



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**

**BİREYSEL VE TAKIM SPORLARINDA HPA VE KALP ATIM
HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Burak ÇİÇEK

Danışman
Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**



**BİREYSEL VE TAKIM SPORLARINDA HPA VE KALP ATIM
HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Burak ÇİÇEK

Danışman
Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Burak ÇİÇEK tarafından, **Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN** danışmanlığında hazırlanan **“BİREYSEL VE TAKIM SPORLARINDA HPA VE KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ”** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 2.3.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Yücel MAKARACI Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi İzzet İSLAMOĞLU Ondokuz Mayıs Üniversitesi Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☒ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☐

05 /01 / 2023
Burak ÇİÇEK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : BİREYSEL VE TAKIM SPORLARINDA HPA VE KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 05/01/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 14

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

05 /01 / 2023
Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN

ÖZET

BİREYSEL VE TAKIM SPORLARINDA HPA VE KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Burak ÇİÇEK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Mart/2023

Danışman: Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN

Amaç: Bu çalışmanın amacı, adölesan erkek bireysel ve takım sporu sporcularında hipotalamus-hipofiz adrenal eksen (HPA) ve kalp atım hızı değişkenliği (KHD) arasındaki ilişkinin incelenmesi ve gruplar arasındaki farkın belirlenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmaya yaşları 13-16 arasında olan basketbol, judo, atletizm, futbol ve beyzbol (n=25) sporcuları ve sedanter sağlıklı erkek gönüllüler (n=15) katılmıştır. Katılımcılara aerobik kapasite testi olarak Yoyo testi uygulanmış, tüm katılımcılardan test öncesi ve sonrası tükürük örnekleri ve elektrokardiyogram (EKG) kayıtları alınmıştır. KHD kayıtları TLC 5000 holter ile gerçekleştirilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklarda T testi ve parametreler arasındaki ilişkileri incelemek için pearson korelasyonu kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlenmiştir.

Bulgular: Çalışmaya katılan adölesanlarda, bireysel ve takım sporu yapanlarda yoyo testi öncesi kortizol değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bireysel sporcularda test öncesinde Min. R-R ve AVRR arasında; takım sporcularında test sonrasında Max. R-R, AVRR, SDNN, RMSSD, VLF, LF, HF; sedanterlerde test sonrasında RMSSD ve HF parametreleri MaxVO₂ parametresi ile ilişkili tespit edilmiştir ($p<0,05$). Herhangi bir grupta test öncesi ve sonrasında kortizol değerleri ile KHD değerleri arasında istatistiksel olarak bir anlamlılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Sonuç: Adölesan erkeklerde bir aerobik kapasite testine verilen kortizol ve KHD bulgularında bireysel/takım sporcular ile sedanterler arasında bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. KHD parametreleri bütün gruplarda MaxVO₂ parametresi ile ilişkisi gözlenmiştir. Non-invaziv bir uygulama olarak KHD parametreleri sporcu seçiminde ve performans değerlendirilmesinde kullanılabilecek pratik bir yöntem olarak tavsiye edilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kortizol, Kalp atım hızı değişkenliği, Egzersiz

ABSTRACT

EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HPA AND HEART RATE VARIATION IN INDIVIDUAL AND TEAM SPORTS

Burak ÇİÇEK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Coaching Education

Master, March/2023

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yıldırım KAYACAN

Aim: This study aimed to investigate the relationship between heart rate variability (HRV) and hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis activity in adolescent male individual and team sport athletes and to determine the differences between the groups.

Materials and Methods: The study included basketball, judo, athletics, football, and baseball athletes (n=25) aged 13-16 and sedentary healthy male volunteers (n=15). The Yoyo test was used as an aerobic capacity test, and saliva samples and electrocardiogram (ECG) recordings were taken from all participants before and after the test. HRV recordings were performed using the TLC 5000 holter. The t-test was used to analyze differences between groups, and Pearson correlation was used to examine the relationships between parameters. The level of significance was set at $p<0.05$.

Results: The findings showed that there was a statistically significant difference in cortisol levels before the Yoyo test between individual and team sport athletes ($p<0.05$). In individual athletes, Min. R-R and AVRR were related to MaxVO₂ before the test, while in team athletes, Max. R-R, AVRR, SDNN, RMSSD, VLF, LF, HF were related to MaxVO₂ after the test, and in sedentary individuals, RMSSD and HF were related to MaxVO₂ after the test ($p<0.05$). No statistically significant correlation was found between cortisol levels and HRV values in any group before or after the test ($p>0.05$).

Conclusions: In conclusion, this study found that there was no difference in cortisol and HRV responses to an aerobic capacity test between individual/team sport athletes and sedentary individuals in adolescent males. HRV parameters were found to be related to MaxVO₂ in all groups. HRV parameters can be recommended as a practical method for use in athlete selection and performance evaluation as a non-invasive application.

Keywords: Cortisol, Heart rate variability, Exercise

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Araştırmanın başından sonuna kadar bilgi ve deneyimlerini paylaşan ve bu çalışmanın olgunlaşıp meydana gelmesi adına büyük katkı sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN'a,

Desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme,

Analiz aşamasında laboratuvar süreçlerinde katkıları olan tüm çalışanlara,

Ölçümler için hassasiyet gösteren kulüp sahiplerine ve antrenörlere,

Çalışmaya sabırla katkıda bulunun tüm katılımcılara en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Burak ÇİÇEK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. HPA ve Kortizol	5
2.2. Egzersiz ve HPA İlişkisi	9
2.3. Kalp Atım Hızı Değişkenliği	12
2.4. Egzersiz ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi	14
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma Grubu	16
3.1.2. Kullanılan Ekipmanlar	16
3.2. Metot	19
3.2.1. Yoyo Test Protokolünün Uygulanması	19
3.2.2. Kortizol Salınımının İncelenmesi İçin Numunelerin Toplanması	19
3.2.3. Kortizol Analizi	20
3.2.4. EKG Ölçümünün Alınması	21
3.2.5. İstatistiksel Analiz	22
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA	32
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKÇA	40
EKLER	44
EK 1. Etik Kurul Raporu	44
ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACTH	: Adrenokortikotropik Hormon
ANS	: Otonom Sinir Sistemi
AVP	: Arginin Vazopressin Hormon
AVRR	: İki Normal Kalp Vuruşu Arasındaki Ortalama Çevirim Uzunluğu
CRH	: Kortikotropin Salgılatıcı Hormon
EKG	: Elektrokardiyogram
EPM	: Endojen Ağrı Modülasyonu
HF	: Yüksek Frekans Bandının Mutlak Gücü
HPA	: Hipotalamus-Hipofiz Adrenal Eksen
HR	: Kalp Atış Hızı
KHD	: Kalp Atım Hızı Değişkenliği
LF	: Düşük Frekans Bandının Mutlak Gücü
LC	: Locus Caeruleus
MaxVO ₂	: Maksimum Oksijen Tüketim Oranı
Max. R-R	: İki Normal Kalp Vuruşu Arasındaki Maksimum Çevirim Uzunluğu
Min. R-R	: İki Normal Kalp Vuruşu Arasındaki Minimum Çevirim Uzunluğu
MSD	: Ardışık RR Aralıkları Arasındaki Farkın Aritmetik Ortalaması
PNN50	: Ardışık RR Aralıkları Arasındaki Farkın 50 Milisaniyenin Üzerinde Olduğu Aralık Sayısının Toplam RR Aralığı Sayısına Oranı
PNS	: Parasempatik Sinir Sistemi
PSD	: Güç Spektral Yoğunluğu
RMSSD	: Ardışık RR Aralıkları Arasındaki Farkın Karekökünün Aritmetik Ortalaması
SAM	: Sempatik-Adrenal Medüller Eksen
SDNN	: İnceleme Boyunca Bütün RR Aralıklarının Standart Sapması
SNS	: Sempatik Sinir Sistemi
ULF	: Ultra Düşük Frekans Bandının Mutlak Gücü
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
VLF	: Çok Düşük Frekans Bandının Mutlak Gücü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kortizol salınım mekanizması.....	8
Şekil 3.1. Aerobik kapasite ölçümü için kullanılan Yoyo testi.....	17
Şekil 3.2. Tükürük örneklerinin toplanılması için kullanılan eppendorf tüp.....	17
Şekil 3.3. KHD parametrelerini tespit etmek için kullanılan TLC-5000 holter.....	18
Şekil 3.4. Yoyo testinin adölesan erkeklere uygulanışı.....	19
Şekil 3.5. EKG ölçümünün adölesan erkeklere uygulanışı.....	22
Şekil 4.1. Yoyo testi öncesi ve sonrası farklı gruplarda gözlenen kortizol değerleri ortalamaları.....	31
Şekil 4.2. Farklı gruplarda gözlenen MaxVO ₂ değerleri ortalamaları.....	31



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin tanımlayıcı istatistiksel bulguları.....	23
Tablo 4.2. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin yoyo testi öncesi kortizol ve KHD değerleri tanımlayıcı istatistiksel bulgular	24
Tablo 4.3. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin yoyo testi sonrası kortizol ve KHD değerleri tanımlayıcı istatistiksel bulgular	25
Tablo 4.4. Kortizolun yoyo testi öncesi ve sonrası gruplar arasındaki korelasyonu.....	26
Tablo 4.5. Bireysel sporcuların kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu	27
Tablo 4.6. Takım sporu sporcularının kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu	28
Tablo 4.7. Sedanterlerin kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu.....	29
Tablo 4.8. Yoyo testi öncesi ve sonrası eşleştirilmiş T-Testi bulguları	30

1. GİRİŞ

Sağlıklı bir ömür süresi ile yaşam boyu egzersiz yapmanın ilişkili olduğunu gösteren çok fazla çalışma varken, ölümlere sebebiyet veren önde gelen dördüncü etkenin fiziksel olarak hareketsiz kalmak olduğu da bilinmektedir (Kohl et al., 2012). Bu da fiziksel aktivitenin insan hayatı açısından ne derece önemli olduğunu kanıtlar niteliktedir.

İnsan nüfusunun kayda değer bir kısmının hareketsiz kalmasına rağmen, fiziksel aktivite ve egzersiz insan yaşamı için önemli bir yer tutmaktadır. Egzersiz, homeostazi sağlamak adına birçok düzenleyici endokrin sistemin dahil olduğu bir stres modelini temsil eder (Athanasίου et al., 2022).

Kortizol, böbrek üstü bezi tarafından salgılanan, vücudun strese karşı tepkisiyle ilişkili bir hormondur. Artan egzersiz yoğunluğuna karşı HPA, aktif olan vücut yapılarını beslemek için enerji substratlarının varlığını artırmak adına kortizol salgılayarak negatif net enerji talebine tepki verir (Do et al., 2021).

Kortizol, hemen hemen tüm hayvanlarda (özellikle iskelet kaslarında), egzersiz ve açlık koşullarında hepatik glukoneogenez için ek bir glukojenik amino asit sağlanması adına protein yıkımı için hücreyi uyarır. Ayrıca kortizol, adipositlerde lipazlar tarafından yağ yıkımını tetikler, inflamatuvar yanıtları bastırır (enfeksiyon riskleri açısından zararlı olabilir), dolaşımdaki lenfosit sayısını ve göç eden makrofajları etkiler ve sitokinlerin salgılanmasını azaltarak egzersiz sonrası daha düşük bağışıklık yanıtına neden olur. Bu nedenle kortizol, farklı hücre ve dokulardaki reaktif oksijen/nitrojen türleri üretimi ve antioksidan kapasite arasındaki dengesizliklerin dayattığı fizyolojik bir durum olan egzersizle ilişkili oksidatif stresin uzamasını da modüle eder (Oliveira et al., 2022).

Bedensel ve ruhsal strese cevap olarak vücut tarafından salınan steroid bir hormon olan kortizol, immün sistem yanıtını düzenlemede önemli bir yere sahiptir (Smyth et al., 2013). Yüksek kortizol seviyeleri ile yansıyan kronik stres, yüksek kaygı, kalp-dolaşım sistemi rahatsızlıkları, depresyon ve zayıflayan immün sistem tepkisi riskleri ile ilişkilidir (Herman et al., 2016). Bu nedenle kişilerin yaşam boyu sağlıklarını yönetmeleri ve ömür boyu kendi kendini izlemeleri kortizol tespiti ve yönetimi açısından kritik ve ehemmiyetlidir (Gatti et al., 2009).

Egzersizde katabolik adaptasyonların çoğu, yapılan çalışmanın süresine, yoğunluğuna ve fiziksel uygunluk düzeyine bağlı olarak dolaşımdaki konsantrasyonu ile glukokortikoid hormon kortizol tarafından düzenlenir (Dickerson and Kemeny, 2004). Bu nedenle kortizol değerleri, yapım ve yıkım süreçleri dengesinin bir göstergesi olarak tüm fiziksel aktivitelerin etkisini değerlendirmede yararlıdır (Urhausen et al., 1995).

Gelişen ve değişen dünyada kişisel sağlığın öneminin artması, hızlı ve basit non-invaziv kortizol izleme yöntemlerinin, stres yönetimleri açısından kılavuzluk sağlaması adına büyük önem arz etmektedir. Egzersize yanıt olarak hormonal seviyelerdeki değişimleri saptamak adına en sık kullanılan yöntem kan olmasına rağmen, tükürük örnekleme gibi invazif olmayan bir yöntemle hormonal seviyelerin ölçülebilmesi daha avantajlıdır. Tükürük içeriğindeki hormonal seviyelerin tespiti, müsabakanın farklı aşamalarının normal seyrini değiştirmeden veya müsabaka sırasında sporcuların maruz kaldığı stresi artırmadan değerlendirme yapılmasına izin verme avantajına sahiptir (Vaamonde et al., 2022).

Sporcularda meydana gelen antrenman etkilerini saptamak için çeşitli fizyolojik ölçümler kullanılabilir. Bu ölçümler arasında KHD dikkat çekmektedir (Costa et al., 2022).

