-6)	44±11.5 (65-26)	49.3±13.7 (78-23)	48.7±16.5 (86-17)	42.8±14.8 (74-11)	40.7±16.8 (72-11)	1.217	0,09

	Genel (s:460)	Yüzme (s:173)	Basketbol (s:141)	Atletizm (s:12)	Futbol (s:18)	Voleybol (s:33)	Güreş (s:47)	Tenis (s:36)	F Değeri	p Değeri
KHT _{t1i} [*] Aralık	0.72±0.11 (0.9-0.2)	0.68±0.11 (0.9-0.2)	0.76±0.09 (0.93-0.5)	0.69±0.15 (0.90-0.26)	0.74±0.11 (0.89-0.47)	0.78±0.06 (0.96-0.63)	0.76±0.09 (0.92-0.53)	0.65±0.13 (0.89-0.32)	13.544	<0.001
KHT _{t2i} [*] Aralık	0.49±0.11 (0.81-0.12)	0.47±0.10 (0.71-0.12)	0.52±0.10 (0.75-0.24)	0.47±0.12 (0.73-0.22)	0.54±0.08 (0.70-0.40)	0.55±0.10 (0.81-0.36)	0.50±0.11 (0.78-0.27)	0.44±0.12 (0.64-0.18)	5.850	<0.001
KHT _{t3i} [*] Aralık	0.38±0.11 (0.65-0.02)	0.37±0.11 (0.63-0.02)	0.39±0.10 (0.64-0.06)	0.37±0.08 (0.52-0.22)	0.41±0.09 (0.58-0.17)	0.42±0.11 (0.64-0.18)	0.38±0.12 (0.65-0.11)	0.34±0.11 (0.58-0.11)	1.774	0.10
VO _{2rec1} Aralık	23.8±4.5 (12-41)	23.7±5.1 (12-41)	23.4±3.9 (12-34)	26.6±3.8 (21-33)	24.2±3.5 (18-31)	24.6±4 (17-35)	25.3±4.3 (14-35)	22.8±4.2 (15-37)	2.379	0.03
VO _{2rec2} Aralık	16.2±3.36 (7-27)	16.4±3.6 (7-26)	15.5±3 (8-27)	18.1±3.2 (13-23)	17.3±2.6 (13-24)	16.5±2.74 (11-23)	17.1±3.6 (9-25)	15.5±3.1 (10-24)	2.832	<0.001
VO _{2rec3} Aralık	11.6±2.8 (5-24)	11.6±3.2 (5-24)	11.2±2.5 (5-18)	12.8±2.7 (10-18)	12.4±2.1 (8-17)	11.2±2.8 (6-16)	12.8±2.6 (6-18)	10.7±2.4 (5-16)	2.706	0.01

Tablo 4.1: Genel ve spora özel elde edilen parametre ve indekslerin ortalamaları ve birbirleriyle kıyaslanması

VKİ: Vücut kitle indeksi, KH_{ist}: İstirahat kalp hızı, KH_{mak}: Maksimal kalp hızı, KH_{rez}: Rezerv kalp hızı , TKH_{1,2,3}: Toparlanma Kalp Hızı 1,2 ve 3.dakikalar, Egz S: Egzersiz toplam süresi (sn), VO_{2mak}: Maksimal oksijen tüketimi (ml/kg/dk), Ae S: Aerobik egzersiz süresi (sn), An S: Anaerobik egzersiz süresi (sn), VO_{2ae}: Anaerobik eşik oksijen tüketim değeri (ml/kg/dk), KH_{ae}: Anaerobik Eşik Kalp Hızı, KHT_{1,2,3}: Kalp hızı toparlanma 1,2 ve 3. dakikalar, KHT_{t1,t2,t3}: Ters Kalp Hızı Toparlanma 1,2 ve 3.dakikalar, KHT_{t1i,t2i,t3i}: Ters kalp hızı toparlanma indeksleri 1,2 ve 3.dakikalar, VO_{2rec1, rec2,rec3}: Toparlanma 1,2 ve 3. dakikalardaki oksijen tüketim değerleri (ml/kg/dk)

*= mutlak olarak negatif değerlerdir.

	VO _{2maks}	KH _{ist}	KH _{mak}	KH _{rez}	KH _{ae}	VO _{2ae}	KHT ₁	KHT ₂	KHT ₃	KHT _{t1}	KHT _{t2}	KHT _{t3}	KHT _{t1i}	KHT _{t2i}
KH _{ist}	-.133**													
KH _{mak}	.243**	.232**												
KH _{rez}	.298**	-.674**	.562**											
KH _{ae}	.150**	.263**	.547**	.192**										
VO _{2ae}	.880**	-.116*	.124**	.193**	.229**									
KHT ₁	.144**	.001	.135**	.102*	-.152**	.078								
KHT ₂	.156**	-.100*	.191**	.229**	-.109*	.106*	.825**							
KHT ₃	.104*	-.155**	.193**	.278**	-.097*	.075	.640**	.835**						
KHT _{t1}	-.121**	.513**	-.328**	-.685**	-.258**	-.089	.655**	.430**	.257**					
KHT _{t2}	-.124**	.479**	-.315**	-.646**	-.244**	-.076	.562**	.594**	.425**	.903**				
KHT _{t3}	-.169**	.447**	-.321**	-.624**	-.242**	-.103*	.434**	.484**	.577**	.792**	.895**			
KHT _{t1i}	-.160**	.820**	-.094*	-.769**	-.033	-.134**	.413**	.221**	.077	.887**	.808**	.717**		
KHT _{t2i}	-.167**	.762**	-.130**	-.747**	-.065	-.129**	.400**	.375**	.227**	.860**	.911**	.820**	.953**	
KHT _{t3i}	-.199**	.708**	-.164**	-.726**	-.093*	-.146**	.333**	.333**	.382**	.796**	.861**	.928**	.879**	.937**

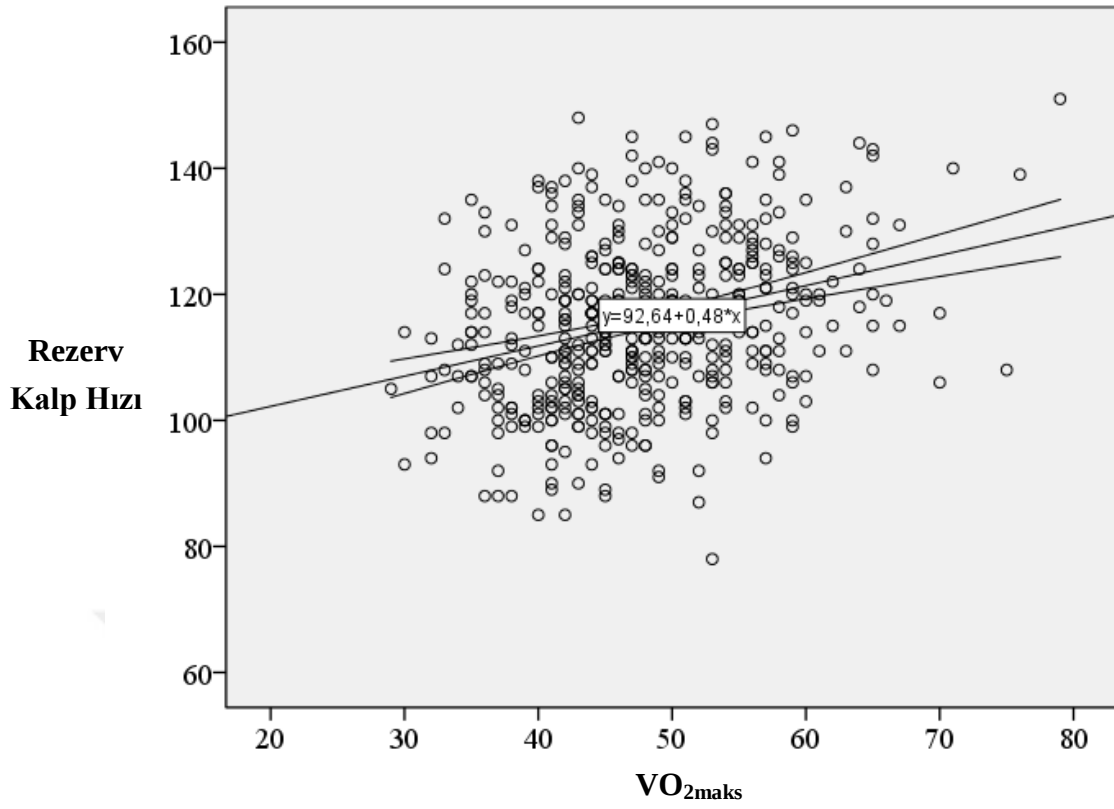
Tablo 4.2: Kalp hızı değer ve indekslerinin performans parametreleriyle ilişkisi (*p<0.01 , **p<0.001)

	9-15 yaş (s:268)	16-37 yaş (s:192)	p Değeri
Boy	164±14.0	179±11.2	<0.001
Kilo	54.7±14.8	77±14	<0.001
VKİ	19.9±2.8	23.9±3.4	<0.001
KH _{ist}	81.8±12.6	75.1±12.3	<0.001
KH _{mak}	196±9.7	189.4±9.8	<0.001
KH _{rez}	116.1±13	114.6±13	0.24
TKH ₁	159,3±16,4	163.5±12.3	0.003
TKH ₂	134.8±14.6	135.7±14	0.55
TKH ₃	123.2±14.7	120.9±13.9	0.10
Egz Süre	884.7±169.1	905.6±176.3	0.20
VO _{2maks}	48.2±8.1	46.9±8.1	0.10
Ae Süre	600.2±120.7	621.9±135.2	0.07
An Süre	284.6±111.9	283.7±104.2	0.93
KH _{ae}	164.4±11.1	162.3±10.8	0.04
VO _{2ae}	34.8±6.5	35.3±6.9	0.31
KHT ₁	36.3±12.3	25,3±10	<0.001
KHT ₂	60.7±11.4	53.2±12.5	<0.001
KHT ₃	72.4±11.9	67.9±12.9	<0.001
KHT _{t1}	-79.8±17.9	-89.3±14.5	<0.001
KHT _{t2}	-55.3±15.7	-61.4±15.4	<0.001
KHT _{t3}	-43.7±15.5	-46.7±15.1	0.04
KHT _{t1i}	-0.68±0.11	-0.78±0.09	<0,001
KHT _{t2i}	-0.47±0.10	-0.53±0.11	<0,001
KHT _{t3i}	-0.37±0.11	-0.40±0.11	0.002
VO _{2rec1}	23.2±4.5	24.7±4.4	<0.001
VO _{2rec2}	16±3.2	16.5±3.4	0.15
VO _{2rec3}	11.3±2.8	12±2.8	0.01