KHD, kardiyak otonomik aktivitenin fizyolojik durumunu belirlemek adına klinik uygulamada yaygın olarak kullanılan non-invaziv bir yöntemdir. KHD, otonom sinir sisteminin (ANS) sempatik (SNS) ve parasempatik (PNS) dalları ile normal kalp atımının modülasyonu arasındaki etkileşimi ortaya koyan, sık olarak kullanılan bir belirteçtir (Tai et al., 2022).

Normal sağlıklı bir durumda, meditasyon veya uyku gibi rahatlatıcı aktiviteler sırasında KHD artar. Buna karşılık, KHD stres durumlarında doğal olarak azalma eğilimindedir ve zindeliği, sağlığı ve stres yönetimini izlemek ve iyileştirmek için kullanılabilir (Sripanidkulchai et al., 2022).

Spor performansını geliştiren optimal çalışma seviyelerini belirlemek için gerek antrenman sırasında gerek antrenman sonrasında adaptasyon ve uyumu takip etmek için KHD kullanımını destekleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Daha iyi KHD profilleri, aerobik kapasite ve dayanıklılık performansında daha büyük gelişmelerle ilişkilendirilmiştir (Tai et al., 2022).

Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde egzersizin kortizol seviyelerini veya KHD parametrelerini nasıl etkilediği ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Sunulan bu çalışmanın da bu alanda yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Beraberinde, ne kadar kortizol seviyeleri veya KHD parametrelerinin egzersiz ile ilişkisini inceleyen çok sayıda çalışma olsa da literatür incelendiğinde birden fazla değişkeni içeren adölesan erkeklerde bireysel ve takım sporu sporcularında aerobik nitelikli egzersizin kortizol seviyeleri ve KHD parametrelerini ne şekilde etkilediğini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle farklı olan bu çalışma, konusu itibarıyla ilk olma özelliği taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, adölesan erkek bireysel ve takım sporu sporcularında aerobik nitelikli çalışmalara bağlı oluşan stres düzeyini kortizol hormonu aracılığıyla, otonom sinir sistemi göstergesi olan KHD'yi ise EKG kayıtları ile tespit ederek stres düzeyleri ile KHD parametreleri arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

Tezin problem cümlesi; adölesan erkek sporcularda aerobik nitelikli çalışmaların stres düzeyleri ve KHD parametreleri üzerine etkisi var mıdır? Bununla birlikte sunulan çalışmanın hipotezleri şu şekilde sıralanmıştır:

1. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek sporcularda kortizol seviyesi üzerinde anlamlı etkisi vardır.
2. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek sporcularda KHD parametreleri üzerinde anlamlı etkisi vardır.
3. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek bireysel sporcularda kortizol seviyesi üzerinde anlamlı etkisi vardır.
4. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek takım sporu sporcularında kortizol seviyesi üzerinde anlamlı etkisi vardır.
5. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek bireysel sporcularda KHD parametreleri üzerinde anlamlı etkisi vardır.
6. Aerobik nitelikli çalışmanın adölesan erkek takım sporu sporcularında KHD parametreleri üzerinde anlamlı etkisi vardır.
7. Adölesan erkek sporcularda kortizol seviyesi ve KHD parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.
8. Adölesan erkek bireysel sporcularda kortizol seviyesi ve KHD parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

9. Adölesan erkek takım sporu sporcularında kortizol seviyesi ve KHD parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.
10. Adölesan erkek sporcularda KHD parametrelerinin kendi içinde anlamlı bir ilişkisi vardır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. HPA ve Kortizol

Cinsiyet, eğitim, yaş gibi etkenler fark etmeksizin tüm insanlarda meydana gelen ve yaygın bir tepki olan stres, ortak bir tanımla ifade edilememekle birlikte, psikolojik veya fizyolojik faktörlerin meydana getirdiği çeşitli zihinsel ve fiziksel sorunlara karşı organizmanın verdiği tepkilerin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Kinlein et al., 2022; Ayhan, 2022; Nath et al., 2022). Başka bir tanımda, bir organizmanın refahına dönük, organizmada psikofizyolojik anormalliklere neden olan gerçek veya algılanan herhangi bir tehdit unsuru olarak tanımlanmaktadır (Kinlein et al., 2022; Ayhan, 2022).

Stres organizmada akut, kronik veya travmatik olabilse de aynı zamanda organizmada sağlığı tehdit eden veya uyaranlara karşı bilişsel değerlendirme ve fizyolojik değişiklikleri içeren psikofizyolojik bir tepkidir. Stres sonucu meydana gelen bütün etkileşimler organizmada güçlü nöroendokrin tepkileri (serbest yağ asitlerinin mobilizasyonu, artan kalp debisi ve kan basıncı, azalan büyüme ve cinsiyet hormonu seviyeleri ve azalan bağışıklık sistemi tepkisi gibi) tetikler ve bunun neticesinde stres hormonları olan testosteron, kortizol, ACTH salınımı ve biyokimyasal değişiklikler (üre, insülin, glukoz, kreatinin, billurubin vb.) meydana gelir (Coehoorn, 2022; Ayhan, 2022).

Tehdit algısını değerlendiren ve strese karşı fizyolojik, duygusal ve davranışsal tepkileri belirleyen ana organ beyindir (Dalile et al., 2022). Organizmada görülen tehdit unsuru ile maruz kalma, hem periferde hem de merkezi sinir sisteminde organizmanın durumla uygun şekilde baş etmesini sağlayan ve organizmanın potansiyel tehditlerle baş edebilmesi için daha iyi adaptasyonunu sağlayan fizyolojik değişikliklerle sonuçlanır. Strese uygun olmayan tepkiler veya zamanla strese uyum sağlayamama, bir organizmanın refahı ve hayatta kalması için önemli sonuçlara yol açarak artan allostatik yüke ve sonunda aşırı yüklenmeye yol açar (Kinlein et al., 2022).

Stres etkeninin algılanması, fizyolojik stres tepkisinin iki temel bileşeni olan sempato-adrenal medüller (SAM) eksen ve HPA eksenini harekete geçirir. SAM ekseninin aktivasyonu, kardiyovasküler aktivitenin artmasına neden olurken HPA ekseninin aktivasyonu, kortizol sekresyonunu düzenler (Dalile et al., 2022; Nath et

al., 2022). Bu eksenlerin uzun süreli ve tekrarlanan aktivasyonları, bilişsel bozulma, kardiyovasküler ve bulaşıcı hastalık ve erken yaşlanma riskini artırabilir. Yaşlanma süreciyle birlikte stresin olumsuz etkisi, zamanla beyin ve vücutta onarılamaz hasara neden olabilir. Bu nedenle, yaşlı yetişkinler, hipertansiyon ve anksiyete bozukluğu gibi stresle ilgili çeşitli rahatsızlıklara karşı daha hassastır (Nath et al., 2022).

HPA eksen, strese maruz kalmaya karşı nörodavranışsal tepkileri ve zamanla tekrar cereyan eden veya uzun süreli tehditlere uyumu koordine eden bir nöroendokrin sistemdir (Kinlein et al., 2022).

ANS, HPA eksen ve bağışıklık sistemi fonksiyonel ve anatomik olarak birbirine bağlıdır. Bu üç sistem, algılanan ve sistemik stres sinyallerine merkezi ve çevresel yanıtı koordine eder. ANS' nin hem PNS hem de SNS bileşenleri stres sinyallerine hızla yanıt verirken, HPA eksen ve bağışıklık sistemi gecikmiş ancak uzun süreli eylemlere sahiptir (Mueller et al., 2022). HPA ekseninde meydana gelen uzun süreli eylemler gen transkripsiyonundaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Kinlein et al., 2022).

Kortizol, vücudun stres sırasında böbrek üstü bezler tarafından salgılandığı glukokortikoid steroid bir hormondur (Trusso et al., 2022). Glukokortikoidler, kardiyovasküler aktivite, metabolizma, üreme fonksiyonu, enflamatuvar kontrol, bağışıklık sistemi kontrolü ve nöronal aktivite gibi bir dizi fizyolojik fonksiyonu etkiler. Bu nedenle, uzun süreli ve aşırı glukokortikoid salgılanmasının zihinsel ve fiziksel sağlık üzerinde ciddi etkileri olabilir (Haucke et al., 2022). Diüurnal salınım gösteren kortizol, günlük ortalama 5,7 mg/m² kadar yapıma uğramakla birlikte bu değer vücut kompozisyonuna, yaşa ve cinsiyete bağlı olarak değişmektedir (Esteban et al., 1991; Arlt et al., 2005). Kan basıncının düzenlenmesi, karbonhidrat metabolizması ve glikoz seviyeleri gibi belirli fizyolojik süreçlerde önemli bir rol oynar (Trusso et al., 2022).

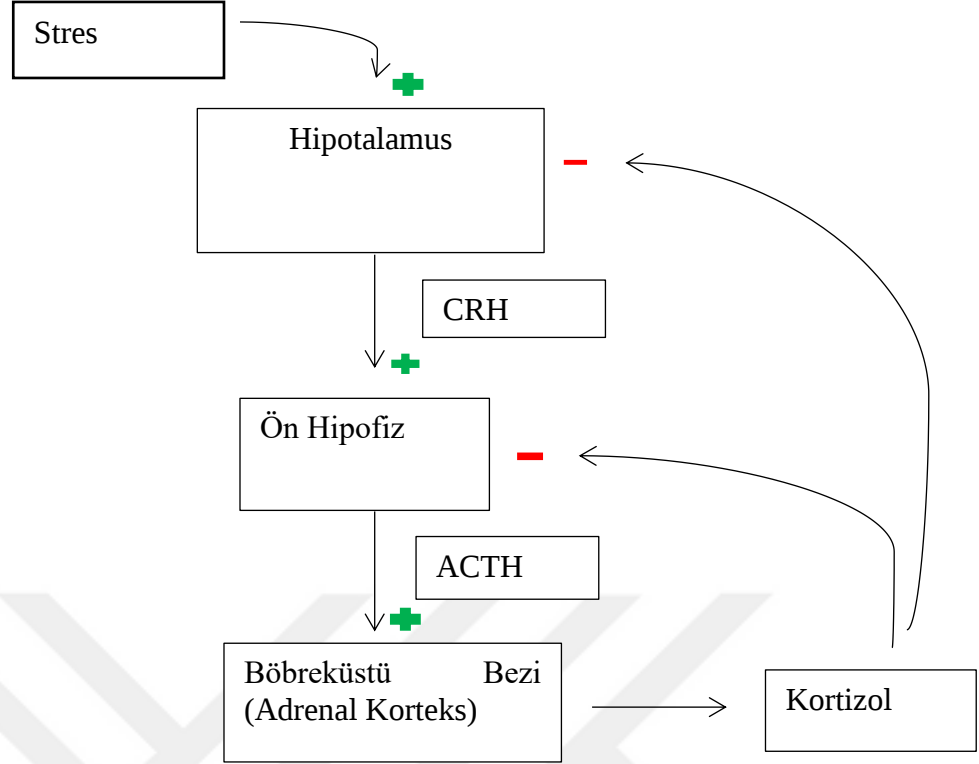
Kortizol; mitozu, antikor üretimini, DNA replikasyonunu ve IL-2 sekresyonunu inhibe ederek özellikle eozinofil, bazofiller ve lenfosit üzerinden immünsüpresif yanıt oluşturmakta böylece alerjik ve inflamatuvar hastalıkların şiddetini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Kim et al., 2013).

Günümüz dünyasında her alanda görülen stresin, çoğunlukla insan beynindeki duyuşsal ve bilişsel süreçleri düzenlediği gösterilmiştir (McEwen et al., 2015). Akut

strese maruz kalma, yalnızca katekolaminlerin salınmasına yol açan sempatik sinir sistemini değil, aynı zamanda sonunda glukokortikoidlerin (insanda kortizol) salgılanmasına neden olan HPA ekseninin de aktivasyonunu sağlar. Katekolaminler beyni çabuk bir şekilde kişiyi savaş ya da kaç tepkisine hazırlayan aşırı uyanık bir duruma getirirken, glukokortikoidlerin ilk stres yanıtının düzenlenmesine önemli ölçüde katkı sağlar ve stresin ardından homeostaziye dönüşü destekler (Hermans et al., 2014). Kortizol, sırasıyla hücre zarlarında ve sitoplazmada bulunan mineralokortikoid ve glukokortikoid reseptörlerine bağlanarak hızlı, genomik olmayan ve yavaş genomik etkilere neden olabilir. Genomik olmayan etkiler, kortizol seviyeleri yükseldiği müddetçe etki gösterirken, genomik etkilerin başlaması en az 60 dakika sürer ve birkaç saat devam eder (Hermans et al., 2014). Kortizol öncelikle bilişsel duygu düzenlemesi için kritik öneme sahip olan limbik ve prefrontal yapılar üzerinde hareket eder (Langer et al., 2022).

Organizma strese maruz kaldığında stres tepkisine, merkezi ve çevresel bileşenleri içeren bir sistem aracılık eder. Stres sisteminin ana merkezi bileşenleri, ana kahramanlar olarak hipotalamik kortikotropin salgılatıcı hormon (CRH) ve arginin vazopressin (AVP) nöronları ile hipotalamik-kortikotrop (hipofiz) eksen ve locus caeruleus'tur (LC). Stres tepkisi sırasında, AVP ve CRH, hipotalamik paraventriküler çekirdeklerde sentezlenir, hipofiz portal sistemine salgılanır, ön hipofiz lobuna ulaşır ve burada adrenokortikotropik hormonun (ACTH) sistemik salgılanmasına yol açar (Athanasίου et al., 2022). Uyarılan ACTH salınımı, adrenal bezlerin medulla kısmından epinefrin ve norepinefrin, korteks kısmından glukokortikoidlerin (kortizol) salgılanmasını sağlar (Karataş, 2021). Glukokortikoidler, sırasıyla CRH nöronu ve eozinofilik ACTH üreten kortikotrop hücre yoluyla hipotalamik ve hipofiz seviyesinde negatif bir geri besleme döngüsü uygular (Athanasίου et al., 2022).

Stres altında beyinde bulunan locus caeruleus, omurilikte sempatik preganglionik nöronlar üzerindeki $\alpha 1$ -adrenoreseptörleri aktive ederek sempatik aktiviteyi artırırken, preganglionik parasempatik nöronlar üzerindeki $\alpha 2$ -adrenoreseptörlerini aktive ederek parasempatik aktiviteyi azaltır (Athanasίου et al., 2022).



Şekil 2.1. Kortizol salınım mekanizması

Kortizol seviyesi gün içerisinde aynı düzeyde kalmayıp uyku-uyanıklık hali, yaş ve cinsiyetten etkilenecek, 24 saatte bir tekrar eden ritim gösterir. Gün içerisinde meydana gelen bu dalgalanma, HPA eksen reaktivitesinin açık bir göstergesidir (De Nys et al., 2022). Kortizolün bilinen bu sirkadiyen ritmi organizmalar arasındaki günlük kortizol ritimleri şeklindeki önemli değişkenlik ve yine öneme sahip bireysel farklılıklar, farklı çalışma bulgularını karşılaştırmak için araştırmalarda ölçüm tutarlılığına duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (De Nys et al., 2022).

Normal gündüz aktivitesi ve gece uykusu olan sağlıklı bireylerde, kortizol sabah uyandıktan sonra 30-60 dakika içerisinde en yüksek seviyesine ulaşırken gece yarısı en düşük seviyelere ulaşır. Başka bir değerlendirmeye göre tükürükte bulunan kortizolün en yüksek değeri uyandıktan 45 dakika sonra, en düşük değeri ise sabah uyandıktan 12 saat sonra ölçülmektedir. Kortizol hormonunun %90-93'lük kısmı transkortin ya da albümin proteinlerine bağlı olarak taşınırken (total kortizol), %7-10'luk kısmı serbest kortizol olarak bulunmaktadır. Kortizol hormonunun serbest kısmı tükürük, saç teli, idrar, ter gibi vücut kısımlarına dağılır. Tükürükte bulunan kortizol örneğiyle uzun süreli stres değerlendirilebilmekte olup, ölçümün serbest kortizol düzeyini en iyi yansıtan matris olması ve non-invaziv olması sebebiyle

kortizol seviyesini değerlendirmede etkili bir yöntem olarak kullanılmakta ve içinde en yüksek kortizol konsantrasyonunun bulunduğu, ancak invaziv bir yöntem olan kan testinin tekrarlanmasına gerek duyulmamaktadır (Trusso et al., 2022; Karataş, 2021).

Kortizol genellikle HPA ekseninin düzensizliğini belirtmek için bir biyobelirteç olarak kullanılır, yorgunluğu ve uyku düzensizliğini tetikler, depresyona sebebiyet verir, kanser nüksü ve kardiyovasküler kaynaklı ölümlerle de ilişkilendirilir (De Nys et al., 2022).

2.2. Egzersiz ve HPA İlişkisi

İnsan nüfusunun kayda değer bir kısmının hareketsiz kalmasına rağmen, fiziksel aktivite ve egzersiz insan yaşamı için önemli bir yer tutmaktadır (Athanasiou et al., 2022). Son yıllarda giderek daha popüler hale gelmiş ve fitness veya boş zaman eğlencesi trendinden daha fazlası olmuştur (Becker et al., 2021).

Egzersiz, insan vücudunun çoğu sisteminin (solunum, kardiyovasküler, bağışıklık, kas-iskelet sistemi, endokrin) dahil olduğu ve adaptasyon yoluyla allostasise ulaştığı bir stres durumudur. Egzersiz sırasında homeostaz, HPA eksenini, büyüme hormonu olan Growth hormon (GH) ve prolaktin (PRL) gibi hormonlar dahil birçok düzenleyici hormonal sistem tarafından kontrol edilir (Athanasiou et al., 2022).

Sporcular çoğunlukla antrenman veya yarışmalar sırasında aşırı fiziksel strese maruz kalırlar ve bu stresli ve zorlu rekabet ortamlarına yönelik öznel tepkileri dinamik ve karmaşıktır (De Pero et al., 2021; Csöndör et al., 2022). Sporcuların karşılaştığı yoğun fiziksel ve zihinsel stres, HPA ekseninin aktivasyonu dahil olmak üzere adapte olabilen birçok mekanizmayı tetikler. Endojen (gonadal ve adrenokortikal) steroidlerin dolaşımdaki konsantrasyonlarındaki değişiklikler, bu maddeleri antrenman ve stres toleransına yanıtın aday biyobelirteçleri haline getirir (Csöndör et al., 2022).

Uzun süreli egzersiz sresinin (1 saatten fazla) daha fazla artmasından kaynaklı organizmanın verdiği hipoglisemi veya dehidrasyon gibi yanıtlar, bilişsel performansın azalması ve merkezi sinir sistemi yorgunluğuyla ilişkilendirilmiştir. Bu da kısmen, akut fiziksel egzersizin fizyolojik, psikolojik ve fiziksel seviyeleri etkileyen HPA ekseninin aktivasyonuna bağlı olarak organizmanın strese verdiği tepkilerin bir aktivatörü olarak çalıştığı gerçeğinden kaynaklanmaktadır ve

dolaşımdaki kortizol konsantrasyonlarında önemli bir artışa neden olmaktadır (Bermejo et al., 2022).

Hormonal tepkiler, fizyolojik homeostazın sürdürülebilmesi için egzersiz ve fiziksel aktivite sebebiyle bozulan hormonal dengenin korunması adına önem arz etmektedir (Bogdanis et al., 2022).

Endojen hormonlar (kortizol gibi), fiziksel aktivite ya da egzersiz sırasında ve sonrasında, toparlanma sırasında hücrel metabolizmanın düzenlenmesinde önemli bir rol oynar ve fiziksel aktivite ve egzersizle indüklenen akut veya kronik adaptif tepkileri aktive etmek için gereklidir (Czuba et al., 2022).

Çoğu durumda daha çok bir sağlık eğitimi ve bu nedenle rehabilitasyon ve önleme programlarının bir parçası olan egzersiz ve fiziksel aktiviteyle desteklenen aktif bir yaşam tarzı, hastalıkların önlenmesi (tip II diyabet, inme veya yüksek tansiyon gibi), sağlığın teşviki ve iyilik halinin geliştirilmesi için etkili bir strateji olarak öne çıkmaktadır. (Becker et al., 2021; Csöndör et al., 2022; Morucci et al., 2022). Yapılan çalışmalara bağlı artan kanıtlar, egzersizin veya fiziksel aktivitenin vücudun organik koşullarını iyileştirdiğini ve fonksiyonel kapasiteyi koruduğunu göstermektedir (Morucci et al., 2022). Bununla birlikte egzersizin zihinsel sağlık ve bilişsel işlevsellik üzerinde yararlı bir etkisi vardır, ancak altında yatan kesin mekanizmalar büyük ölçüde bilinmemektedir (Jennen et al., 2022). Ayrıca düzenli fiziksel aktivitenin, stres yönetimi açısından önemli katkıları olduğu da bilinmektedir (De Nys et al., 2022).

Düzenli spor veya egzersiz, stresörlere duyarlılığın azalmasına yol açan adaptasyonlarla sonuçlanabilmektedir. Çok sayıda çalışma, düzenli egzersizin stres tamponlayıcı etkilerini (hem hipotalamik hem de otonomik yollar) göstermektedir (Popovic et al., 2022).

Sağlık üzerindeki olumlu etkilerin başlatılması için gerekli olan minimum haftalık fiziksel aktivite hacmi, 150 dakikalık orta yoğunlukta dayanıklılık egzersizi veya 60-75 dakikalık şiddetli aktivite veya her ikisinin bir kombinasyonudur. Tüm egzersiz türleri, farklı sistemlerin homeostazına meydan okuyan fiziksel stres faktörlerini temsil eder. Bu meydan okuma, tek bir egzersiz seansından sonra (akut egzersiz) veya rutin/tekrarlayan/uzun süreli/düzenli bir şekilde (kronik egzersiz) gerçekleşebilir. Egzersize verilen stres tepkileri, yoğunluğa (düşük-orta-yüksek),

süreye (kısa-orta-uzun) ve egzersiz türüne (aralıklı veya sürekli) bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir ve bu da etkilenebilecek farklı allostaz seviyelerine yol açar (Athanasίου et al., 2022).

Egzersiz HPA eksenini uyarır. Stresle indüklenen CRH, β -lipotropin ve β -endorfin gibi hipofizdeki proopiomelanokortin (POMC)'den türetilen peptitlerin periferindeki artışın yansıttığı gibi, hipofizdeki POMC' yi uyarır. β -Endorfin stres sistemini ve ayrıca hipotalamus-hipofiz-gonadal eksenini inhibe ederken, arka beyin ve omuriliğe yükselen uyarıların inhibisyonu yoluyla analjeziyi destekler. Egzersiz yoğunluğu ve süresi, egzersize verilen HPA eksenini yanıtını belirler. Kortizol ve ACTH'nin plazma konsantrasyonları, egzersiz nöbetleri arasında normalleşse de, egzersiz daha kısa bir iyileşme döneminden sonra tekrarlandığında HPA eksenini aktivitesi artar. Ayrıca, glukokortikoidler, egzersiz sırasında vasküler fonksiyonu ve tepkiyi düzenlerken, kaslar için metabolik substratların mevcudiyetini artırır. Bununla birlikte, immün/inflamatuvar reaksiyonu kontrol ederek egzersize bağlı kas hasarının şiddetini azaltır (Athanasίου et al., 2022).

Yapılan çalışmalarda araştırmacılar, egzersizin psikolojik stresörlere verilen fizyolojik tepki üzerindeki etkilerini karakterize etmek için, bir tür stresör olan fiziksel egzersize tekrar tekrar meydan okumanın, fizyolojik stres sistemini benzer olmayan stresörlere karşı alıştırabileceğini veya duyarlılaştırabileceğini ortaya koydular (Caplin et al., 2021).

Yapılan başka bir çalışmada, yüksek antrenmanlı atletlerdeki bazal akşam ACTH ve kortizol konsantrasyonları, sedanter deneklere ve orta derecede antrenmanlı koşuculara kıyasla yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, HPA ekseninin düzenli egzersize bağlı aktivasyonu, özellikle yüksek düzeyde eğitilmiş dayanıklılık koşucularında hafif bir bazal hiperkortizolemi ile sonuçlandığını göstermektedir. Ayrıca ilginç bir şekilde, bu eğitilmiş koşucularda, tek bir dayanıklılık egzersizini takiben kortizol tepkisi, bu egzersiz koşulunda beklenen konsantrasyonlardan daha düşüktür ve bu, egzersizin kronik olarak tekrarlanan stres etkenine karşı adaptif mekanizmaların gelişimini düşündürmektedir (Athanasίου et al., 2022).

2.3. Kalp Atım Hızı Değişkenliği

Kalp, kalp odaları arasındaki uyum, kalp atış aralıklarındaki değişimler ve gün boyunca değişen dinlenme kalp atış hızı dahil olmak üzere bir dizi fizyolojik ritimle atar (Shanks et al., 2022). KHD, birbirini izleyen kalp atışları arasındaki zaman aralığındaki değişikliği temsil eder (Forte et al., 2022).

Başka bir ifade ile KHD, kardiyak döngülerin süresindeki fizyolojik varyasyon olarak tanımlanabilmektedir (Garavaglia et al., 2021).

Genel olarak KHD, hormonal, kimyasal ve nöral modülasyonlar, sirkadiyen değişiklikler, egzersiz, duygular, duruş ve ön yük gibi birçok faktörden etkilenir. Değişen faktörlere kalp atış hızı (HR) adaptasyonu, çeşitli düzenleyici alt sistemlerin aktivitesi ile gerçekleştirilir ve yaş ve patolojik koşullarla değişen karmaşık doğrusal ve doğrusal olmayan bir zaman davranışıyla sonuçlanır (Garavaglia et al., 2021).

HR'yi kısa süreli aralıklarla etkileyen ANS, SNS ve PNS olmak üzere iki farklı bileşene ayrılır. "Hızlı yanıt" sistemi olarak bilinen SNS, yüksek aktivite ve stresli durumlarda baskındır ve uyarılması, kalp hızında bir artışa neden olur. "Rahat yanıt" sistemi olarak bilinen PNS, sessiz ve rahatlatıcı durumlarda baskındır ve kalp hızında bir azalma ile ilişkilidir. Sağlıklı bireylerde, fizyolojik otonomik fonksiyonda düzenleyici dengeyi korumak için iki sistem birlikte çalışır (Pham et al., 2021).

İki ANS sisteminin nöral katkılarına ek olarak, HR'nin kısa vadeli periyodik değişimleri, kan basıncının homeostatik seviyesini korumak için çalışan mekanik bir sensör olan baroreseptörlerin döngüsel aktivasyonundan da etkilenir. Kan basıncında bir artış olduğunda, baroreseptörler HR'yi azaltmak ve kan damarlarının çapını arttırmak için ateşlenir, bu da daha sonra kan basıncını normale döndürür. Tansiyon düştüğünde ise tam tersi bir etki görülür. Vücudun kan basıncını düzenleme yeteneğine barorefleks denir. Barorefleks ne kadar güçlü olursa, HR'miz sabit bir kan basıncı seviyesini korumak için o kadar sık ayarlanır. Bu nedenle, daha güçlü bir barorefleks, daha büyük HRV ile ilişkilidir (Pham et al., 2021).