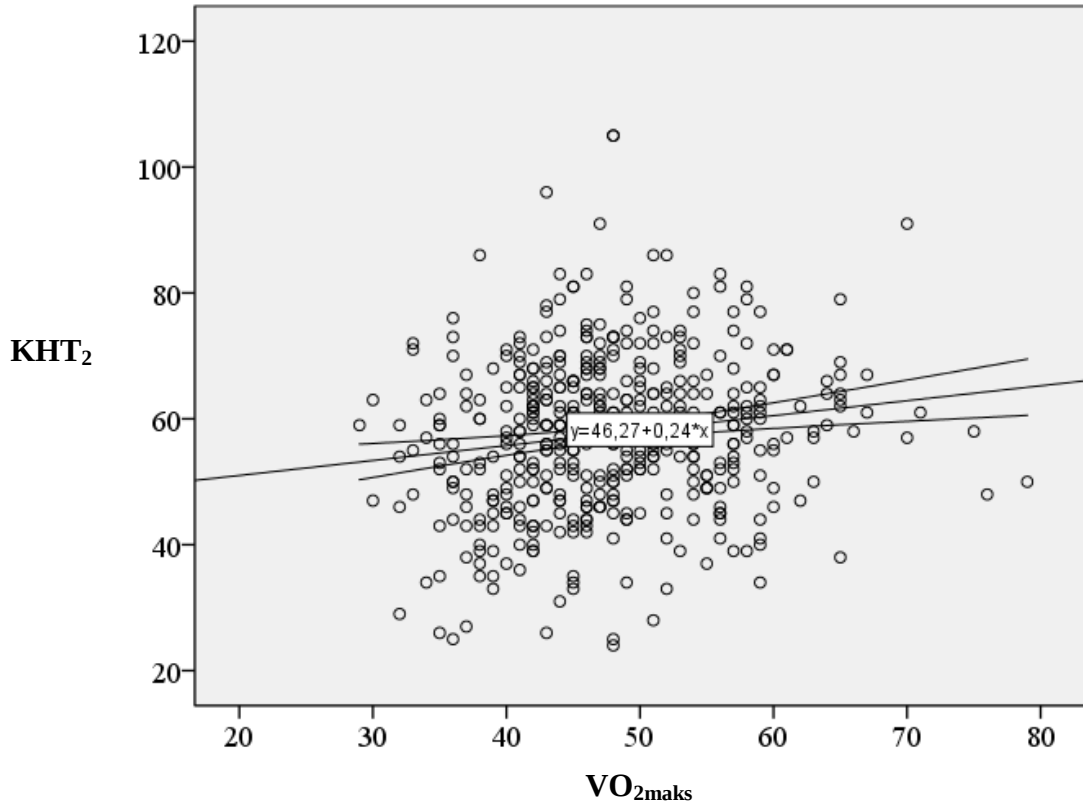
Tablo 4.3: Yaş değişkenliğine göre egzersiz parametre ve indekslerinin kıyaslanması

	Kadın (s:161)	Erkek (s:299)	p Değeri
Yaş	16±5,5	16.3±5.6	0.51
Boy	167.1±13	172±15.62	0.001
Kilo	59.8±15.3	66.3±19.2	<0.001
VKİ	21.07±2.9	21.94±3.9	0.01
KH _{ist}	78.7±11.7	77±10.8	0.44
KH _{mak}	193±10.7	192.7±9.5	0.80
KH _{rez}	115.1±13.6	115.7±12.8	0.64
TKH ₁	162.7±14.8	160.2±14.8	0.08
TKH ₂	136.6±15.1	134.4±13.9	0.12
TKH ₃	122.4±15.5	122.1±13.8	0.83
Egz Süre	823.5±149.1	931.6±172.4	<0.001
VO _{2maks}	43.9±6.8	49.7±8.07	<0.001
Ae Süre	565±126.6	633.1±121.3	<0.001
An Süre	258.4±96.6	298±112.1	<0.001
KH _{ae}	164.7±12.1	163.1±10,3	0.25
VO _{2ae}	32.2±5.56	36.6±6.75	<0.001
KHT ₁	30.2±11.9	32.5±12.9	0.06
KHT ₂	56.3±12.3	58.2±12.4	0.11
KHT ₃	70.4±13.3	70.5±12.1	0.96
KHT _{t1}	-84.8±16.4	-83.1±17.70	0.32
KHT _{t2}	-58.7±15.7	-57.4±15.9	0.39
KHT _{t3}	-44.6±15.7	-45.1±15.2	0.72
KHT _{t1i}	-0.73±0.10	-0.71±0,11	0.07
KHT _{t2i}	-0.50±0.11	-0.49±0.11	0.18
KHT _{t3i}	-0.38±0.11	-0.38±0.11	0.84
VO _{2rec1}	22.3±4	24.7±4.5	<0.001
VO _{2rec2}	15±3.1	16.8±3.3	<0.001
VO _{2rec3}	10.9±2.7	11.9±2.9	<0.001

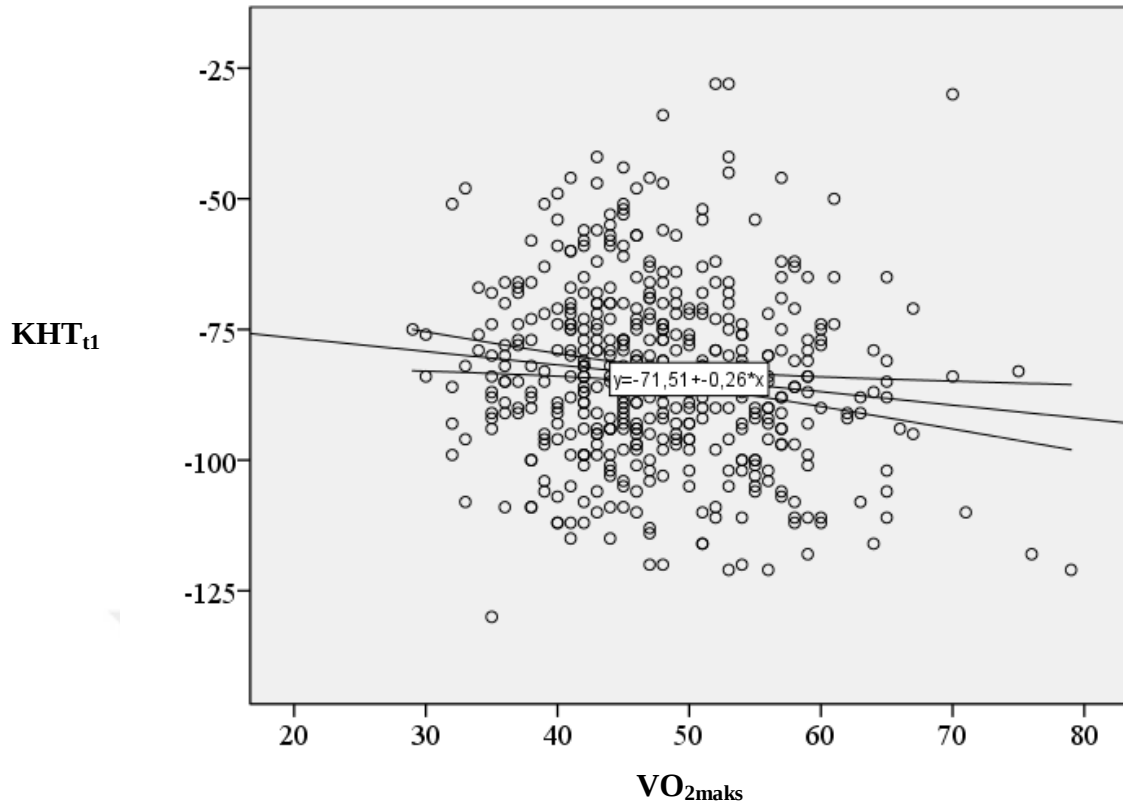
Tablo 4.4: Cinsiyet değişkenliğine göre egzersiz parametre ve indekslerinin kıyaslanması



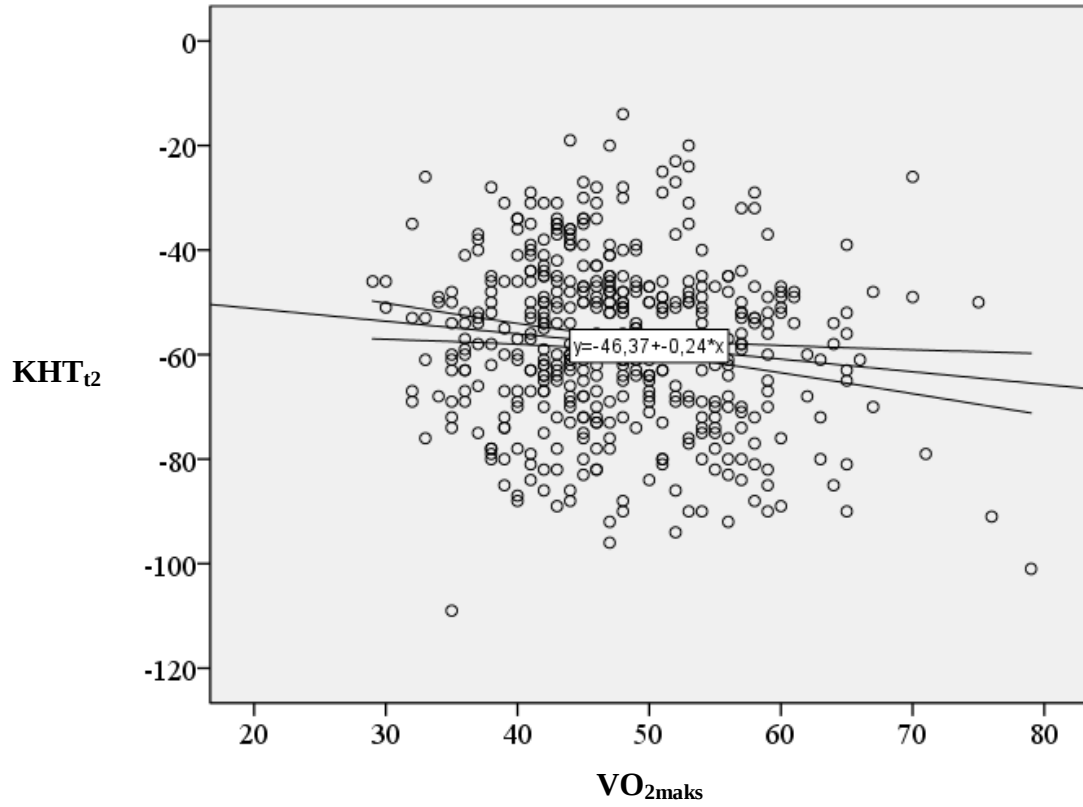
Şekil 4.1: Tüm denek grubunun rezerv kalp hızı değerleri VO₂maks değerleri arasındaki ilişki