Karmaşık ve sürekli değişen bir HR, ani çevresel ve psikolojik zorluklara etkili bir şekilde uyum sağlayabilen sağlıklı düzenleyici sistemlerin bir göstergesidir. Bu nedenle, azalmış KHD yalnızca kötü kardiyovasküler sağlık sonuçları ve bir dizi vasküler hastalık ile değil, aynı zamanda farklı zihinsel bozukluklar ve bilişsel bozukluklarla da ilişkilendirilmektedir (Pham et al., 2021). Ayrıca azalmış KHD,

nispeten yüksek sempatik aktivasyonu işaret eder. Aynı zamanda kronik stres, enerji rezervlerinin tükenmesi ve otonomik dengesizliğin bir işaretidir. Nispeten yüksek KHD, adaptif bir organizmayı, optimal enerji rezervlerini ve iyi bir otonomik kontrol mekanizması durumunu yansıtır (Graessler et al., 2021).

KHD, kalbe otonomik girdinin hassas, non-invaziv bir ölçümü olarak kabul edilir. Hem SNS hem de PNS dallarda ANS aktivitesinin ölçümlerini sağlayabilir. Otonomik kontrolle ilgili sistemler (periaqueductal grey, amigdala, insular ve anterior singulat korteksler, prefrontal korteks ve soliter traktusun çekirdeği gibi) ağrı algısı ile ilgili olanlarla sıkı bir şekilde bağlantılı olduğundan, KHD güvenilir bir sistem olarak kabul edilebilir (Forte et al., 2022).

KHD, kan basıncının sabit bir seviyede kalmasını sağlayan organizmanın homeostatik mekanizmalarından biri olan barorefleks aktivitesinin bir indeksi olarak görülür. KHD aynı zamanda kronik ağrı gelişimi ve idamesinde ilgili bir faktör olan endojen ağrı modülasyonu (EPM) ile de ilişkilidir. Aslında, EPM uyarma-inhibisyon dengesine bağlıdır ve KHD, bu nörovisseral ağlarda yer alan inhibitör süreçlerin bir indeksi olarak kullanılabilir (Forte et al., 2022).

KHD, kalp iletim sistemi tarafından üretilen elektriksel aktiviteyi temsil eden elektrokardiyografik sinyaller kullanılarak ölçülür (Mejía-Mejía et al., 2021). Genel olarak, uzun süreli KHD, 24 saatlik bir EKG'den ve kısa süreli KHD, 5 dakikalık bir EKG'den türetilir. Uzun süreli kayıt konjestif kalp yetmezliği, mitral yetersizliği ve mortalite gibi fizyolojik durumları analiz etme potansiyeline sahipken kısa vadeli KHD daha popüler hale gelmektedir, çünkü uzun vadeli KHD'yi günlük yaşamda ölçmek zor olmaktadır (Kim et al., 2021).

KHD'yi elde etmenin bilinen en yaygın yöntemi, KHD kaydı veya RR takogramı olarak adlandırılan bir zaman serisi oluşturmak için ardışık R dalgaları arasındaki zaman aralıklarının ölçüldüğü bir elektrokardiyografik kayıttır (del Valle-Mondragón et al., 2022). KHD'nin, EKG'de ardışık R-dalgaları arasındaki zamanı ölçtüğü bilinmektedir (Schaffarczyk et al., 2022). Başka bir deyişle, her RR aralığı, EKG sinyali üzerindeki QRS kompleksinin ardışık R tepe noktaları arasında geçen süreyi temsil eder (Uçak et al., 2021). KHD, frekans alanı, zaman alanı ve doğrusal olmayan ölçümler kullanılarak farklı metriklerle tanımlanabilir. Bunlar: Max. R-R,

Min. R-R, AVRR, SDNN, MSD, RMSSD zaman alan ölçümleri ve; ULF, VLF, LF ve HF frekans alan ölçümleridir (Schmaußer et al., 2022).

Zaman alanı analizi, varyasyonun büyüklüklerini nicelleştirir. Örneğin, küresel bir KHD metriği olan normalden normale aralıkların standart sapması (SDNN), farklı popülasyonlarda kardiyovasküler riskin prognostik bir göstergesi olarak sıklıkla kullanılır. Frekans alanı analizi, EKG sinyallerinin ritimlerini farklı frekanslara bölmek için kullanılır. EKG frekansları, yalnızca kardiyak otonomik sistem tarafından modüle edilen içsel öğelerle ilişkili olabileceğinden, bu analiz kardiyak kontrolün daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. Güç spektral yoğunluğu (PSD), KHD sinyal gücünün frekans üzerinden dağılımını tahmin etmek için kullanılan standart yöntemdir. HF bileşenler esas olarak parasempatik aktivite gösterir. Ancak, LF bileşenler konusunda bir anlaşmazlık vardır. Bazı çalışmalar, LF'nin normalize edilmiş birimlerde ifade edildiğinde sempatik modülasyonun kantitatif bir belirteci olduğunu öne sürdü, ancak diğer çalışmalar LF'yi esas olarak barorefleks tarafından aracılık edilen hem sempatik hem de vagal aktivitenin bir yansıması olarak görüyor. Bu nedenle, LF/HF oranı, ya sempatovagal denge ya da sempatik modülasyonlar için bir tespit indeksi olarak kabul edilir. KHD'nin frekans içeriğini analiz etmek için geleneksel PSD'nin yanı sıra, yüksek dereceli spektral analiz ve dalgacık analizi gibi başka frekans alanı yöntemleri de kullanılır. Doğrusal olmayan KHD, rastgelelik ve kendine benzerlik ile ilgili kalp atışı zaman serilerinin dinamik dizilerini yakalar. Lineer olmayan dalgalanmaların elektrofizyolojik, hemodinamik ve hümorale değişkenlerin yanı sıra otonomik ve merkezi sinir regülasyonunun etkileşimlerinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Qin et al., 2021).

2.4. Egzersiz ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi

Düzenli fiziksel aktivite, kardiyovasküler hastalıklar ve erken ölüm riskini azaltır ve kardiyovasküler sağlığı ve ANS'nin işlevsel durumunu olumlu yönde etkiler. Özellikle aerobik antrenman, kardiyovasküler hastalık risklerini azaltmak ve parasempatik aktiviteyi arttırmak için en uygun form olarak tanımlanmıştır (Graessler et al., 2021).

Çevresel ve davranışsal faktörler KHD'yi etkilemektedir. KHD, zindelik, yorgunluk ve performanstaki değişikliklere duyarlı olduğu için spor alanında yararlı bir ölçüm olarak kullanılmaktadır. Egzersiz, dengeli beslenme, farkındalık veya

psikolojik müdahaleler gibi sağlıklı alışkanlıkların vagal işlevi indeksleyen KHD ölçümlerini arttırdığı gösterilmiştir. Ek olarak, yaş veya cinsiyet gibi değiştirilemeyen faktörler de kalbin otonomik regülasyonunu etkilemektedir; KHD'nin yaşla birlikte giderek azaldığı görülmektedir (Hernández-Vicente et al., 2021).

KHD ölçümleri tıbbi ve spora özgü ortamlar dahil olmak üzere çok çeşitli uygulama alanlarını kapsar. Burada, çalışmalar KHD'yi temel olarak fiziksel egzersiz ve antrenman izleme amaçları bağlamında ve antrenman sürecinin optimizasyonu için uygulamaya alır. R-R aralıklarının ölçümü ve KHD'nin değerlendirilmesi için altın standart ölçü EKG'dir (Schaffarczyk et al., 2022).

KHD, vücut üzerindeki strese kardiyovasküler yanıtı anlamada çok yararlıdır. Akut egzersizin stresini, egzersiz eğitimine bağlı olarak ANS'deki değişiklikleri değerlendirmek için kullanılabilir ve aşırı egzersiz veya aşırı uzanmanın bir belirteci olarak kullanılabilir (Hinde et al., 2021).

Parasempatik aktivitedeki görülen azalma, egzersiz veya aktivitenin taleplerini desteklemek için sempatik aktivitenin aktivasyonu yoluyla HR üzerinde daha büyük bir etki sağladığından, bir kişi fiziksel bir strese maruz kaldığında KHD'de (vagal geri çekilme) bir azalma meydana gelebilir. Bilişsel performansla ilgili olarak, azalan vagal kontrol, değişen taleplere ve ortamlara dinamik olarak yanıt verme yeteneğinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu yanıt daha sonra olası seçenekler yelpazesini azaltır ve bireyin uygun yanıtlar üretme ve uygun olmayanları önleme yeteneğini sınırlar (Hinde et al., 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

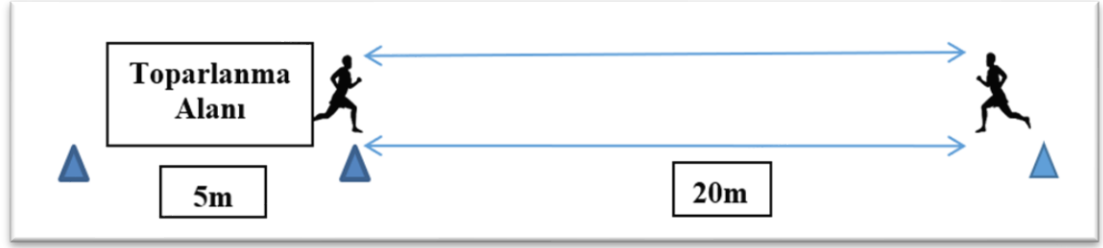
3.1.1. Araştırma Grubu

Çalışmaya aktif spor yaşantılarını sürdüren erkek takım (n:15, basketbol, futbol ve beyzbol) ve bireysel sporcular (n:10, judo ve atletizm) ile sedanter (n:15) sağlıklı gönüllüler katıldı. Çalışmaya katılan sporcuların yaş ortalaması $14,88 \pm 2,22$ yıl, boy uzunluğu ortalaması $170,8 \pm 8,15$ cm, VKİ ortalaması $20,51 \pm 2,25$ kg/m²; sedanterlerin yaş ortalaması $13,6 \pm 1,56$ yıl, boy uzunluğu ortalaması $154,89 \pm 6,25$ cm, VKİ ortalaması $19,58 \pm 2,81$ kg/m² olarak tespit edildi.

Çalışmaya başlamadan önce Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2021/170 karar numarası ile izin alındı (EK 1.).

3.1.2. Kullanılan Ekipmanlar

Aerobik kapasite ölçümü için Yoyo testi kullanıldı (Şekil 3.1.). Yoyo testi, şeritler arası mesafe, koşular için 20 metre, dinlenme için 5 metredir. Denekler orta sıradaki koninin arkasından cd'den gelen komutla 20 metre mesafeyi koşmaya başlarlar. Denekler son sıradaki koniye ulaştıktan sonra cd'den gelen bip sesiyle geri dönerek çıkış noktasına gelirler. Deneklerin sonraki her 20 metrelik gidiş dönüş başlamadan önce 10 saniye aktif dinlenme zamanları vardır. Aktif dinlenme esnasında denekler üçüncü koninin etrafında yürüyerek veya jogging yaparak çıkış noktasına tekrar gelmek zorundadırlar. Test süresince belli aralıklarla gidiş dönüş hızı artırılır. Bu artırımlarla test devam ederken, eğer denekler istenilen zamanda gidiş dönüşü tamamlayamazlarsa bir ihtar alırlar. İkinci başarısızlıklarında veya testi yarıda bırakmaları durumunda testten çıkarılırlar ve ulaşılan maksimum mesafe sonuç olarak kaydedilir.



Şekil 3.1. Aerobik kapasite ölçümü için kullanılan Yoyo testi

Çalışmada deneklerden alınacak tükürük örnekleri için 1,5 ml’lik eppendorf tüpler kullanıldı (şekil 3.2.). Deneklerin kolay anlayabilmesi ve deney sürecinin yönetiminin daha kolay sürdürülebilmesi için kullanılacak olan eppendorf tüplerin üzerine yapışkan etiketler yapıştırıldı. Hangi sürelerde ve hangi sıra ile numune alınacağına dair bilgiler bu etiketler üzerine yazıldı.



Şekil 3.2. Tükürük örneklerinin toplanılması için kullanılan eppendorf tüp

KHD parametrelerini tespit etmek için Yoyo test, öncesi ve sonrası, TLC-5000 holter kullanılarak 5 dakika EKG kayıtları alındı. TLC-5000 holter, 4 adet el ve ayak derivasyonları içerir. Bu 4 adet el ve ayak derivasyonları ölçüm yapılacak kişinin sağ el bileği, sol el bileği, sol ayak bileği ve sağ ayak bileğine birer adet bağlanarak ölçüm alınır.



Şekil 3.3. KHD parametrelerini tespit etmek için kullanılan TLC-5000 holter

Ölçülen KHD parametreleri aşağıda belirtilmiştir.

Zaman bağımlı parametreler:

- Max. R-R (ms) - İki normal kalp vuruşu arasındaki maksimum çevirim uzunluğu
- Min. R-R (ms) - İki normal kalp vuruşu arasındaki minimum çevirim uzunluğu
- AVRR (ms) - İki normal kalp vuruşu arasındaki ortalama çevirim uzunluğu
- SDNN (ms) - İnceleme boyunca bütün RR aralıklarının standart sapması
- MSD (ms) - Ardışık RR aralıkları arasındaki farkın aritmetik ortalaması
- RMSSD (ms) - Ardışık RR aralıkları arasındaki farkın karekökünün aritmetik ortalaması
- PNN50 (%) - Ardışık RR aralıkları arasındaki farkın 50 milisaniyenin (ms) üzerinde olduğu aralık sayısının toplam RR aralığı sayısına oranı

Frekans bağımlı parametreler:

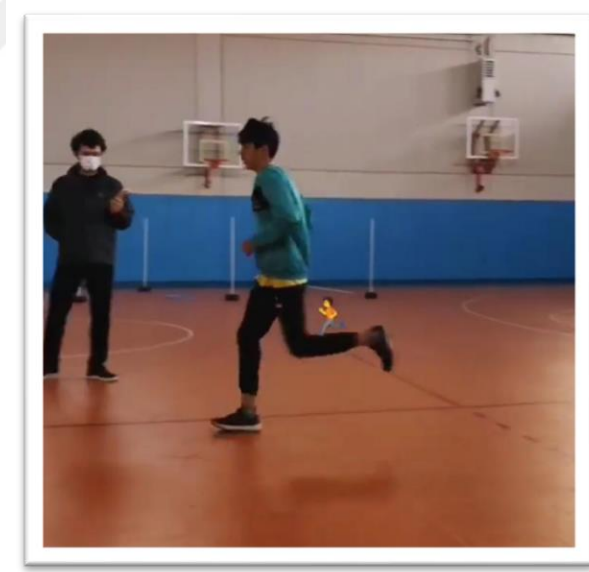
- ULF (ms*ms) - Ultra düşük frekans bandının mutlak gücü ($\leq 0,003$ Hz)
- VLF (ms*ms) - Çok düşük frekans bandının mutlak gücü (0,0033–0,04 Hz)
- LF (ms*ms) - Düşük frekans bandının mutlak gücü (0,04-0,15 Hz)
- HF (ms*ms) - Yüksek frekans bandının mutlak gücü (0,15-0,4 Hz)

3.2. Metot

3.2.1. Yoyo Test Protokolünün Uygulanması

Deneklere çalışma ile ilgili bilgiler 2 hafta (14 gün) önceden bildirildi. Çalışmaya katılan denekler ile bilgi ve iletişim ağının kurulması için bir mesajlaşma grubu oluşturuldu. Tüm deneklere ölçümün yapılacağı gün (saat 12.00-14.00), ölçüm öncesinde herhangi bir ilaç kullanmamaları ve rutin aktiviteler dışında herhangi bir egzersiz yapmamaları hususunda bilgi verildi. Tüm ölçümlerin günün aynı saat aralığında ve aynı fiziki ortam şartlarında yapılmasına dikkat edildi.

Tüm denekler test öncesi tükürük örneklerini verdikten ve EKG ölçümlerini aldırdıktan sonra test protokolüne uygun bir şekilde önceden hazırlanmış alanlarda teste tabi tutuldular. Her bir denek için testin bitiminin ardından nabızı en üst seviyedeyken dinlenmesine imkan verilmeden, test sonrası ölçümlerinin yapılması için EKG cihazı ve denekler için etiketlenmiş eppendorf tüpler hazır bir şekilde bekletildi.



Şekil 3.4. Yoyo testinin adölesan erkeklere uygulanışı

3.2.2. Kortizol Salınımının İncelenmesi İçin Numunelerin Toplanması

Test öncesi (TÖ) ve test sonrası (TS) şeklinde her bir denek için yazılan 2 adet etiket eppendorf tüplerin üzerine yapıştırıldı ve tüpler muhafaza edileceği paketlere konuldu. Çalışma günü her bir denek için testin hemen öncesinde kendileri için

hazırlanmış eppendorf tüplere örnekler alındı ve tükürüklerin formu bozulmadan soğuk havada muhafazaya alındı. Aynı işlemler denekler teste tabi olduktan hemen sonra tekrar yapıldı ve test sonrası tükürük örnekleri de formu bozulmadan soğuk havada muhafazaya alındı. Tüm işlemler her bir sporcu ve sedanter bireyler için tek tek uygulandı. Numuneler transfer aşamasında formunu koruması için ısı yalıtımına sahip olan köpük içerisinde kuru buz yardımıyla analiz edilecek laboratuvara gönderildi.

3.2.3. Kortizol Analizi

İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı laboratuvarına analiz edilmek için gelen tükürük numuneleri ELISA (enzym-linked immunosorbent assay) yöntemi ile analiz edildi.

90 dakika süren ELISA yönteminde gerçekleştirilen işlemler özetlenmiştir:

1. Kuyucuklar kortizol: BSA konjugatı ile kaplandı.
2. Kuyucukların kaplanmayan alanlarını bloke etmek için %1'lik BSA solüsyonu kullanıldı.
3. Kuyucuklara standart / numune belirlenen miktarlarda pipetlendi.
4. Daha sonra tüm kuyucuklara kortizol antikoruna belirlenen konsantrasyonda pipetlendi.
5. Plak 45 dakika boyunca 37 °C'de inkübe edildi.
6. İnkübasyonun ardından bağlanmayan kortizol / antikorları uzaklaştırmak için plak 4 kez yıkandı ve kağıt havluya hafifçe vurularak kurutulması sağlandı.
7. Tüm kuyucuklara kortizol antikoruna bağlanabilen biyotinle işaretlediğimiz AntiRabbit IgG antikorları belirlenen konsantrasyonda pipetlendi.
8. Plak 30 dakika boyunca 37 °C'de inkübe edildi.
9. İnkübasyonun ardından aynı şekilde yıkama işlemi tekrarlandı.
10. Tüm kuyucuklara biyotinli antikora bağlanması için streptavidin peroksidaz belirlenen konsantrasyonda pipetlendi.
11. Plak 15 dakika +4 °C'de inkübe edildi.
12. İnkübasyonun ardından aynı şekilde yıkama işlemi tekrarlandı.

13. Tüm kuyucuklara tetrametilbenzidin içeren substrat solüsyonları pipetlendi. Renk oluşumunun tamamlanması için 15 dakika oda ısısında inkübe edildi.
14. Tüm plaklara H₂SO₄ içeren stop solüsyonu pipetlendi. Oluşan sarı renk bekletilmeden 450 nm’de plak okuyuculu spektrofotometrede (Biotek, Synergy HT, ABD) okundu.
15. Standart eğriler Gen 5 bilgisayar programı ile oluşturuldu ve konsantrasyonlar bu standart eğriye göre belirlendi.

3.2.4. EKG Ölçümünün Alınması

Denek için rahatsızlık hissi uyandırmayan, ağrı ya da acı vermeyen bir uygulama olan EKG ölçüm işleminin, uygulama öncesinde sürülen özel jelin soğukluk hissi uyandırabileceği bilgisi verildi. İşlem yapılmadan önce deneğin rahat bir zeminde sırt üstü yatması, üzerinde bulunan tüm takılar ile metal eşyaları çıkarması ve el bilekleri ve ayak bilekleri açıkta kalması sağlandı. Ölçüm işlemini yapacak elektrot adı verilen diskler, deneğin bileklerine yerleştirildi (Her ölçümden önce diskler kuru ve hafif nemli peçeteler yardımıyla temizlendi). Kayıt işleminin daha net olmasını sağlamak amacıyla yerleştirme işlemi öncesinde ciltte elektriksel ölçüm aktivitesini etkileyecek ya da bozacak yağ, krem, ter, kan gibi kir benzeri maddelerin varlığı kontrol edildi ve ölçümü etkileyecek herhangi bir maddenin varlığı söz konusu olduğunda alkol içerikli özel temizleyici veya sabun ile temizlendikten sonra özel EKG jeli sürüldü. Çekim sırasında istemli ya da istemsiz hareketler elektrotların kaymasına sebep olacağı için denek hareket etmemesi, konuşmaması sadece normal şekilde nefes alıp verişlerini devam ettirmesi hususunda uyarıldı.

Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra deneğin vücuduna yapıştırılan elektrotlar çıkarılarak jel kalıntıları vücuttan temizlendi. Her bir denek için ayrı ayrı yapılan ölçümlerden elde edilen veriler bilgisayar üzerindeki sisteme kaydedilerek işlem sonuçlandırıldı.



Şekil 3.5. EKG ölçümünün adölesan erkeklere uygulanışı

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Farklı çalışmalarda ortalama ve standart sapmalar incelenmiş ve denek sayısını belirlemek için yapılan power analiz neticesinde, kortizol tahmini ortalaması 3,5 nmol/L, standart sapması 1,8, tip I hata 0,05 ve Tip II Hata 0,20 (güç 0,80) olarak alındığında, her grupta en az 8 denek olması gerektiği güç analizi ile hesaplandı. Sporcuların tükürük kortizol düzeylerine ait tanımlayıcı istatistiksel bulgulara frekans analizi kullanılmıştır. Tükürük örneklerinin ve KHD bulgularının normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Veriler logaritmik dönüşüm yaptırılarak normalleştirilmiştir. Bireysel ve takım sporcularına ait verilerde farklılık olmamasından dolayı gruplar sporcu ve sedanter olarak analiz edilmiştir. Gruplar arasında verilerin karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Veriler arasındaki korelasyon pearson analizi ile incelenmiştir. Yapılan bütün istatistiksel işlemlerde SPSS v.20 (IBM USA) yazılımı kullanılmıştır. İstatistiksel olarak $p < 0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Sunulan çalışmada farklı gruplardaki adölesan erkeklerin tanımlayıcı istatistiksel bulguları tablo 1, tablo 2 ve tablo 3’ te gösterilmiştir. Tablo 4’ te kortizolun yoyo test öncesi ve sonrası gruplar arasındaki korelasyonu gösterilmiştir. Bireysel spor ve takım sporu yapan adölesan erkeklerde yoyo testi öncesi kortizol değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tablo 5, tablo 6 ve tablo 7’ de grupların kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu gösterilmiştir. Bireysel spor yapanlarda test öncesinde MaxVO2 ile Min. R-R ve AVRr arasında istatistiksel olarak anlamlılık gözlenirken, takım sporu yapanlarda test sonrasında MaxVO2 ile Max. R-R, AVRr, SDNN, RMSSD, VLF, LF, HF arasında ve sedanterlerde test sonrasında MaxVO2 ile RMSSD ve HF arasında istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilmiştir. Herhangi bir grupta test öncesi ve sonrasında kortizol değerleri ile KHD değerleri arasında istatistiksel olarak bir anlamlılık görülmemiştir. Tablo 8’ de yoyo testi öncesi ve sonrası eşleştirilmiş T-Testi bulguları gösterilmiştir. T-testi bulgularına bakıldığında test öncesi kortizol değerlerinde istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilmiştir. Şekil 8’ de yoyo testi öncesi ve sonrası farklı gruplarda gözlenen kortizol değerleri ortalamaları ve şekil 9’ da farklı gruplarda gözlenen MaxVO2 değerleri ortalamaları gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin tanımlayıcı istatistiksel bulguları

Parametreler	Gruplar	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma
MaxVO2 (ml/kg/min)	Bireysel	39,42	55,22	45,71	5,066
	Takım	40,1	47,82	43,99	2,332
	Sedanter	38,25	44,8	41,04	1,888
Yaş (yıl)	Bireysel	12	16	14,8	1,398
	Takım	14	16	14,93	0,799
	Sedanter	13	15	13,6	0,632
Boy uzunluğu (m)	Bireysel	1,47	1,82	1,671	0,124
	Takım	1,61	1,96	1,734	0,1
	Sedanter	1,37	1,68	1,547	0,082
Vücut ağırlığı (kg)	Bireysel	45	77	53,8	10,56
	Takım	49	81	64,6	11,36
	Sedanter	30	67	47,2	10,28
VKİ (kg/m2)	Bireysel	15,57	24,06	19,24	2,791
	Takım	17,3	26,03	21,37	2,394
	Sedanter	13,33	24,61	19,59	3,286

Tablo 4.2. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin yoyo testi öncesi kortizol ve KHD değerleri tanımlayıcı istatistiksel bulgular

Parametreler	Gruplar	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma
Kortizol (µg/dL)	Bireysel	1,658	12,744	6,209	3,877
	Takım	1,072	75,45	19,332	20,685
	Sedanter	6,668	37,69	13,343	8,756
Max. R-R (ms)	Bireysel	995	2000	1364,5	370,469
	Takım	920	2000	1462	413,512
	Sedanter	705	1800	1198	388,025
Min. R-R (ms)	Bireysel	600	830	714	76,333
	Takım	305	790	607,333	158,203
	Sedanter	305	670	502,333	116,31
AVRR (ms)	Bireysel	699,4	1348,1	955,04	191,509
	Takım	606,9	1090	851,667	123,907
	Sedanter	579,2	869,8	706,947	102,151
SDNN (ms)	Bireysel	22,7	201,8	97,51	47,036
	Takım	44,2	134	84,307	27,96
	Sedanter	27,3	192,3	78,2	46,82
RMSSD (ms)	Bireysel	17,3	228,1	101,52	56,474
	Takım	35,9	142,5	88,787	32,719
	Sedanter	21,4	265,4	95,633	70,787
PNN50 (%)	Bireysel	0,54	80,8	41,384	24,088
	Takım	11,9	70,6	37,147	19,208
	Sedanter	2,6	62,6	26,353	18,429
ULF (ms*ms)	Bireysel	11,2	1306,6	509,71	474,41
	Takım	19,9	1902	301,607	569,137
	Sedanter	19,2	611	147,133	156,61
VLF (ms*ms)	Bireysel	91,3	5363,9	1598,22	1511,055
	Takım	186,4	4424,3	947,8	1093,064
	Sedanter	142,1	4423,1	841,827	1097,902
LF (ms*ms)	Bireysel	80,3	4500,9	1241,04	1299,45
	Takım	283	2612,6	1153,36	747,756
	Sedanter	91,4	4828,4	1027,06	1280,506
HF (ms*ms)	Bireysel	33,6	3647,7	1362,03	1252,58
	Takım	179,9	2784,6	1223,467	789,696
	Sedanter	60,3	5128	1229,007	1496,98

Tablo 4.3. Çalışmaya katılan farklı gruplardaki adölesan erkeklerin yoyo testi sonrası kortizol ve KHD değerleri tanımlayıcı istatistiksel bulguları