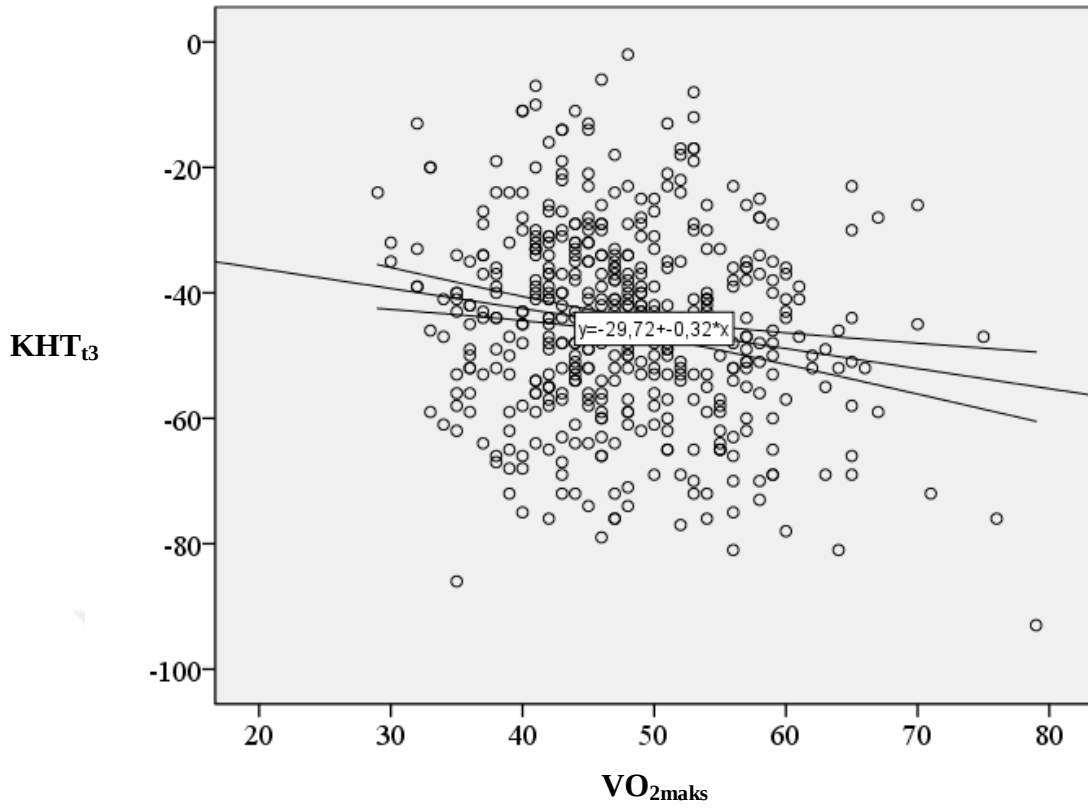
Şekil 4.2: Tüm denek grubunun KHT₂ değerleriyle VO₂maks değerleri arasındaki ilişki



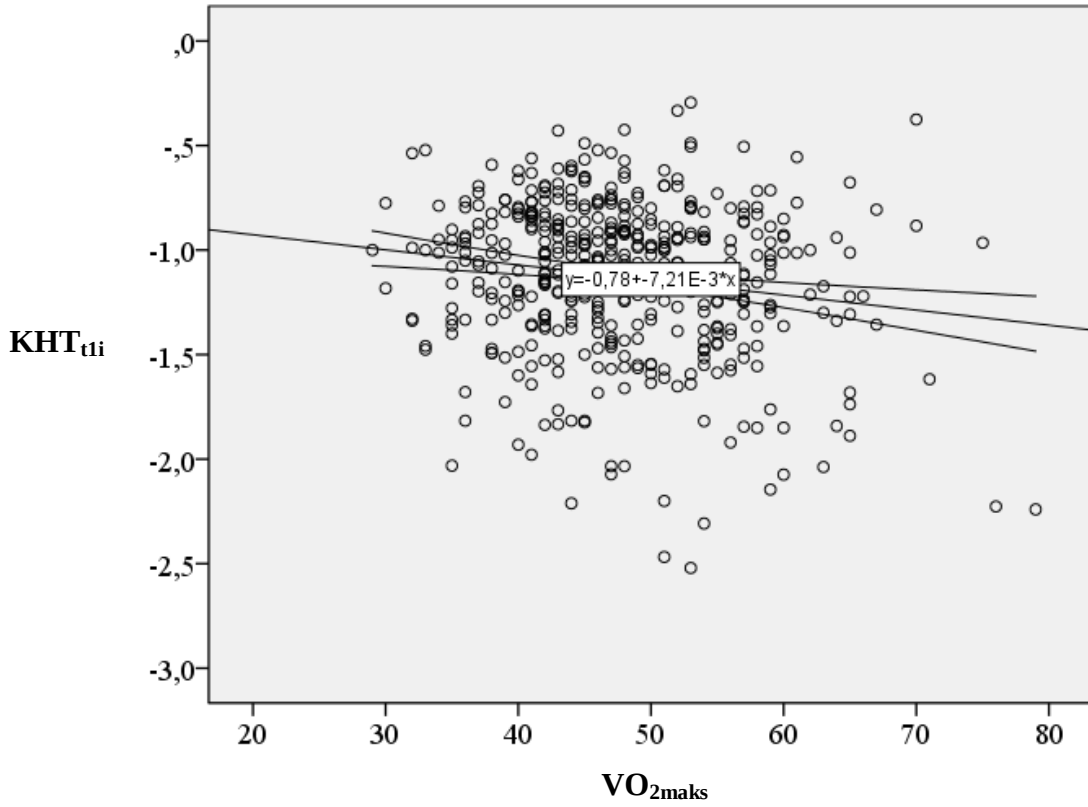
Şekil 4.3: Tüm denek grubunun KHT_{t1} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki



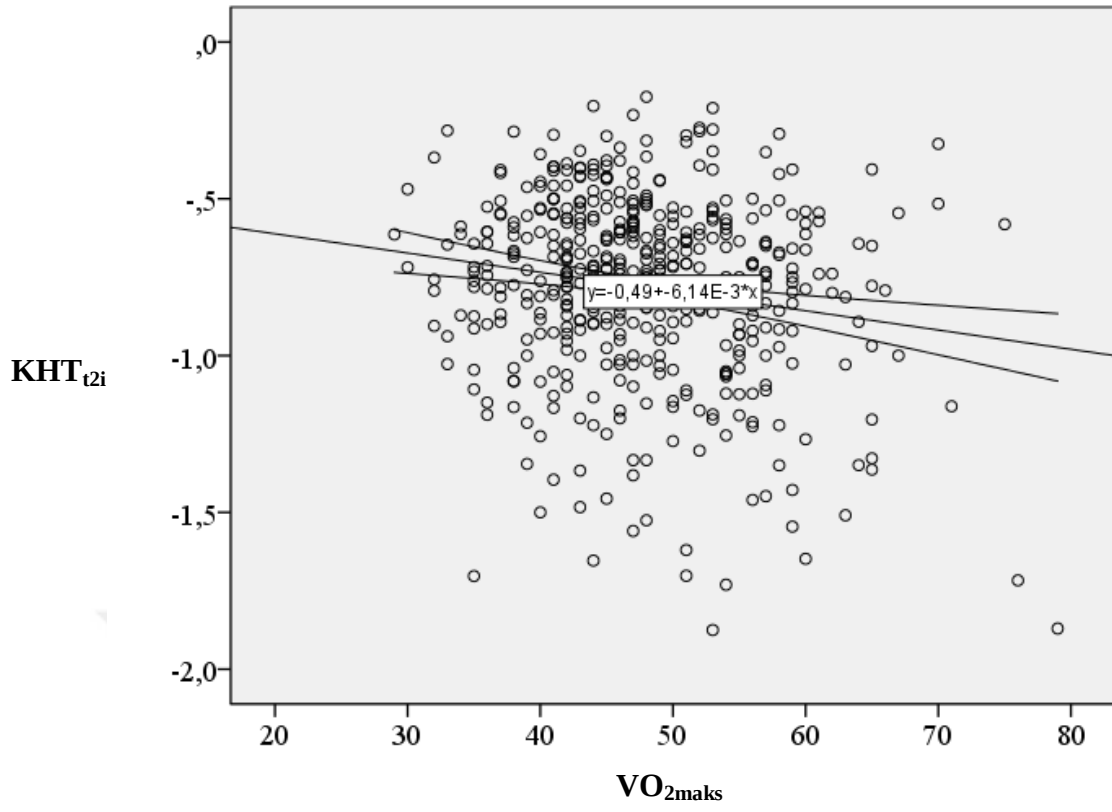
Şekil 4.4: Tüm denek grubunun KHT_{t2} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki



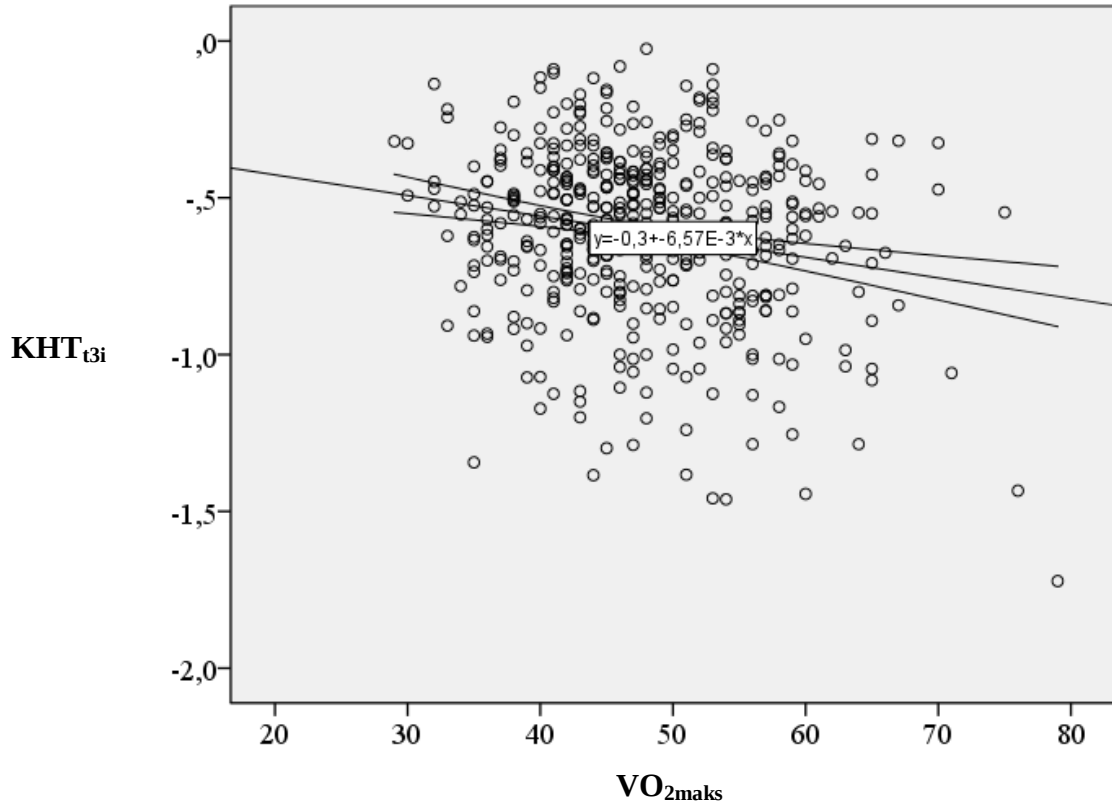
Şekil 4.5: Tüm denek grubunun KHT_{t3} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.6: Tüm denek grubunun KHT_{t1i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.7: Tüm denek grubunun KHT_{t2i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.8: Tüm denek grubunun KHT_{t3i} değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA

Sporun giderek yaygınlaşmasıyla birlikte egzersiz ve performans ilişkisi üzerinde daha fazla ilgi, araştırma ve tartışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Konuyla ilişkili olarak kullanılan, önerilen laboratuvar ve saha koşullarında ortaya konabilen çeşitli parametreler mevcuttur. Kesitsel ve takip içerebilen bu parametrelerin elde edilmesi her zaman kolay olamamakta ve birçoğunun değerlendirme süreci oldukça komplike olabilmektedir. Şu ana kadar yapılmış olan klinik ve saha çalışmaları sonucunda pratik, fonksiyonel açıdan en yüksek doğrusal ilişki gösteren, altın standart olarak kabul edilen parametreler kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda elde edilebilmektedir. Kardiyopulmoner egzersiz test yönteminin pahalı olması, titiz uygulama gerektirmesi, değerlendirme ve rapor sürecinin zorluklar içermesi, bu testlerin tekrarlayıcı laboratuvar testi olarak rutin kullanımını zorlaştırmaktadır. Sporcuların laboratuvar ve saha değerlendirmelerinde güçlükler barındıran bu önemli parametrelerin yerini tutabilecek ucuz, daha kolay elde edilebilen, rutin uygulanabilen testlerle birlikte elde edilebilecek yeni parametrelere hala gereksinim duyulmakta ve bu konuda araştırmalar yapılmaktadır. Bu parametreler içinde ilk kullanılanlardan başlıcaları; hedef kalp hızına ulaşma ve sürdürebilme kapasitesi, kalp hızı rezervini kullanma düzeyidir. Fakat daha sonra yapılan araştırmalarda sempatik deşarjla ilişkili bu değişkenlerin belirli bir eşik düzeyinden sonra yeterince etkin bir gösterge olamayacağı ortaya konulmuştur (34–36).

Kardiyopulmoner egzersiz testi, istirahatten pik seviyeye ulaşıncaya kadar elde edilen veriler kullanılarak raporlanmasına rağmen, son yıllarda pik seviyeden istirahat seviyesine geri dđnüş sürecindeki verilerin önemi üzerinde çalışmalar sürdürölmektedir. Bu çalışmalarda en sık ortaya konan ve tartışılan parametreler maksimal yapılmış bir egzersiz testi sonucu pik seviyeden itibaren nabız değerindeki zamansal olarak görölen değerikliklerdir. Yapılmış olan araştırmalar yöntemsel olarak birbirinden farklılıklar içermesine rağmen, özellikle 1, 2 ve 3. dakikalardaki kalp hızı değerim değerleri çalışmalarda sıklıkla kullanılmıştır. Geri dđnüş periyodundaki kalp hızı değerkenliğinin egzersiz ilişkili otonomik fonksiyondaki sempatik parasempatik döngüsünü daha iyi ortaya koyduğu yapılmış olan çalışmalarda ileri sürölmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmı antrene sporcular ve sedanter yetişkinler arasında daha fazla aktivitenin daha iyi otonomik fonksiyona yol açtığını gösteren farklılıklara odaklanmış, daha iyi kondisyon ve daha çok aktivitenin otonom fonksiyonu iyileştirdiği yönünde kanıtlar sunulmuştur (9,62–69).

Yapılmış olan bazı çalışmalarda egzersiz sonrası 1 ve 3. dakika toparlanma kalp hızı parametrelerinin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, son zamanlarda incelenen geri dđnüş 30. saniye değerlerinin önemli olabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Bununla birlikte, incelenen parametrelerin yaş, cinsiyet ve diğer faktörlerde değerim göstermesi bu parametrelerin değerini oldukça kısıtlamaktadır. Bu nedenlerle konuyla ilişkili olarak yeni parametrelere ihtiyaç duyulduğu bir gerçektir.

Çalışmamızda sporcularda performansla geri dđnüş periyottaki 1, 2 ve 3. dakikalardaki elde ettiğimiz değerlerin ilişkisini ortaya koymaya çalıştık. Elde ettiğimiz bulgularda, tespit ettiğimiz kalp hızı toparlanma değerleriyle performans ilişkisi açısından en ilişkili zaman dilimi geri dđnüş periyottaki 2. dakika kalp hızı toparlanma (KHT_2) mutlak düşüş değerini olduğunu ortaya koyduk ($r=0,156$, $p<0.001$). Bununla birlikte 1 ve 3. dakikalardaki mutlak düşüşlerde daha düşük korelasyon katsayısına rağmen pozitif anlamlı bir ilişki görölmektedir. Her ne kadar 2. dakikadaki sempatik etki gücünün kalp hızı geri dđnüş sürecinde etkisinin azalmış olmasına rağmen özellikle nörohüморal etkilerin hala devam ediyor olmasının yanında oksijen defisitinin azalıyor olmasının da bu sonuçlarda etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda maksimal performans düzeyini gösteren VO_{2maks} 'la KHT_2 arasında anlamlı ilişkili olmasının yanısıra, destekleyici bir parametre olan anaerobik eşik VO_2 (VO_{2ae}) değerleriyle de KHT_2 arasında anlamlı bir ilişki olduğunu gösterdik. VO_{2ae} düzeyiyle KHT_2 arasında VO_{2maks} 'a göre daha düşük olmakla birlikte pozitif bir ilişkinin saptanması aerobik

kapasitenin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Ayrıca, 1 ve 3. Dakika kalp hızı düşüş parametreleriyle VO_{2ae} arasında herhangi bir ilişkiyi ortaya koyamadık.

Egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüşü; egzersiz yoğunluğu, kardiorespiratuar kondisyon, kardiyak otonom sinir sistemi modülasyonu, hormonal değişiklikler ve barorefleks duyarlılığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (16). Fiziksel aktiviteye kardiyovasküler ve nörovegetatif adaptasyon, sempatikovagal dengenin kalp tepe atım geri dönüşü üzerinde yaptığı değişiklikler beraberinde gelişir, bu yüzden sporcuların kalp tepe atım geri dönüşlerinin sedanter bireylerle karşılaştırıldığında çok daha hızlı olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (1,16,18). Egzersiz sonrası 1 ile 3. dakika kalp hızı geriye dönüş değerlerinin yorumlanmasında, erken kalp hızı toparlanmasının (<1 dakika) vagal ton reaktivasyonuna, geç toparlanmanın (>2 dakika) sempatik aktivite ve katekolaminler gibi humoral faktörlerin azalmasına bağlı geliştiği ileri sürülmektedir (1,5,6,59–61). İmai ve ark. ilk 30 saniyedeki KHT'nin parasempatik sinir blokajıyla uzadığını, neredeyse sempatik sinir blokajından bağımsız olduğunu ortaya koymuşlardır (1). KHT_1 parasempatik sistemin gücünü gösteren bir değer olarak kabul görmesine rağmen, VO_{2maks} 'ın sporcularda parasempatik sempatik ilişkisinin gücünü ortaya koyduğunu ve sempatik aktivitenin ön planda olduğu çalışmalardan daha çok etkilendiğini düşünmekteyiz. Egzersiz sırasında sempatik aktivitedeki bu artış nörovegetatif adaptif değişikliklerle maksimal kalp hızı, kardiyak output, egzersizde kullanılan kasların perfüzyonu ve akım artışı nedeniyle atletik performansı arttırmaktadır. Ayrıca, sporcularla sedanter bireyler arasındaki temel farkın parasempatik sistem beraberinde sempatik sistem süperkompansasyonla ilişkili değişikliklerden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Darr ve ark. antrene erkek bireylerde (ortalama VO_{2maks} değeri 60 ml/kg/dk) antrene olmayan bireylerle (ortalama VO_{2maks} değeri 40 ml/kg/dk) karşılaştırıldığında, antrene bireylerde KHT_1 değerinin 6 atım daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (16). Benzer şekilde, iyi antrene kadın maraton koşucularında, sedanter kadınlarla karşılaştırıldığında KHT_1 değerlerinin daha hızlı olduğu tespit edilmiştir (18). Bu çalışmaların sonuçlarını destekler şekilde sporcularda antrenman değişiklikleriyle 1. dakika kalp hızı geri dönüşlerinde anlamlı farklılıklar bulunan çalışmalar da mevcuttur (3,70). Lamberts ve ark. bisiklet sporcularında 4 haftalık yüksek derecede yoğun antrenman sonrasında (ölçümler 40 km'lik denemelerle gerçekleştirilmiştir) KHT_1 'in daha fazla hızlandığını göstermişler, yine aynı çalışmanın bir sonucu olarak KHT_1 değişimi ile 40 km denemelerinin süresindeki değişim arasında güçlü bir anlamlı ilişki saptamışlardır (70). Benzer şekilde, triatletlerde 3 hafta boyunca maksimal aerobik güçte yapılan antrenmanlar sonrasında, egzersiz sonrası 1. dakika KHT'nin