Parametreler	Gruplar	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma
Kortizol (µg/dL)	Bireysel	6,482	640,52	74,147	199,042
	Takım	2,954	499,05	48,15	125,153
	Sedanter	3,712	84,926	25,22	23,688
Max. R-R (ms)	Bireysel	575	1700	1025,5	435,657
	Takım	495	1890	867,333	395,884
	Sedanter	545	2000	883,667	379,96
Min. R-R (ms)	Bireysel	495	635	537	42,895
	Takım	295	600	506,333	72,837
	Sedanter	275	550	456	67,326
AVRR (ms)	Bireysel	535,3	694	593,65	44,776
	Takım	463,3	653,5	574,32	53,777
	Sedanter	471,1	654,2	538,127	45,878
SDNN (ms)	Bireysel	13,6	55,1	31,41	15,348
	Takım	7,3	72	28,507	22,46
	Sedanter	13,8	86,8	34,907	22,867
RMSSD (ms)	Bireysel	5,5	51,6	27,14	19,7
	Takım	3,8	98,5	27,707	33,358
	Sedanter	5,5	131,7	39,32	35,45
PNN50 (%)	Bireysel	0	1,8	0,39	0,559
	Takım	0	18,9	2,513	5,85
	Sedanter	0	25,8	4,6	6,806
ULF (ms*ms)	Bireysel	11,2	116,6	38,93	34,748
	Takım	6,7	211,3	46,24	57,847
	Sedanter	6,8	139,9	29,793	36,254
VLf (ms*ms)	Bireysel	36,8	307,4	158,38	100,187
	Takım	15,9	1109,7	197,467	298,186
	Sedanter	28,7	1602,4	234,313	423,678
LF (ms*ms)	Bireysel	17,3	613,3	236,89	234,387
	Takım	2,5	707,3	147,767	219,115
	Sedanter	15,1	1299,5	269,607	427,306
HF (ms*ms)	Bireysel	4,4	1089,9	282,69	415,959
	Takım	0,8	1371,1	240,48	423,003
	Sedanter	2,5	1677	369,56	530,866

Tablo 4.4. Kortizolun yoyo test öncesi ve sonrası gruplar arasındaki farklılığı

Parametreler	Gruplar		Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	P
Kortizol (TÖ)	Bireysel	Takım	-0,373	0,151	0,047*
		Sedanter	-0,365	0,155	0,062
	Takım	Bireysel	0,373	0,151	0,047*
		Sedanter	0,008	0,14	0,998
	Sedanter	Bireysel	0,365	0,155	0,062
		Takım	-0,008	0,14	0,998
	Bireysel	Takım	-0,022	0,195	0,993
		Sedanter	-0,038	0,195	0,979
Kortizol (TS)	Takım	Bireysel	0,022	0,195	0,993
		Sedanter	-0,016	0,175	0,995
	Sedanter	Bireysel	0,038	0,195	0,979
		Takım	0,016	0,175	0,995

(TÖ, Yoyo testi öncesi; TS, Yoyo testi sonrası)

*Bireysel spor ve takım sporu yapan adölesan erkeklerde yoyo testi öncesi kortizol değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.5. Bireysel sporcuların kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu

Parametreler		MaxVO ₂ [^]	Kortizol [^]	MaxVO ₂ ^{^^}	Kortizol ^{^^}
Max. R-R (ms)	r	0,485	0,167	0,125	-0,342
	p	0,156	0,644	0,73	0,333
Min. R-R (ms)	r	0,837	0,17	0,428	-0,206
	p	0,003*	0,639	0,217	0,568
AVRR (ms)	r	0,893	0,015	0,552	-0,35
	p	0,001*	0,967	0,098	0,321
SDNN (ms)	r	0,33	-0,101	0,229	-0,35
	p	0,352	0,782	0,525	0,322
RMSSD (ms)	r	0,326	-0,078	-0,033	-0,414
	p	0,357	0,829	0,928	0,234
PNN50 (%)	r	0,172	-0,362	-0,32	-0,422
	p	0,635	0,304	0,537	0,405
ULF (ms*ms)	r	0,263	-0,258	0,514	-0,217
	p	0,463	0,473	0,128	0,547
VLF (ms*ms)	r	0,375	-0,216	0,188	-0,256
	p	0,285	0,548	0,603	0,475
LF (ms*ms)	r	0,289	0,035	0,11	-0,218
	p	0,418	0,923	0,763	0,545
HF (ms*ms)	r	0,18	-0,001	0,002	-0,341
	p	0,62	0,998	0,996	0,335

([^], Yoyo testi öncesi korelasyon; ^{^^}, Yoyo testi sonrası korelasyon)

Bireysel spor yapan adölesan erkeklerde yoyo testi öncesinde MaxVO2 ile Min. R-R ve AVRR arasında görülen istatistiksel olarak anlamlılığın test sonrasında kaybolduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.6. Takım sporu sporcularının kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu

Parametreler		MaxVO ₂ [^]	Kortizol [^]	MaxVO ₂ ^{^^}	Kortizol ^{^^}
Max. R-R (ms)	r	0,105	-0,073	-0,722	0,134
	p	0,71	0,795	0,002*	0,634
Min. R-R (ms)	r	-0,108	0,078	0,339	-0,43
	p	0,701	0,781	0,217	0,11
AVRR (ms)	r	-0,445	-0,118	-0,517	-0,28
	p	0,096	0,676	0,049*	0,313
SDNN (ms)	r	0,021	-0,303	-0,687	0,004
	p	0,942	0,272	0,005*	0,989
RMSSD (ms)	r	0,031	-0,279	-0,795	0,059
	p	0,912	0,314	0,001*	0,836
PNN50 (%)	r	-0,315	-0,371	-0,595	-0,386
	p	0,253	0,173	0,213	0,449
ULF (ms*ms)	r	0,042	-0,204	-0,275	-0,367
	p	0,882	0,466	0,321	0,178
VLf (ms*ms)	r	0,03	-0,265	-0,605	-0,054
	p	0,916	0,339	0,017*	0,848
LF (ms*ms)	r	0,034	-0,256	-0,687	0,163
	p	0,904	0,356	0,005*	0,562
HF (ms*ms)	r	0,076	-0,189	-0,733	0,162
	p	0,788	0,5	0,002*	0,563

([^], Yoyo testi öncesi korelasyon; ^{^^}, Yoyo testi sonrası korelasyon)

Takım sporu sporcusu olan adölesan erkeklerde yoyo testi öncesinde MaxVO₂ ile KHD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlılık yokken (p>0,05), test sonrasında negatif korelasyon gözlenmiştir.

Tablo 4.7. Sedanterlerin kendi aralarında yoyo testi öncesi ve sonrası kortizol değerleri ve MaxVO2 ile KHD değerleri arasındaki korelasyonu

Parametreler		MaxVO ₂ [^]	Kortizol [^]	MaxVO ₂ ^{^^}	Kortizol ^{^^}
Max. R-R (ms)	r	0,32	0,292	-0,356	-0,264
	p	0,245	0,333	0,193	0,342
Min. R-R (ms)	r	0,247	0,145	0,392	0,01
	p	0,375	0,636	0,148	0,972
AVRR (ms)	r	0,047	-0,218	-0,074	-0,206
	p	0,868	0,474	0,794	0,46
SDNN (ms)	r	0,043	-0,004	-0,493	-0,367
	p	0,879	0,989	0,062	0,178
RMSSD (ms)	r	0,069	0,133	-0,59	-0,24
	p	0,806	0,664	0,021*	0,389
PNN50 (%)	r	-0,022	-0,387	-0,428	-0,199
	p	0,939	0,191	0,126	0,496
ULF (ms*ms)	r	0,187	0,07	-0,179	-0,207
	p	0,505	0,821	0,523	0,458
VLF (ms*ms)	r	-0,046	-0,13	-0,398	-0,319
	p	0,87	0,672	0,142	0,247
LF (ms*ms)	r	-0,028	-0,13	-0,446	-0,396
	p	0,92	0,673	0,096	0,144
HF (ms*ms)	r	0,04	-0,011	-0,517	-0,229
	p	0,889	0,97	0,049*	0,412

([^], Yoyo testi öncesi korelasyon; ^{^^}, Yoyo testi sonrası korelasyon)

Sedanter adölesan erkeklerde yoyo testi öncesinde MaxVO2 ile KHD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlılık yokken, test sonrasında negatif korelasyon gözlenmiştir.

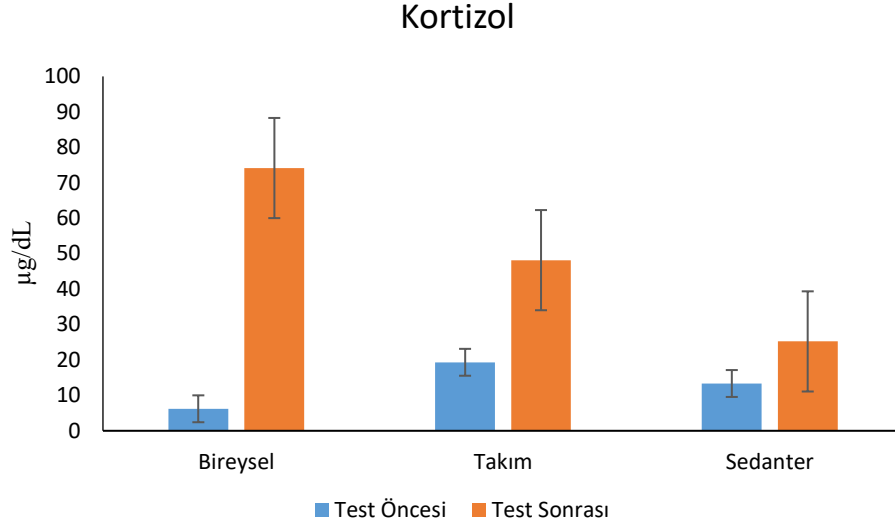
Çalışmaya katılan hiçbir grupta yoyo testi öncesi ve sonrasında kortizol değerleri ile KHD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit edilmemiştir.

Tablo 4.8. Yoyo testi öncesi ve sonrası eşleştirilmiş T-Testi bulguları

Parametreler		t	P	Ort. Fark	Std. Hata Farkı
Max. R-R (ms)	TÖ	-0,536	0,597	-0,026	0,049
	TS	1,008	0,324	0,074	0,073
Min. R-R (ms)	TÖ	1,945	0,064	0,085	0,044
	TS	1,19	0,246	0,03	0,025
AVRR (ms)	TÖ	1,561	0,132	0,047	0,03
	TS	0,971	0,342	0,015	0,016
SDNN (ms)	TÖ	0,415	0,682	0,033	0,08
	TS	0,876	0,39	0,102	0,116
RMSSD (ms)	TÖ	0,187	0,853	0,018	0,094
	TS	0,664	0,513	0,125	0,188
PNN50 (%)	TÖ	-0,694	0,495	-0,14	0,201
	TS	-1,513	0,161	-0,58	0,383
ULF (ms*ms)	TÖ	1,72	0,099	0,426	0,248
	TS	0,232	0,818	0,041	0,176
VLF (ms*ms)	TÖ	1,289	0,21	0,226	0,175
	TS	0,664	0,513	0,127	0,191
LF(ms*ms)	TÖ	-0,505	0,618	-0,081	0,16
	TS	1,377	0,182	0,39	0,283
HF (ms*ms)	TÖ	-0,413	0,684	-0,077	0,186
	TS	0,942	0,356	0,411	0,436
Kortizol (µg/dL)	TÖ	-2,15	0,042*	-0,373	0,173
	TS	-0,103	0,919	-0,022	0,216

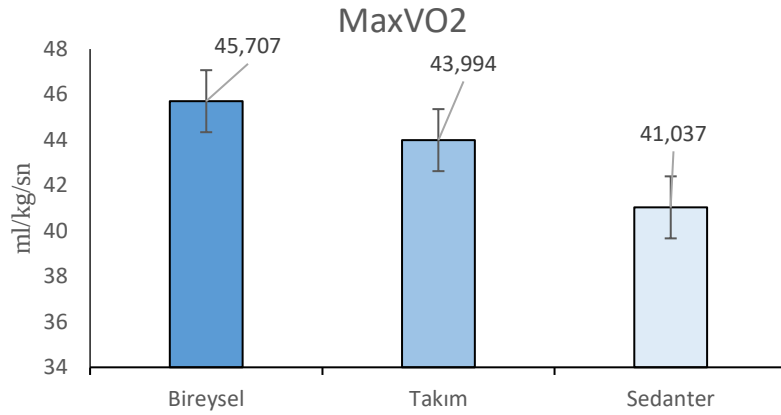
(TÖ, Yoyo testi öncesi; TS, Yoyo testi sonrası)

T-testi bulgularına bakıldığında test öncesi kortizol değerlerinde istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Yoyo testi öncesi ve sonrası farklı gruplarda gözlenen kortizol değerleri ortalamaları

Kortizol değerleri yoyo testi öncesinde en düşük bireysel spor yapan grupta gözlenirken en yüksek takım sporu yapan grupta gözlenmiştir. Test sonrasında ise en düşük değer sedanter grupta gözlenirken, en yüksek değer bireysel spor yapan grupta gözlenmiştir.



Şekil 4.2. Farklı gruplarda gözlenen MaxVO₂ değerleri ortalamaları

MaxVO₂ değerleri en yüksek bireysel spor yapan grupta, en düşük sedanter grupta gözlenmiştir.

5. TARTIŞMA

Sunulan çalışmada ilk defa adölesan sporcuların bireysel ve takım sporcusu olarak değerlendirilerek aerobik kapasite öncesi ve sonrası KHD ve kortizol değerleri analiz edilmiştir. Araştırma bulgularında bireysel ya da takım sporcuları arasında tespit edilen parametrelerde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu yüzden araştırma hipotezi sporcu ve sedanter grup özellikleri dikkate alınarak incelenmiştir. Elde edilen bulguların bu yaş grubu üzerinde egzersiz ya da sportif performans ile ilgili yapılan çalışmalara referans oluşturacağı düşünülmektedir. Araştırmada tespit edilen bulgular aşağıda tartışılmıştır.

5.1. Kortizol bulgularına ait verilerin tartışması

Elde edilen bulgulara Yoyo testi öncesi kortizol düzeyleri bireysel branşlardaki sporcularda daha düşük tespit edilmiştir. Ancak bu farkın test sonrası sedanter grup da dahil olmak üzere kaybolduğu gözlenmiştir. Katılımcıların MaxVO₂ düzeyleri sporcularda beklendiği gibi daha yüksek çıkmıştır. KDH bulgularında ise gruplar arasında test öncesi-sonrası bir farklılık tespit edilmemiştir.

Literatür incelendiğinde adölesan grupla yapılan kortizol ile ilgili çalışmaların yetersiz olduğu gözlenmiştir. Yapılan araştırmalar kadın ya da erkek yetişkin sporcularda yoğunlaşmaktadır. Elde edilen bulgulara da farklılıklar gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, elit sporcularda ve sedanterlerde aerobik egzersiz öncesi serum kortizol düzeylerinin yükleme sonrası akut değerlerinin etkisi araştırılmıştır. Araştırma, Türkiye'deki çeşitli kulüplerden 22 elit orta mesafe koşucusu ve gönüllü olarak sporcu olmayan 16 erkeği içermektedir. Çalışma deneklerine Cooper testi uygulanmış ve Cooper testi öncesi ve sonrasında deneklerin kan örnekleri alınmıştır. Her iki grubun egzersiz öncesi ve sonrası kortizol düzeylerinin ön test ve son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Sonuç olarak, kortizol seviyeleri her iki grupta da benzer kalmış ve egzersizden etkilenmediği bildirilmiştir (Koç, 2018). Yine aynı doğrultuda yapılan başka bir araştırmada dayanıklılık antrenmanı (koşu, yüzme, futbol) ve kuvvet antrenmanı (vücut geliştirme, CrossFit, dirençli veya “direnç” antrenmanı) egzersizleri yapan erkeklerde, antrenman yapmayan bir gruba kıyasla akut egzersizlerden sonra tükürükteki hormonal tepki araştırılmıştır. Çalışmaya 19-25 yaşları arasında olan 30 düzenli kuvvet antrenmanı katılımcısı, 35 düzenli dayanıklılık antrenmanı katılımcısı ve 31 antrenman yapmayan katılımcı olmak üzere toplam 96 kişi gönüllü olmuştur.

Çalışma sonucunda, sprint interval egzersizinden sonra dayanıklılık antrenmanı, kuvvet antrenmanı ve antrenman yapmayan gruplar arasında testosteron ve kortizol değişikliklerinde fark olmadığı gözlenmiştir (Zurek et al., 2022). Yapılan diğer bir çalışmada, 30 dakikalık submaksimal koşuya yanıt olarak plazma beta-endorfin (B-EN), ACTH ve kortizol düzeylerinde sıralı bir değişiklik olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmaya dört grupta 23 denek katılmış: erkek koşucular, kadın koşucular, sedanter erkekler ve sedanter kadınlar. Egzersizden önce (-30 ve 0 dakika), egzersizin 15 ve 30 dakikasında ve dinlenmeden 30 dakika sonra kalıcı bir kateter yoluyla beş plazma örneği alınmıştır. Çalışma, yüksek rektal sıcaklığa rağmen B-EN, ACTH ve kortizolde artışa neden olmamış, koşu boyunca hormon konsantrasyonlarının değişimi ile ilgili olarak cinsiyet veya eğitim farkı görülmediği bildirilmiştir (Kraemer et al., 1989). Fiziksel egzersiz ve antrenmanın kadınlarda tükürük kortizol konsantrasyonları üzerindeki etkisini gözlemlemek isteyen başka bir çalışmada, sedanter (n = 7) ve iki grup kadın hentbol (n = 14) ile yüzme (n = 10) olmak üzere toplam 31 kişi üç grup olarak yer almıştır. Katılımcılar egzersizi içeren bir gün boyunca altı tükürük örneği vermişlerdir. Çalışma sonucunda, hentbolcularda egzersizden sonra tükürük kortizol konsantrasyonunda önemli bir artış fark edilmiş ($p < 0.05$), yüzücülerde veya sedanter grupta görülmemiştir. Günü her örneği için sedanter grup ile yüzücüler arasında fark olmadığı gözlenmiştir (Filaire et al., 1996). Ancak engelli sporcular tarafından uygulanan simüle edilmiş bir Brezilya jiu-jitsu karşılaşmasının hormonal ve laktat belirteçlerinin serum seviyeleri üzerindeki akut etkileri araştırılmak istenmiştir. Ortalama yaşları $38,5 \pm 4,2$ yıl olan beş erkek profesyonel sporcunun katıldığı bu çalışmada, simüle maç seansından önce ve hemen sonra kan örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kortizol değerlerinin tüm katılımcılarda maçtan sonra anlamlı düzeyde azalma gösterdiği bildirilmiştir (SS Lopes et al., 2022). Bu bulgular egzersiz ya da fiziksel aktivite türünün sporcular üzerinde oluşturduğu stres seviyesini etkilediği kanaatini oluşturmuştur. Genç erkeklerde yapılan bir araştırmada 20 ila 29 yaş arasındaki genç erkek yetişkinlerin, yüksek yoğunluklu grup (HI), orta yoğunluklu grup (MI) ve kontrol grubu ile iki tür direnç egzersizine nasıl tepki verdiğini araştırdı. Sonuç ölçümleri kortizol, insülin benzeri büyüme faktörü 1 (igf-1) ve büyüme hormonlarının yanı sıra elektroensefalografi (EEG) idi. Direnç egzersizi, bisiklette sırasıyla yaklaşık 40 dakikalık yüksek yoğunluklu (%80 maksimum tek tekrar, 1RM) ve orta yoğunluklu (%50, 1RM) akut direnç egzersizinden oluşuyordu (Tsai et al.,

2014). Makalelerinde yazarlar, akut bir egzersiz nöbetinin farklı yoğunluk ve süre düzeylerinin kortizol konsantrasyonu üzerindeki etkisine ilişkin önemli araştırma bulgularından bahsetmediler. Sunulan araştırma ile aynı doğrultuda olan bu bulgular aslında literatürde bir çok bulgu ile çelişmektedir. Egzersize yanıt olarak, hipotalamus kortikotropin salgılayan hormon salgılar, bu da ön hipofizi aktive ederek adrenokortikotropik hormonun salınmasını uyarır ve bu da adrenal korteksi kortizol salması için uyarır. Yetişkinlerde yapılan araştırmalar, belirli bir fiziksel efor aşıldığında kortizol seviyesinin hem yoğunluk hem de sürenin bir fonksiyonu olarak yükseldiğini ortaya çıkardı (Kirschbaum and Hellhammer, 1994; Brownlee et al., 2005; Hill et al., 2008; Gatti and De Palo, 2011). Tutarlı bir şekilde, bireyin maksimum oksijen alımının (VO_{2max}) %60'ını aşan bir egzersiz yoğunluğunun, yetişkinlerde dinlenme seviyelerinin üzerinde kortizol salınımına neden olduğu gösterilmiştir. Burada bir diğer etken de egzersizden sonra alınan numunenin zamanıdır yani ölçümlerin zamanlamasıdır. Minimum 10-15 dakikalık bir egzersizin sona ermesinden 20-30 dakika sonra kortizol düzeylerinde artışa neden olabilir (Kirschbaum and Hellhammer, 1994). Kortizole özgü, Daly et al. (2004), egzersize göre kan örneklerinin toplandığı zaman noktasının, veri sonuçlarının yorumlanmasını büyük ölçüde etkileyebileceğini bildirdi.

Yetişkinleri inceleyen araştırmalardaki bulgularla uyumlu olarak, ergenler hipotalamik-hipofiz-adrenal ekseninde benzer bir reaktivite göstererek akut egzersiz nöbetlerine yanıt olarak kortizol artışlarına neden olur. Örneğin, 15 ila 16 yaşındaki ergenler için, maksimum kalp atış hızının (HR maks.), orta yoğunlukta (%50-65 HR max) (Budde et al., 2010b) egzersiz yapan bir grubun aksine bir bilişsel stres etkeni ile karşılaştırıldığında (Budde et al., 2010a) kortizol seviyelerinde bir artışa yol açtı. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, 14 yaşındaki ergenlerin kortizol düzeylerinin farklı stres faktörlerine nasıl tepki verdiğini araştırdı (Wegner et al., 2014). Bu çalışmada egzersiz, maksimum %65-75 HR orta yoğunluk seviyesinde 15 dakika koşarak başlatıldı. Psikososyal stres etkeni dışında, akut fiziksel egzersiz kortizol düzeylerini önemli ölçüde artıramadı. Bu araştırmalardaki bulguları özetleyecek olursak genel olarak geç ergenlik evrelerindeki ergenlerde de yetişkinler için geçerli olan eşik fenomeni doğrulanmaktadır ve akut egzersiz nöbetlerinden sonra kortizol konsantrasyonunun yoğunluğa bağlı olduğunu gösterir. Fakat bu sonuçların aksine Tsai et al. (2014), egzersiz sonrası kortizol konsantrasyonlarının her iki grupta da

egzersiz öncesi konsantrasyonlardan önemli ölçüde düşük olduğunu buldu. Farklı metodolojik eksiklikler bu çelişkili sonuçlara yol açmış olabilir.

Yukarıda bahsedilen bulgulara ilave olarak dikkate alınması gereken bir husus da uygulanan egzersizin katılımcılarda oluşturabileceği stres düzeyi olabilir. Çünkü araştırmalarda kadın ya da erkek farketmeksizin farklı yaş gruplarında kortizol düzeylerinde elde edilen bulguların farklılığı dikkati çekmektedir. Hatta müsabaka/yarışmanın kendi içindeki önemi sporcuların stres düzeyini farklı şekillerde etkileyebilecektir. Bir futbol maçındaki final mücadelesi ya da dövüş sporlarında zarar görebilme ihtimali veya sporcuların alacağı primlerin miktarı, bisiklet ya da koşu bandında sportif performans ölçümü bulgularıyla aynı olmayabilir. Sunulan araştırmada tespit edilen kortizol bulgularının bu parametreler de değerlendirilerek spesifik olarak ele alınması uygun olacaktır.

5.2. Katılımcıların kalp hızı değişkenliğine ait bulguların incelenmesi

Sunulan araştırmada sporcuların ve sedanterlerin kortizol verileri ile KHD bulguları arasında bir ilişki tespit edilmedi. Bireysel sporcularda Min. RR ve AVRR MaxVO₂ ile test öncesinde korele idi. Takım sporcularında ise bu ilişki test sonrasında MaxVO₂ ile Max. R-R, AVRR, SDNN, RMSSD, VLF, LF ve HF arasında gözlemlendi. Sedanter grupta test sonrasında RMSSD ve HF ile MaxVO₂ arasında ilişki tespit edildi. Yoyo testi öncesi ve sonrası sporcuların ve sedanterlerin KHD bulgularında anlamlı farklılık görülmedi.

KHD olarak adlandırılan R-dalgası ile R-dalgası aralıklarındaki (RRI) dalgalanmaların miktarının belirlenmesi, otonomik aktiviteyi, özellikle kardiyak parasempatik modülasyonu izlemek için yararlı bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Camm et al., 1996). Bir "egzersiz zorlama testi"ne KHD yanıtlarının izlenmesi, otonomik stres reaktivitesine ilişkin faydalı bilgiler sağlayabilir. Bu, bir stres etkenine karşı kardiyovasküler tepkilerin belirli hastalıkların habercisi olabileceğini öne süren "reaktivite hipotezi" (Krantz and Manuck, 1984; Heponiemi et al., 2007) ile tutarlıdır (Treiber et al., 2003; Lovallo, 2005; Phillips, 2011) ve yüksek performanslı sporcuların antrenman durumlarının izlenmesinde yararlıdır (Kayacan vd., 2016; Daanen et al., 2012). Örneğin, maksimal altı veya maksimal egzersiz sırasındaki KHD kinetiği, aerobik kondisyon ve egzersiz performansını öngörebilir. Benzer şekilde, egzersizi takiben KHD iyileşmesi, daha fazla aerobik kondisyona

sahip bireylerde daha hızlı gerçekleşir (Stanley et al., 2013). Bununla birlikte, egzersiz, "aerobik" egzersiz (koşma ve bisiklete binme gibi büyük bir kas kütlelerini içeren dinamik ritmik egzersiz), direnç egzersizi (örneğin ağırlık/direnç eğitimi) ve diğer formlar dahil olmak üzere çok sayıda farklı biçimde gerçekleştirilebilir (örneğin, ritmik olmayan/stokastik egzersiz, karma mod egzersizi, yoga, vb.). Bunların tümü kardiyak otonomik aktivite ve KHD ölçümleri üzerinde farklı etkiler ortaya çıkarabilir. Ayrıca, bu farklı türlerin her biri, egzersiz "dozajını" oluşturduğu düşünülebilecek birden çok alt bölümle karakterize edilir. Egzersize verilen KHD yanıtları ve egzersiz sonrası toparlanma herhangi bir tanısal/prognostik değerle yorumlanacaksa, egzersiz reçetesinin bu faktörlerinin yanıtı nasıl etkilendiğini belirlemek önemlidir. (Kayacan vd., 2016).

Ortostatik zorluklara kardiyovasküler otonomik tepkiler, yetişkinlerde cinsiyet ve kardiyorespiratuar uygunluktan etkilenir. Bununla birlikte, sağlıklı ergenlerde bu faktörlerin etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir.