hızlandığını göstermiş olmasının yanısıra bu etkinin 2 haftalık dinlenme periyodu sonrasında kaybolduğu saptanmıştır (71). Bu olumlu saptamalara rağmen tartışılması gereken önemli bir nokta olarak, KHT_1 değerlerinin aynı standart koşullar altında bile günlük değişkenliği olduğunun gösterilmesidir. Bu konuda yapılmış bir çalışmada, sağlıklı bireylerde submaksimal şekilde gerçekleştirilen koşu testlerinde pasif geri dönüş ile değerlendirilen egzersiz sonrası 1. dakika kalp hızının günden güne değişkenliğinin ortalama olarak dakikada 8 atım kadar olduğu gösterilmiştir (72). Farklı bir açıdan destekleyici bir bulgu olarak VO_{2maks} düzeyleri eşleştirilen farklı ventilatuar eşik düzeyi olan sporcularda iki grubun karşılaştırılmasında iki grup arasında 1. dakika geriye dönüş kalp hızı değişimlerinde gruplar arasında bir fark tespit edilmemiştir (22). Aynı zamanda, Buchheit ve ark. 3 haftalık futbol kampı sonrasında sporcuların KHT değerlerinde bir değişiklik saptamamıştır (3). Bu verilerden farklı olarak, Borresen ve Lambert antrenman düzeyini sabit tutan grupta KHT_1 'in değişmediğini, antrenman düzeyini arttıran grupta KHT_1 değerlerinin azaldığını, antrenman düzeyini azaltan grupta ise KHT_1 'in artmaya eğilimli olduğunu göstermiştir (4). Bu durum sağlıklı bireylerde egzersiz düzeylerinin iyileşmesiyle kalp hızı geri dönüşlerinin iyileşmesini saptayan önceki çalışmalarla çelişmektedir (19,70,73). Bu bulgular hızlanmış KHT_1 'in artmış performans düzeyleriyle birlikte aşırı yüklenmeyi gösterebileceğini ve dayanıklılık antrenmanlarına cevabın izlenmesinde tek bir marker olarak kullanılamayacağını göstermektedir. Ayrıca, bu bulgular daha hızlı KHT'nin sadece artmış fiziksel performansla ilişkili olmadığını, KHT_1 'deki değişikliklerin spesifik antrenman fazında sporcuların yorgunluk ve performans yanıtlarının bir göstergesi olabileceğini, daha hızlı KHT'nin fonksiyonel aşırı yüklenme nedeniyle merkezi komutun azalması ve daha düşük bir kemorefleks aktivitesinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, denek olarak sporcular dışında sağlıklı sedanter bireylerde KHT_1 ve aerobik performans arasındaki ilişkiyi gösteren çeşitli çalışmalar da yapılmıştır (12,19,20). Giallauria ve ark. yaşlı kişilerde 8 haftalık antrenman programı sonrasında VO_{2maks} ve KHT_1 değerlerinde artışlar göstermişlerdir (19). Zıt bir bulgu olarak, sedanter erkek ve kadınlarda 2 haftalık dayanıklılık antrenman programı sonrasında VO_{2maks} değerlerinde artışlar gözlenirken, KHT_1 değerlerinde bir değişiklik gösterilememiştir (20). Bu çalışmaların çoğu için üzerinde durulması gereken kritik nokta çalışmalarda egzersiz sonrası öncelikle KHT_1 değerlerinin dikkate alınması, KHT_1 , KHT_2 ve KHT_3 değerlerinin anlamlılık açısından farklılıklarının incelenmemesidir. Çalışmamız sonuçlarına benzer şekilde Arena ve ark. sağlıklı erkek ve kadında yaptıkları çalışmalarında VO_{2maks} değerleriyle KHT_1 ve KHT_2 verileri ilişkisi ele alındığında, KHT_2 değerlerinin VO_{2maks} değerleriyle daha yüksek bir ilişki ortaya koyduğunu göstermişlerdir

(74). Benzer bir ilişkiyi, Maeder ve ark. bir grup genç hastada yaptıkları çalışmalarında KHT_2 değerlerinin KHT_1 değerine göre daha belirleyici olduğunu belirtmişlerdir (75). Bu çalışmalara ilave olarak, Lamberts ve ark. KHT ölçümünün değişim katsayısı 2. dakika değerinin 1. dakika değerine göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu saptamışlardır (72). Bu çalışmalardan farklı olarak, Bosquet ve ark. çalışmalarında KHT_1 ve KHT_2 değerleri arasında güvenilirlik açısından bir farklılık saptamamışlardır (76). Egzersiz sonrası KHT_2 değeri ele alındığında, bu değerin KHT_1 göre daha yüksek bir değer olduğu ve KHT_2 değerinin KHT_1 değerine göre istirahat kalp hızı değerine daha yakın olduğu açıktır. Çalışmaların sonuçları, KHT_2 değerinin KHT_1 değerine göre anlamlı farklılıkların saptanmasında daha iyi kapasitesi olduğunu göstermektedir. Çalışmamız verileri ele alındığında her iki değerin anlamlı olduğunu, fakat KHT_2 değerinin KHT_1 değerine göre performans değerleriyle daha anlamlı ilişkili olduğunu saptadık. İlginç bir çalışma olarak, Vicente Campos ve ark. sağlıklı fiziksel olarak aktif erkeklerde yaptıkları çalışmalarında, egzersiz sonrası 1. ve 3. dakika değerlerini incelemiş, $pikVO_2$ değeriyle KHT_3 değeri arasında anlamlı bir ilişki olduğunu, KHT_1 verileriyle zayıf ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir (77). Fakat bu çalışmada 1 ve 3. dakikalardaki KHT değerleri incelenmesine rağmen, KHT_2 değerlerinin kullanılmaması önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmaların yanısıra, Kwon ve ark. orta yaşlı erkek sporcularda aynı yaş grubunda sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında egzersiz sonrası 3, 4, 5. dakikalarda daha hızlı kalp hızı toparlanma değerleri saptarken, 1 ve 2. dakika kalp hızı toparlanma değerlerinde farklılık saptamamış ve tamamen farklı bir bulgu ortaya koymuşlardır (78). Diğer taraftan başka bir çalışmada, vücut kompozisyonu etkisi hesaplandıktan sonra VO_{2maks} ve KHT değerleri arasında egzersiz sonrası geri dönüş 1 ve 2. dakikalarda bir ilişki saptanmamıştır (79). Trevizani ve ark. orta yaşlı gönüllülerde yaptıkları çalışmalarında iyi aerobik kondisyon düzeyleri olan bireylerde daha iyi KHT_3 değerleri saptamış, fakat bir eksiklik olarak KHT_1 ve KHT_2 değerlerini değerlendirmemişlerdir (80). Çalışmamız sonuçlarından farklı olarak, Suzic Lazic ve ark. sporcularda yaptıkları çalışmalarında, KHT_1 ve KHT_2 değerleriyle karşılaştırıldığında KHT_3 değerinin aerobik kapasitenin daha iyi bir göstergesi olabileceğini belirtmişlerdir (81). Ayrıca, Dixon ve ark. iyi derecede antrene erkek uzun mesafe koşucularında egzersiz sonrası 5. dakikadaki düşüş değerlerini incelemiş, uzun mesafe koşucularında daha yüksek düşüş değerleri olduğunu göstermişlerdir (17).

Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda, egzersiz sonrası birinci dakika içinde özellikle ilk 30 saniye içindeki kalp hızı geriye dönüşleri incelenmiştir. Sugawara ve ark. sağlıklı

sedanter erkeklerde 8 haftalık antrenman programı sonrasında antrenmanla 30. saniye KHT değerlerinde artışlar saptanmış, 4 hafta antrenmansız dönem sonrasında bu değerin bazal seviyelere gerilediğini belirlemiştir (73). Bununla birlikte, Watson ve ark. elit atletlerde yaptıkları çalışmalarında aerobik fitnessın KHT'nin sadece ilk 30 saniyesi ile ilişkili olduğunu, yüksek VO_{2maks} değerlerine sahip olan bireylerde geri dönüş 10 ve 30. Saniyelerde daha hızlı geriye dönüşler olduğunu, geri dönüş 1. dakika sonrasında herhangi bir zamanda KHT ve VO_{2maks} arasında bir ilişkinin olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı olmasına karşın KHT 10. saniye ve KHT 30. saniye arasında atım değişiminin 1-3 vuru olmasının, yüksek düzeyde spor yapan sporcularda fitness seviyelerinin ayırt edilmesinde kullanımını zorlaştırdığını belirtmişlerdir (82).

Çalışmamız verileri, yapılan spor tipine göre gruplandırılarak değerlendirildiğinde, yaş ve antropometrik özellik açısından farklılıkları göz önüne alınarak bu parametrelerde farklı bulgu ve değişiklikler tespit ettik. 1, 2 ve 3. dakikalardaki kalp hızı toparlanma (KHT) değerlerinin spor tipine göre birbirinden farklı olduğunu ortaya koyduk. Yüzme, atletizm ve tenis gibi aerobik antrenman yoğunluğu daha fazla olan sporcularda egzersiz sonrası KHT değerlerinin, güreş, basketbol, voleybol, futbol gibi patlayıcı ve anaerobik antrenman programlarının daha yoğun olduğu sporculara göre daha yüksek olduğunu tespit ettik.

Sporcularda yapılan egzersizin devamlı veya intermitan olması, egzersiz tipinin dayanıklılık veya direnç egzersizi olması, egzersiz süresi gibi değişkenlerin KHT değerlerini etkilediği gösterilmiştir (83,84). Yapılan çalışmalarda kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları yapan her iki grup sporcularda egzersiz sonrası kalp hızı geri dönüşlerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (1,2). Benzer şekilde, Otsuki ve ark. egzersiz sonrası ilk 30 saniyede kalp hızı azalmasının sadece dayanıklılık açısından antrene sporcularda değil, kuvvet antrenmanı yapan sporcularda da sedanter grupla karşılaştırıldığında daha hızlı olduğunu, egzersizin hemen sonrasında KHT'nin hem kuvvet hem de dayanıklılık sporu yapan sporcularda hızlandığını belirtmişlerdir. Bu bulgulara ilave olarak dayanıklılık ve kuvvet açısından antrene bireyler arasında KHT değerlerinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Kuvvet açısından antrene sporcularda egzersiz sonrası vagal aracılı KHT adaptasyonu sol ventrikül morfolojileri farklı olmasına rağmen dayanıklılık açısından antrene bireylerle benzer bulunmuştur (2). Spor modeliyle ilişkili başka bir çalışmada, Buchheit ve ark. tekrarlanan sprint veya yüksek yoğunluklu interval antrenman sonrası adölesan atletlerde KHT'deki değişimleri değerlendirdiğinde, gruplar arasında KHT_1 değerlerinde bir farklılık saptanmazken, interval antrenmanı yapan grupta 30. saniye KHT değerlerinde daha iyi

düşüşler olduğunu saptamışlardır. Bu durumun nedeni olarak farklı antrenman modalitelerinin kısa dönem KHT değerleri üzerinde etkili olabileceğini ve kısa dönem KHT değerlerinin intermitan sporcularda performansın daha iyi bir belirleyicisi olabileceğini belirtmişlerdir (85). Benzer şekilde, Ostojic ve ark. intermitan spor yapan sporcularda dayanıklılık açısından antrene sporcularla karşılaştırıldığında daha yüksek KHT değerleri olduğunu bildirmiştir (86). Ayrıca, farklı dayanıklılık egzersiz tiplerinde KHT değerlerinde farklılıklar olduğu, koşucular ve bisikletçiler karşılaştırıldığında koşucularda daha yüksek KHT değerleri olduğu, bunun koşu esnasında daha yüksek aerobik talepten kaynaklanabileceği belirtilmiştir (87).

Çalışmamız sonuçlarına yaş seviyeleri açısından bakıldığında, 16 yaş altı grupta daha yüksek KHT değerleri saptanması ilginç bir bulgudur. Bu sonuçlara sebep olabilecek varsayımlarımız ise yapılan spor tipiyle ilişkili performans değerlerinin daha yüksek olmasının yanı sıra, yaşla birlikte maksimal oksijen tüketim değerlerinin düşüş göstermesinin bu sonuçların fizyolojik açıklaması olabileceği düşüncesindeyiz. Özellikle 16 yaş altı grupta KHT 2. dakikasında anlamlı bir ilişki söz konusuysa, 16 yaş ve üstü grupta bu pozitif korelasyonun kaybolduğunu tespit ettik. Bu sonuç, yaş ilişkili olarak performans parametresi üzerine ileri sürdüğümüz varsayımımızı destekler niteliktedir. Buchheit ve ark. çalışmamıza benzer şekilde submaksimal koşu testi sonrasında 15 yaş altı futbol oyuncularında, 17 yaş altı futbolcularla karşılaştırıldığında daha hızlı KHT düzeyleri olduğunu belirtmişlerdir (3). Yaşlanma sürecinin parasempatik sistem etkinliğinde düşüş, sempatik tonusda daha az düşüşle KHT’de düşüşe neden olduğu ile ilgili çeşitli kanıtlar mevcuttur. Bu düşüşün egzersiz aktivitesini koruyan ya da attıran bireylerde engellenebildiği gösterilmiştir (11). Otonom dengede yaşa bağlı farklılıklar KHT veya kalp hızı değişkenliği olarak tahmin edilen veriler fiziksel olarak aktif ve sedanter bireyler arasında değerlendirilmiştir. Sağlıklı sedanter popülasyonda KHT’nin yaşlı bireylerde daha düşük olduğu saptanmıştır (11,80,88). Yaşla birlikte egzersiz kapasitesindeki azalma primer olarak maksimum kalp tepe atımında azalma ve maksimum kardiyak outputun düşüşüyle oluşur. Yaşla bağlı maksimal kalp hızında düşüş intrinsik kalp atımında azalma, örneğin beta adrenerjik stimülasyona zayıflatılmış kronotropik yanıtta etkilenir (89). Yaşlı kişilerde egzersiz sonrası geriye dönüş değerlerinin daha yavaş olmasından benzer mekanizmaların sorumlu olduğu düşünülmektedir. Benzer fitness düzeylerinde genç ve yaşlı fiziksel olarak aktif erkeklerde KHT’de farklılık saptanmayan çalışmalar mevcuttur (16,90). Zafeiridis ve ark. yüksek yoğunluklu aralıklı anaerobik egzersizde erkek çocuklar, gençler ve erişkinlerde geriye dönüş sürecinin gelişime bağımlı olduğunu, en iyi kalp hızı geri dönüşünün erkek çocuklarda olduğunu belirtmişlerdir (91).

Çocuklarda kas glikolitik aktivitesinin düşük olması, yüksek oksidatif kapasite, daha hızlı fosfokreatin sentezi ve daha iyi asit baz dengesinin daha hızlı KHT den sorumlu olduğu düşünülmektedir (90). Ayrıca, Trevizani ve ark. çalışmalarında yaşlanma ile birlikte kalp hızı geriye dönüşlerinde yavaşlama olduğunu bildirmişlerdir (80). Yaşlanma sempatik aktivitede kademeli bir artış, parasempatik aktivitede azalma, daha düşük baroreseptör duyarlılığı ve daha düşük norepinefrin klirensiyle ilişkilendirilmiştir (92). Çalışmamızdan farklı olarak, Suzic Lazic ve ark. KHT_1 değerinin genç sporcularda erişkinlere oranla daha düşük olduğunu saptamışlardır (81).

Çalışmamızda elde ettiğimiz diğer ilginç ve özgün sonuçsa geri dönüş nabız değerlerinde cinsiyete ait değişkenliğin ortaya konmasıdır. Kadın ve erkek subgrup ayrımında VO_{2maks} değerlerinin farklılığına rağmen istirahat, maksimal ve rezerv kalp hızı değerlerinin benzer olmasının yanında KHT değerlerinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptamadık. Bu durum ayrıca açıklanması gereken bir bulgudur. Cinsiyet aerobik performansta önemli bir faktördür ve büyük oranda erkek ve kadın arasındaki stroke volüm farklılıklarından ve vücut kompozisyonundaki farklılıklardan kaynaklanmakta olduğu kabul edilmektedir. Erkeklerde daha fazla vücut kitlesi daha yüksek maksimal kardiyak outputa ve böylece, daha yüksek pik VO_2 değerlerine sebep olmaktadır. Vücut yüzey oranı ayarlansa bile, erkeklerin pik egzersiz düzeylerinde daha yüksek stroke volüm indekslerine sahip olma eğiliminde olduğu saptanmıştır (45). Ayrıca, bu farklı bulguların ortaya çıkmasının önemli sebeplerinden birinin de kadınlarda hormonal denge ve kan parametrelerinin menstrual siklusla ilişkili olarak nabız değerlerine etkisi ve kalbin egzersize cevabının farklılığından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Konuyla ilişkili olarak yapılmış literatürlerde kadın cinsiyetle ilişkili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Erkek cinsiyette KHT değerleriyle VO_{2maks} arasında ilişki saptamadık. Bu durum erkek cinsiyette yapılan KHT değerleriyle VO_{2maks} değerleri arasında ilişki olmadığını gösteren çalışmaları destekler niteliktedir. Benzer şekilde Lamberts ve ark. çalışmalarında cinsiyete bağlı farklılık saptamamışlardır (72). Çalışmamızdan farklı olarak, Arena ve ark. sağlıklı sporcu olmayan bireylerde yaptıkları çalışmalarında, erkek cinsiyette KHT_1 ve KHT_2 değerlerini kadın cinsiyetle karşılaştırıldığında daha yüksek saptamışlardır (74). Farklı olarak, Antelmi ve ark. sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmalarında kadınlarda erkek bireylerle karşılaştırıldığında daha yüksek KHT_1 , KHT_2 ve KHT_3 değerleri olduğunu belirtmişlerdir (88).

Çalışmamızda ortaya koyduğumuz ilginç ve yeni bir parametre ise ters (reverse) kalp hızı toparlanma (KHT_i) değerleridir. Daha önce yapılmış çalışmalarda araştırılmayan bu

parametreler orijinal özellikler taşımaktadır. KHT_t değerleri bazal kalp hızı değerlerine ulaşma gücünü göstermektedir. Bu gücün ortaya koyduğu açıklanabilen en değerli fizyopatolojik mekanizmanın oksijen borcunun ne derece hızlı bir şekilde yerine konduğunu göstermesi olduğunu düşünmekteyiz. Bu hipotezimizi en iyi açıklayan veriyse KHT_t değeri ile gerçek zamanlı bakılan oksijen tüketim değerleri arasındaki anlamlı ilişkidir. Çalışmamızda kullandığımız geri dönüş periyottaki gerçek zamanlı ölçüm değerleriyle (VO_{2rec}), geri dönüş 1, 2 ve 3. dakikalardaki KHT_t değerlerinin VO_{2maks} değerine göre daha güçlü anlamlı ilişki içinde olması bu varsayımımızı önemli bir şekilde desteklemektedir.

Çalışmamızda KHT_t değerleri kendi içinde incelendiğinde performans değerleriyle en anlamlı ilişkinin KHT_{t3} değeri arasında olduğunu saptadık. Bu ilişki daha iyi performans değerlerine sahip bireylerin başlangıç noktasına daha kolay bir şekilde ulaşabildiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde yeni bir parametre olarak değerlendirdiğimiz KHT_t 'nin bazal istirahat kalp hızı değerine oranı olan KHT_t indeks (KHT_{ti}) değerlerinin performans ilişkisine bakıldığında, 1,2 ve 3. dakikalardaki gerek KHT gerekse KHT_t değerlerine göre istatistiksel olarak daha yüksek anlamlı ilişki bulunması oransal değerin önemini daha fazla ortaya koymaktadır. Ters KHT indeks değerleri kendi içinde değerlendirildiğinde, özellikle 3. dakikadaki indeks değeri (KHT_{t3i}) ile performans değeri arasında en anlamlı ilişki olduğunu ortaya koyduk. Bu değerin, diğer bütün geri dönüş değerlerinden farklı bir şekilde cinsiyet, yaş değişken faktörlerinden etkilenmediğini tespit ettik. Elde ettiğimiz bu sonuçlarla özellikle 3. dakikadaki indeksin klinik ve pratik değer açısından önemli olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızın retrospektif bir çalışma olması nedeniyle incelemiş olduğumuz dosyalarda sporla ilişkili birtakım bilgi kayıtlarına ulaşamadık. Bunların en önemlisi, yapılan sporun ne kadar düzenli bir süre boyunca ve ne sıklıkta yapıldığına ait değerlere ulaşamamış olmasıdır. Sporcu grubumuzun yaptığı sportif aktivite tipinin farklı olması ve aktivite tipinin otonom fonksiyonları farklı etkiliyor olmasının birtakım parametrelerin homojen etkilenmesi açısından önemli olduğunu düşünmekteyiz. Yapılan spor aktivite tipi aynı olan büyük popülasyonlarda kayıt altına alınmamış olan bu değişkenliklerin farklı şekilde etkilenebileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda tüm sporcularda maksimal seviyeye ulaşabilmek için araç olarak koşu bandı kullanıldı, yapılmış olan bazı çalışmalarda kullanılan yöntem ve modun geri dönüş parametrelerini farklı bir şekilde etkileyebildiği gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda, testlerde araç olarak koşu bandı kullanımının bisiklet kullanımına göre daha yüksek pik VO_2 düzeylerine ulaşılmasını sağladığı ileri sürülmektedir (93,94). Pik kalp hızı egzersiz modeline

göre değişmemesine rağmen, koşu bandı kullanılan testlerde daha çok miktarda kas kitlesi çalışıyor olmasından dolayı, stroke volüm veya arteriyovenöz oksijen farkı daha yüksek saptanmıştır. Koşu bandı yöntemi kullanılmasıyla daha yüksek pik VO_2 seviyelerinin olması, erken geri dönüş esnasındaki daha yüksek kardiyak outputla ilişkilidir (87). Yapılmış olan bir çalışmada, klinik bir nedenle egzersiz testine yönlendirilen hastaların rastgele bisiklet ve koşu bandı gruplarına ayrılması sonucunda bisiklet kullanımında egzersiz sonrası 1. dakika kalp hızı değerinin (KHT_1) koşu bandı kullanımına göre daha düşük olduğu saptanmıştır (95).

Çalışmamızda sporculara maksimal egzersiz testi uygularken Bruce protokolünü kullandık. Standart Bruce protokolü çok sayıda klinik egzersiz laboratuvarına göre özellikle sporcu aralıklı (intermitan), patlayıcı ve yüksek yoğunlukta aktivitelere katılıyorsa yetersiz bir test yöntemidir. Bununla birlikte, egzersizin ulaştığı seviye submaksimal düzeyde kaldığında kalp hızı değerlerinin de değiştiği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Asıl kritik olan noktanın, maksimal seviyeye ulaşan tekrarlanabilir bir protokolün gerçekleştirilmesi olduğunu düşünmekteyiz. Yapılan çalışmalarda, maksimal ve submaksimal egzersizde kalp hızı geri dönüşlerinin farklı kinetikler gösterdiği belirtilmiştir. Sempatik sinir sisteminin yeterince aktive olmadığı düşük düzey egzersizden kalp hızı geri dönüşü, sempatik sistemin önemli yanıt verdiği yüksek düzey egzersize göre farklı geri dönüş karakteristikleri gösterdiği saptanmıştır. Egzersizin tüm düzeylerinde parasempatik reaktivasyon egzersiz sonrası erken dönemde etkilidir. Yüksek düzey egzersiz sonrası geri dönüş periyodunda devam eden sempatik sistem aktivitesi, parasempatik reaktivasyona rağmen geri dönüş periyodunda yüksek kalp hızı düzeylerinin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durumda, düşük düzey egzersizi takiben oluşan kalp hızında hızlı azalma değişmekte ya da gecikmektedir (96).

Çalışmamızda geri dönüş değerlerini, egzersizin hemen sonrasında sporcuları oturtmak yerine 3 dakika boyunca eğimsiz olacak şekilde 1.9 km/saat hızında koşu bandında yürüyüş uygulayarak aktif geri dönüş protokolüyle elde ettik. Yapılmış olan bir çalışmada KHT 'nin uygun ve standart olarak elde edilmesi için maksimal egzersiz testi hemen sonrasında kişiler oturtularak pasif geri dönüş sırasında ölçümlerin alınması önerilmiştir (15). Çalışmalarda sporcular için çok daha uygun olduğu gösterildiği için aktif geri dönüş periyodu uygulamayı tercih ettik (97–99). Boullosa ve ark. aktif geri dönüş yöntemiyle elde edilen KHT 'nin son derece güvenilir bir değişken olduğunu kanıtlamıştır (100). Bütün bu çalışmaların dışında, geri dönüş periyodu ilk 2 dakikası aktif, 3. dakikasında pasif olacak şekilde yapılan çalışmalar da mevcuttur (16,77,101).

Sporcularda kalp hızı geri dönüş değerleriyle ilgili yapılan çalışmaların sonuçları kalp hızı toparlanma (KHT) değerlerinin belirlenmesinde farklı protokoller kullanılması nedeniyle karşılaştırılabilir değildir. KHT'nin tekrar elde edilebilir bir değişken olduğu gösterilmesine rağmen, KHT'nin elde edilmesinde kullanılan yöntemin değerlerde büyük değişiklikler oluşturabilmesi bu değerlerin tekrar elde edilebilirliğine etki etmektedir (15,97,100,102,103).



6. SONUÇ

Sporcularda kullanılmakta olan pik seviyeye ulaşma ve onunla ilişkili performans parametrelerinin ortaya konması dışında, geri dönüş periyot ilişkili parametrelerin de oldukça değerli olabileceği kabul edilmektedir. Çalışmamızda ulaşılan pik seviyeden egzersiz öncesi istirahat değerlerine ulaşma sırasında nabız değişkenliklerinin farklı spor tipinde mücadele eden değişken yaş gruplarında değerlendirilmesinin önemini ortaya koyduk. Çalışmamız sonucunda performans ilişkisi açısından en ilişkili değerin KHT_2 değeri olduğunu, KHT_1 ve KHT_3 değerinin de daha düşük olmakla birlikte pozitif korelasyon gösterdiğini belirledik. Yeni bir değerlendirme verisi olarak ortaya koyduğumuz KHT_t değerleri performans ilişkisi incelendiğinde en yüksek ilişkinin KHT_{t3} değeriyle olduğunu, aynı zamanda daha düşük olmakla birlikte KHT_{t1} ve KHT_{t2} değerlerinin de performansla ilişkili olduğunu saptadık. Benzer şekilde, KHT_{ti} değerleri performans ilişkisi değerlendirildiğinde en yüksek ilişkinin KHT_{t3i} değerinde olduğunu tespit ettik.

Sporcularda KHT değişkenliğinin diğer bir öneminin de sezon içinde performans takibi açısından değerli olabileceğini öngörmekteyiz. Çalışmamız sonucunda yeni bir değerlendirme verisi olarak ortaya koyduğumuz KHT_t değerleriyle performans ilişkisi, sporcuların sezon içinde performans takibinde bu parametrelere ait değişimlerinin kayıt ve takiplerinin

yapılmasının değerli olabileceğini dūřındırmektedir. Maksimal egzersizden geri dōnūřın kalp tepe atım kinetikleri değerlendirilmesinin genel olarak değeri tam olarak anlaşılamamasına rağmen, çalışmamız sonuçları antrenman nedeniyle oluşan otonomik kontrolde dūzensizliklerin belirlenmesi ve antrenman programlamasının yapılması için bu verilerin değerli olduğuna ait varsayımları destekler niteliktedir. Bu sonuçlara rağmen, egzersiz sonrası KHT ve KHT_t değerlendirilmesinin antrenman sūrecinin takibi için anlamlı bilgiler sunacağı gerçeğine ilave olarak yorgunluk, aşırı antrenman, dehidratasyon gibi antrenman bağımlı dengesizliklerin önlenmesi açısından daha fazla denekle ve uzun sūreli takip içeren çalışmalara ihtiyaç olduğunu dūřınmaktayız.



KAYNAKLAR

1. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1994;24(6):1529–35.
2. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Sugawara J, et al. Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):365–70.
3. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Quod MJ, Poulos N, Bourdon P. Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(5):869–78.
4. Borresen J, Lambert MI. Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101(4):503–11.
5. Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. Vol. 52, *Journal of Investigative Medicine J. Invest. Med.* 2004. p. 394–401.
6. Perini R, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;58(8):879–83.
7. Orizio C, Perini R, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma catecholamines and heart rate at the beginning of muscular exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;57(5):644–51.
8. Leuenberger U, Sinoway L. Effects of exercise intensity and duration on norepinephrine spillover and clearance in humans. *J Appl Physiol.* 1993;75:668–74.
9. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-Rate Recovery Immediately after Exercise as a Predictor of Mortality. *N Engl J Med.* 1999;341(18):1351–7.
10. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol.* 1989;256(1 Pt 2):H132–41.

11. Carnethon MR, Jacobs DR, Sidney S, Sternfeld B, Gidding SS, Shoushtari C, et al. A longitudinal study of physical activity and heart rate recovery: CARDIA, 1987-1993. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(4):606–12.
12. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(9):1496–502.
13. Prado DM, Silva AG, Trombetta IC, Ribeiro MM, Guazzelli IC, Matos LN, et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. *Int J Sports Med.* 2010;31(12):860–5.
14. Borresen J, Lambert MI. Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise Training Status. *Sport Med.* 2008;38(8):633–46.
15. Pierpont GL, Adabag S, Yannopoulos D. Pathophysiology of exercise heart rate recovery: A comprehensive analysis. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2013;18(2):107–17.
16. Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am J Physiol.* 1988;254(2 Pt 2):H340–3.
17. Dixon EM, Kamath M V, McCartney N, Fallen EL. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc Res.* 1992;26(7):713–9.
18. Du N, Bai S, Oguri K, Kato Y, Matsumoto I, Kawase H, et al. Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. *J Sport Sci Med.* 2005;4:9–17.
19. Giallauria F, Del Forno D, Pilerici F, De Lorenzo A, Manakos A, Lucci R, et al. Improvement of heart rate recovery after exercise training in older people. *J Am Geriatr Soc.* 2005 Nov;53(11):2037–8.
20. Hautala AJ, Rankinen T, Kiviniemi AM, Mäkikallio TH, Huikuri H V, Bouchard C, et al. Heart rate recovery after maximal exercise is associated with acetylcholine receptor M2 (CHRM2) gene polymorphism. *Am J Physiol Hear Circ Physiol.* 2006;291(1):H459-66.

21. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5 FEB.
22. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *Eur J Appl Physiol.* 2007;100(3):363–9.
23. Lamberts RP, Swart J, Noakes TD, Lambert MI. Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2009 Mar 20;105(5):705–13.
24. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task force 8: Classification of sports. In: *Journal of the American College of Cardiology.* 2005. p. 1364–7.
25. McArdle WD, Katch KI KV. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance.* 8th Edition. 2015. 162-163 p.
26. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.* 2001;31(10):725–41.
27. Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sport Med.* 2003;33(14):1037–60.
28. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(1):157–62.
29. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):70–84.
30. Levine BD. $\dot{V}O_{2\max}$: what do we know, and what do we still need to know? *J Physiol.* 2008;586(1):25–34.
31. Levine BD, Stray-Gundersen J. “Living high-training low”: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. Vol. 83, *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985). 1997. p. 102–12.
32. Coggan a R, Spina RJ, King DS, Rogers M a, Brown M, Nemeth PM, et al. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 1992;72(5):1780–6.
33. Carrick-Ranson G, Hastings JL, Bhella PS, Fujimoto N, Shibata S, Palmer MD, et al. The effect of lifelong exercise dose on cardiovascular function during exercise. *J Appl*

- Physiol. 2014;116(7):736–45.
34. Mitchell JH, Blomqvist G. Maximal Oxygen Uptake. *N Engl J Med.* 1971 May 6;284(18):1018–22.
 35. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17(1):22–34.
 36. Vivian Heyward AG. *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription 7th Edition With Online Video.* Environments. 2014;552.
 37. Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol.* 1967 Sep;23(3):353–8.
 38. Foster C, Costill DL, Daniels JT, Fink WJ. Skeletal muscle enzyme activity, fiber composition and VO₂ max in relation to distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1978;39(2):73–80.
 39. Goran M, Fields D a, Hunter GR, Herd SL, Weinsier RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000;24(7):841–8.
 40. Fleg JL, Morrell CH, Bos AG, Brant LJ, Talbot LA, Wright JG, et al. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation.* 2005;112(5):674–82.
 41. Fleg JL, O'Connor F, Gerstenblith G, Becker LC, Clulow J, Schulman SP, et al. Impact of age on the cardiovascular response to dynamic upright exercise in healthy men and women. *J Appl Physiol.* 1995;78:890–900.
 42. Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Maximal aerobic capacity and total blood volume in highly trained middle-aged and older female endurance athletes. *J Appl Physiol.* 1994;77(4):1691–6.
 43. Tanaka H, Desouza C a, Jones PP, Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women. *J Appl Physiol.* 1997;83(6):1947–53.
 44. Trappe SW, Costill DL, Vukovich MD, Jones J, Melham T. Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 1996 Jan;80(1):285–90.
 45. Ogawa T, Spina RJ, Martin 3rd WH, Kohrt WM, Schechtman KB, Holloszy JO, et al.

- Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*. 1992;86(2):494–503.
46. ACSM. ACSM Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Vol. 37, Medicine & Science in Sports & Exercise. 2014. 89 p.
 47. Bhella PS, Hastings JL, Fujimoto N, Shibata S, Carrick-Ranson G, Palmer MD, et al. Impact of lifelong exercise “dose” on left ventricular compliance and distensibility. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(12):1257–66.
 48. Arbab-Zadeh A, Perhonen M, Howden E, Peshock RM, Zhang R, Adams-Huet B, et al. Cardiac remodeling in response to 1 year of intensive endurance training. Vol. 130, *Circulation*. 2014. p. 2152–61.
 49. Levine BD, Lane LD, Buckey JC, Friedman DB, Blomqvist CG. Left ventricular pressure-volume and Frank-Starling relations in endurance athletes. Implications for orthostatic tolerance and exercise performance. *Circulation*. 1991;84(3):1016–23.
 50. Basavarajaiah S, Boraita A, Whyte G, Wilson M, Carby L, Shah A, et al. Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes relevance to differentiating physiologic left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2008 Jun 10;51(23):2256–62.
 51. Pelliccia A, BJ M, Culasso F, Spataro A, Caselli G. Athlete’s heart in women: Echocardiographic characterization of highly trained elite female athletes. *JAMA*. 1996;276(3):211–5.
 52. Baudinette R V. The energetics and cardiorespiratory correlates of mammalian terrestrial locomotion. *J Exp Biol*. 1991;160:209–31.
 53. Gibbons RJ, Balady GJ, Timothy Bricker J, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing: Summary Article. *Circulation*. 2002;106(14):1883–92.
 54. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American heart association. *Circulation*. 2013;128(8):873–934.
 55. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician’s guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the

American heart association. *Circulation*. 2010;122(2):191–225.

56. Häggendal J, Hartley LH, Saltin B. Arterial noradrenaline concentration during exercise in relation to the relative work levels. *Scand J Clin Lab Invest*. 1970;26(4):337–42.
57. Watson RD, Hamilton CA, Jones DH, Reid JL, Stallard TJ, Littler WA. Sequential changes in plasma noradrenaline during bicycle exercise. *Clin Sci (Lond)*. 1980 Jan;58(1):37–43.
58. Victor RG, Seals DR. Reflex stimulation of sympathetic outflow during rhythmic exercise in humans. *Am J Physiol*. 1989 Dec;257(6 Pt 2):H2017-24.
59. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Exp Physiol*. 2010 Mar 1;95(3):431–40.
60. Nilsson G, Hedberg P, Jonason T, Lonnberg I, Ohrvik J. Heart rate recovery is more strongly associated with the metabolic syndrome, waist circumference, and insulin sensitivity in women than in men among the elderly in the general population. *Am Heart J*. 2007;154(3):460.e1-7.
61. Jouven X, Empana J-PJ-P, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med*. 2005;352(19):1951–8.
62. Aubert a E, Beckers F, Ramaekers D. Short-term heart rate variability in young athletes. *J Cardiol*. 2001;37 Suppl 1(FEBRUARY):85–8.
63. Bonaduce D, Petretta M, Cavallaro V, Apicella C, Ianniciello A, Romano M, et al. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(5):691–6.
64. De Meersman RE. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J*. 1993;125(3):726–31.
65. Hedelin R, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(8):1394–8.
66. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. The power spectral analysis of

- heart rate variability in athletes during dynamic exercise--Part I. *Clin Cardiol.* 1995;18(10):583–6.
67. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: Spectral analysis approach. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(11):1482–90.
 68. Yataco AR, Fleisher LA, Katzel LI. Heart rate variability and cardiovascular fitness in senior athletes. *Am J Cardiol.* 1997;80(10):1389–91.
 69. Perini R, Tironi A, Cautero M, Di Nino A, Tam E, Capelli C. Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97(4):395–403.
 70. Lamberts RP, Swart J, Noakes TD, Lambert MI. Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105(5):705–13.
 71. Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts AJ, Buchheit M, Le Meur Y. The Development of Functional Overreaching Is Associated with a Faster Heart Rate Recovery in Endurance Athletes. Sacchetti M, editor. *PLoS One.* 2015 Oct 21;10(10):e0139754.
 72. Lamberts RP, Lemmink K a. PM, Durandt JJ, Lambert MI. Variation in Heart Rate During Submaximal Exercise: Implications for Monitoring Training. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):641.
 73. Sugawara J, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M. Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85(3–4):259–63.
 74. Arena R, Arrowood J a, Fei D, Shelar S, Helm S, Kraft K a. The influence of sex on the relationship between heart rate recovery and other cardiovascular risk factors in apparently healthy subjects. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(2):291–7.
 75. Maeder MT, Ammann P, Schoch OD, Rickli H, Korte W, Hürny C, et al. Determinants of postexercise heart rate recovery in patients with the obstructive sleep apnea syndrome. *Chest.* 2010 Feb;137(2):310–7.
 76. Bosquet L, Camelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int*

- J Sports Med. 2008;29(3):238–43.
77. Vicente-Campos D, López AM, Nuñez MJ, Chicharro JL. Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(6):1123–8.
 78. Kwon O, Park S, Kim YJ, Min SY, Kim YR, Nam GB, et al. The exercise heart rate profile in master athletes compared to healthy controls. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36(4):286–92.
 79. Esco MR, Flatt AA. Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: Evaluating the agreement with accepted recommendations. *J Sport Sci Med*. 2014;13(3):535–41.
 80. Trevizani GA. Effects of Age and Aerobic Fitness on Heart Rate Recovery in Adult Men. *Arq Bras {...}*. 2012;802–10.
 81. Suzic Lazic J, Dekleva M, Soldatovic I, Leischik R, Suzic S, Radovanovic D, et al. Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2015;(January 2016). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26147945>
 82. Watson A, Brickson S, Prawda E, Sanfilippo J. Short-Term Heart Rate Recovery is Related to Aerobic Fitness In Elite Intermittent Sport Athletes. *J Strength Cond Res*. 2016 Jul 16;1.
 83. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(8):1366–73.
 84. Heffernan KS, Kelly EE, Collier SR, Fernhall B. Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13(1):80–6.
 85. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(2):362–71.
 86. Ostojic SM, Markovic G, Calleja-Gonzalez J, Jakovljevic DG, Vucetic V, Stojanovic MD. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):1055–9.

87. Maeder MT, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca HP. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105(2):247–55.
88. Antelmi I, Chuang EYY, Grupi CJ, Latorre Mdo R, Mansur AJ. Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals. *Arq Bras Cardiol.* 2008;90(6):380–5.
89. Christou DD, Seals DR. Decreased maximal heart rate with aging is related to reduced {beta}-adrenergic responsiveness but is largely explained by a reduction in intrinsic heart rate. *J Appl Physiol.* 2008;105(1):24–9.
90. Buchheit M, Duché P, Laursen PB, Ratel S. Postexercise heart rate recovery in children: relationship with power output, blood pH, and lactate. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35(2):142–50.
91. Zafeiridis A, Dalamitros A, Dipla K, Manou V, Galanis N, Kellis S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(3):505–12.
92. Kaye DM, Esler MD. Autonomic control of the aging heart. *NeuroMolecular Med.* 2008;10(3):179–86.
93. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1983;55(5):1558–64.
94. Hambrecht RP, Schuler GC, Muth T, Grunze MF, Marburger CT, Niebauer J, et al. Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 1992;70(2):141–6.
95. Rahimi K, Thomas A, Adam M, Hayerizadeh B-F, Schuler G, Secknus M-A. Implications of exercise test modality on modern prognostic markers in patients with known or suspected coronary artery disease: treadmill versus bicycle. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006 Feb;13(1):45–50.
96. Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *J Auton Nerv Syst.* 2000;80(3):169–74.
97. Buchheit M, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S. Effect of body posture on

- postexercise parasympathetic reactivation in men. *Exp Physiol*. 2009;94(July):795–804.
98. Dupont G, Moalla W, Guinhouya C, Ahmaidi S, Berthoin S. Passive versus Active Recovery during High-Intensity Intermittent Exercises. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(2):302–8.
 99. Boullosa DA, Abreu L, Nakamura FY, Muñoz VE, Domínguez E, Leicht AS. Cardiac autonomic adaptations in elite spanish soccer players during preseason. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(4):400–9.
 100. Boullosa DA, Barros ES, Del Rosso S, Nakamura FY, Leicht AS. Reliability of heart rate measures during walking before and after running maximal efforts. *Int J Sports Med*. 2014;35(12):999–1005.
 101. Martinmäki K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Feb 29;102(3):353–60.
 102. Barak OF, Ovcin ZB, Jakovljevic DG, Lozanov-Crvenkovic Z, Brodie D a, Grujic NG. Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *J Sports Sci Med*. 2011;10(2):369–75.
 103. Tulumen E, Khalilayeva I, Aytemir K, Ergun Baris Kaya FESC, Sinan Deveci O, Aksoy H, et al. The reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise test. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2011;16(4):365–72.

ETİK KURUL TUTANAĞI



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU



Sayı : 851

Tarih : 27.06.2016

Konu : Prof. Dr. Erdem KAŞIKÇIOĞLU

Sayın Prof. Dr. Erdem KAŞIKÇIOĞLU
Spor Hekimliği Anabilim Dalı

İlgi : Spor Hekimliği Anabilim Dalının 17/06/2016 gün ve 222911 sayılı yazısı

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz ve Tıpta Uzmanlık Öğrencisi Dr. Ufuk DEĞİRMENCI' nin yürüteceği 2016/819 dosya numaralı "Sporcularda Kardiyopulmoner Egzersiz Test Kapasite Ölçümleri ve Geriye Dönüş Periyot Parametrelerinin Değerlendirilmesi" başlıklı çalışma kurumumuzun 24/06/2016 tarih ve 12 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. A.Yağız ÜRESİN

İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar

Etik Kurul Başkanı

Eki: İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Karar Formu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	UFUK	Soyadı	DEĞİRMENCİ
Doğ.Yeri	FATİH	Doğ.Tar.	27/06/1985
Uyruğu	T.C.	Email	drufukdegirmenci@hotmail.com

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Yük.Lis.	İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi	2009
Lise	Pertevniyal Anadolu Lisesi	2003

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
İstanbul Tıp Fakültesi	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	2010-2011
İstanbul Tıp Fakültesi	Spor Hekimliği Anabilim Dalı	2012-2017