Yetişkinlerin aksine ergen erkeklerde KHD bulguları bir stresöre karşı farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin Brunetto et al. (2005), kardiyak otonomik modülasyon, 70° baş yukarı tilt manevrasından önce ve sonra 5 dakikalık RR aralığı kayıtlarının kalp hızı değişkenliği analizi ile değerlendirdi. KHD, zaman (TD) ve frekans alanı (FD) yöntemleriyle analiz edildi. Erkekler için daha yüksek bir kalp atış hızı tepkisi dışında, cinsiyet veya fitness gruplarında uygulamadan önce ve sonra TD ve FD ölçümlerinde herhangi bir farklılık bulamadı. Bu sonuçlar, sağlıklı ergenlerde kardiyak otonomik tepkilerin cinsiyet veya aerobik kondisyondan etkilenmediğini göstermektedir. Ancak farklı bir çalışmada, kadın maraton koşucularında dayanıklılık egzersizi sonrası kalp atış hızı toparlanması ve kardiyak ANS modülasyonu üzerindeki etkileri sedanter kontrollerle karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmaya yaşları 32-40 arasında değişen altı kadın maraton koşucusu ve aynı yaştaki sekiz sedanter kadın gönüllü olarak katılmıştır. Deneklere maksimum eforla koşu bandında koşu egzersizi yaptırılmış ve egzersiz öncesi ve sonrası holter ile EKG kayıtları alınmıştır. Sonuç olarak, sporcu grubunda sedanter gruba kıyasla egzersiz sonrası daha yüksek ortalama RR, SDNN, HF gücü ve istirahatte daha düşük LF/HF oranı saptanmıştır (Du et al., 2005). Yapılan bir çalışmada ise, adolesan erkek sporcularda düzenli fiziksel egzersizin kardiyak otonom sinir aktivitesi üzerindeki etkisini bulmak için HRV, Power Spectral yöntemiyle analiz

edilmiştir. Çalışma 12-18 yaşları arasındaki 62 adölesan erkek atlet üzerinde gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma için sedanter sağlıklı erkeklerde incelenmiştir. Sonuçta, atletlerde toplam güç, ve VLF, LF, HF önemli ölçüde ($p<0,01$) daha yüksek ve LF/HF oranı sporcu olmayanlara göre önemli ölçüde ($p<0,01$) daha düşüktü bulunmuştur (Alom et al., 2009). Bu bulgular sunulan araştırma bulguları ile farklılık göstermektedir. Literatürde de belirtildiği gibi sporcuların aerobik kapasitesi cinsiyeti ve diğer birçok psikososyal faktörler bulguları etkileyebilmektedir. Sunulan araştırmada sporcuların kortizol verileri ile KHD bulguları arasında da bir ilişki tespit edilmemiştir. Bir çalışmada, üç farklı zorlu aktivitede yarışma öncesi ve antrenman öncesi fizyolojik ve psikolojik durumların araştırılması amaçlandı. Bu çalışmaya 18 kano sporcusu, 18 sokak koşucusu ve 18 jiu-jitsu sporcusu dahil edildi ($n=54$). Rekabetçi Durum Kaygısı Envanteri-2 (CSAI-2), tükürük kortizol ve kalp hızı değişkenliği (KHD) iki zaman noktasında (antrenman öncesi ve yarışma öncesi) ölçüldü. Somatik kaygı ($F_{1,42} = 15,29, p = 0,0003$), KHD ($F_{1,42} = 23,24, p < 0,01$) ve tükürük kortizolü ($F_{1,42} = 22,96, p < 0,01$) müsabaka öncesi ölçüm noktasında antrenman öncesi noktaya göre önemli ölçüde daha yüksekti, ancak sporcu tipinin bu değişkenler üzerinde ana etkisi yoktu. Çoğu CSAI-2 ve fizyolojik parametreler arasındaki korelasyonlar anlamlı değildi ($p>0,05$). Sonuç olarak, sonuçlar hem duygusal indekslerin hem de psikofizyolojik stres indekslerinin müsabakadan önce antrenman öncesine göre daha yüksek olduğunu ve bu sporlar arasındaki duygusal durumlar arasındaki farkları göstermiştir (Souza et al., 2019). Müsabaka öncesi ve antrenman öncesi duygusal durumlar ile psiko-fizyolojik durumlar arasındaki korelasyonlar büyük ölçüde önemsiz olsa da, bu bulgular, spor antrenman programlarında tamamlayıcı kaynaklar olarak kortizol ve KHD gibi geleneksel fizyolojik belirteçlerle bağlantılı olarak sporcuların psikolojik izlenmesinin önemini pekiştirmektedir. Sunulan araştırmada katılımcılar gönüllü bir şekilde gerçekleştirilen Yoyo testine katıldı. Bu araştırma bulgularıyla destekli bir şekilde testin bir müsabaka olmamasının elde edilen bulguları etkilediğini düşünmekteyiz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, adölesan bireysel ve takım sporcusu erkekler ile sedanterler üzerinde uygulanan aerobik kapasite testine verilen KHD ve kortizol yanıtlarının incelenmesi amaçlandı. Bireysel sporcuların MaxVO₂ düzeyleri yüksek tespit edildi. Bireysel sporcuların test öncesinde kortizol değerleri en düşük düzeyde iken test sonrasında diğer gruplara göre yükseldiği gözlemlendi. Bu bulgu bireysel sporcuların karakteristik olarak bir stres faktöründen takım sporcusuna göre daha yüksek düzeyde etkilenebileceğini ifade edebilir.

Bireysel sporcularda test öncesinde Min. R-R ve AVRR arasında; takım sporcularında test sonrasında Max. R-R, AVRR, SDNN, RMSSD, VLF, LF, HF; sedanterlerde test sonrasında RMSSD ve HF parametreleri MaxVO₂ parametresi ile ilişkili tespit edilmiştir. Bu parametreler görünüşte benzer fizyolojik özelliklere sahip olan kişilerin ayırt edilmesinde ve sporcu seçiminde kullanılabilecek parametreler gibi gözükmemektedir. Sunulan araştırmada bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Bu parametreler aşağıda belirtilen öneriler içerisinde ifade edilmiştir.

- Daha sonraki çalışmalarda cinsiyet ve farklı yaş grupları birlikte değerlendirilebilir.
- Çalışmalarda daha spesifik branşlar karşılaştırılabilir.
- Literatürde de belirtildiği gibi özellikle sporcuların stres kaynağı olarak performans testinden ziyade bir yarışma ya da müsabaka yanıtları incelenebilir.
- Katılımcıların başka psiko-sosyal faktörleri; beslenme uyku gibi parametreleri (bu parametreler KHD ve kortizol verilerini etkilemektedir) de dikkate alınarak araştırmaya dahil edilebilir.
- Bireysel ve takım sporcularının müsabaka ve performans testleri karşılaştırılabilir.
- Yaş grupları daha mikro düzeyde incelenerek gruplandırılabilir ve karşılaştırılabilir.

İnsan fizyolojisinde aynı parametrelere verilen yanıtlar birçok faktörden etkilenebilir. Ergen erkeklerde tespit ettiğimiz bu bulgular yetişkinlerdeki verilerden kısmen farklılıklar göstermektedir. Sporcu seçim kriterlerinde, sporcuların

performanslarında ve ödöl ya da ceza psikolojisine verilen bu farklı yanıtların dikkate alınması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Alom, M. M., Begum, N., Ferdousi, S., Begum, S., & Ali, T. (2009). *Power spectral analysis of heart rate variability in adolescent male athletes*. Journal of Bangladesh Society of Physiologist, 4(2), 26-33.
- Arlt W, Stewart PM. (2005). *Adrenal corticosteroid biosynthesis, metabolism, and action*. Endocrinology and Metabolism Clinics, 34: 293-313.
- Athanasίου, N., Bogdanis, G. C., & Mastorakos, G. (2022). *Endocrine responses of the stress system to different types of exercise*. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders, 1-16.
- Ayhan, S. (2022). *The effect of e-sports games on stress hormones and biochemical parameters of athletes*. Pakistan Journal of Medical & Health Sciences, 16(02), 406-406.
- Becker, L., Semmlinger, L., & Rohleder, N. (2021). *Resistance training as an acute stressor in healthy young men: associations with heart rate variability, alpha-amylase, and cortisol levels*. Stress, 24(3), 318-330.
- Bermejo, J. L., Valldecabres, R., Villarrasa-Sapiña, I., Monfort-Torres, G., Marco-Ahulló, A., & Do Couto, B. R. (2022). *Increased cortisol levels caused by acute resistance physical exercise impair memory and learning ability*. PeerJ, 10, e13000.
- Bogdanis, G. C., Philippou, A., Stavrinou, P. S., Tenta, R., & Maridaki, M. (2022). *Acute and delayed hormonal and blood cell count responses to high-intensity exercise before and after short-term high-intensity interval training*. Research in Sports Medicine, 30(4), 400-414.
- Brunetto, A. F., Roseguini, B. T., Silva, B. M., Hirai, D. M., & Guedes, D. P. (2005). *Effects of gender and aerobic fitness on cardiac autonomic responses to head-up tilt in healthy adolescents*. Pediatric cardiology, 26(4), 418-424.
- Caplin, A., Chen, F. S., Beauchamp, M. R., & Puterman, E. (2021). *The effects of exercise intensity on the cortisol response to a subsequent acute psychosocial stressor*. Psychoneuroendocrinology, 131, 105336.
- Coehoorn, C. J., Neary, J. P., Krigolson, O. E., Service, T. W., & Stuart-Hill, L. A. (2022). *Firefighter salivary cortisol responses following rapid heat stress*. Journal of Thermal Biology, 108, 103305.
- Costa, Júlio A., et al. (2022). *"Associations between 24-h heart rate variability and aerobic fitness in high-level female soccer players"*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 32, 140-149.
- Csöndör, É., Karvaly, G., Ligetvári, R., Kovács, K., Komka, Z., Móra, Á., ... & Ács, P. (2022). *Adrenal, gonadal and peripherally steroid changes in response to extreme physical stress for characterizing load capacity in athletes*. Metabolites, 12(2), 91.
- Czuba, M., Płoszczyca, K., Kaczmarczyk, K., Langfort, J., & Gajda, R. (2022). *Chronic exposure to normobaric hypoxia increases testosterone levels and testosterone/cortisol ratio in cyclists*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(9), 5246.
- Dalile, B., La Torre, D., Verbeke, K., Van Oudenhove, L., & Vervliet, B. (2022). *When the mind says one thing, but the HPA axis says another: Lack of coherence between subjective and neuroendocrine stress response trajectories in healthy men*. Psychoneuroendocrinology, 139, 105692.

- del Valle-Mondragón, L., Becerra-Luna, B., Cartas-Rosado, R., Infante, O., Pérez-Grovas, H., Lima-Zapata, L. I., ... & Martínez-Memije, R. (2022). *Correlation between angiotensin serum levels and very-low-frequency spectral power of heart rate variability during hemodialysis*. *Life*, 12(7), 1020.
- De Nys, L., Anderson, K., Ofosu, E. F., Ryde, G. C., Connelly, J., & Whittaker, A. C. (2022). *The effects of physical activity on cortisol and sleep: A systematic review and meta-analysis*. *Psychoneuroendocrinology*, 105843.
- de Oliveira, L. F. G., Souza-Junior, T. P., Fechio, J. J., Gomes-Santos, J. A. F., Sampaio, R. C., Vardaris, C. V., ... & de Barros, M. P. (2022). *Uric acid and cortisol levels in plasma correlate with pre-competition anxiety in novice athletes of combat sports*. *Brain Sciences*, 12(6), 712.
- De Pero, R., Minganti, C., Cibelli, G., Cortis, C., & Piacentini, M. F. (2021). *The stress of competing: cortisol and amylase response to training and competition*. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(1), 5.
- Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). *Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research*. *Psychological bulletin*, 130(3), 355.
- Do, P., Guo, F., & Warburton, D. (2021). *Effect of aerobic fitness on cortisol response and hpa-axis reactivity at different aerobic exercise intensities*. *The Health & Fitness Journal of Canada*, 14(2), 42-53.
- Esteban NV, Loughlin T, Yergey AL, Zawadzki JK, Booth JD, Winterer JC, Loriaux DL. (1991). *Daily cortisol production rate in man determined by stable isotope dilution/mass spectrometry*. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 72: 39-45.
- Forte, G., Troisi, G., Pazzaglia, M., Pascalis, V. D., & Casagrande, M. (2022). *Heart rate variability and pain: a systematic review*. *Brain Sciences*, 12(2), 153.
- Garavaglia, L., Gulich, D., Defeo, M. M., Thomas Mailland, J., & Irurzun, I. M. (2021). *The effect of age on the heart rate variability of healthy subjects*. *PLoS One*, 16(10), e0255894.
- Gatti, R., Antonelli, G., Prearo, M., Spinella, P., Cappellin, E., & Elio, F. (2009). *Cortisol assays and diagnostic laboratory procedures in human biological fluids*. *Clinical biochemistry*, 42(12), 1205-1217.
- Graessler, B., Thielmann, B., Boeckelmann, I., & Hoekelmann, A. (2021). *Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review*. *Frontiers in physiology*, 12, 657274.
- Haucke, M., Golde, S., Saft, S., Hellweg, R., Liu, S., & Heinzl, S. (2022). *The effects of momentary loneliness and Covid-19 stressors on hypothalamic-pituitary adrenal (hpa) axis functioning: a lockdown stage changes the association between loneliness and salivary cortisol*. *Psychoneuroendocrinology*, 145, 105894.
- Herman, J. P., McKlveen, J. M., Ghosal, S., Kopp, B., Wulsin, A., Makinson, R., ... & Myers, B. (2016). *Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response*. *Comprehensive physiology*, 6(2), 603.
- Hermans, E. J., Henckens, M. J., Joëls, M., & Fernández, G. (2014). *Dynamic adaptation of large-scale brain networks in response to acute stressors*. *Trends in neurosciences*, 37(6), 304-314.
- Hernández-Vicente, A., Hernando, D., Marín-Puyalto, J., Vicente-Rodríguez, G., Garatachea, N., Pueyo, E., & Bailón, R. (2021). *Validity of the polar H7 heart rate*

- sensor for heart rate variability analysis during exercise in different age, body composition and fitness level groups. *Sensors*, 21(3), 902.
- Hinde, K., White, G., & Armstrong, N. (2021). *Wearable devices suitable for monitoring twenty four hour heart rate variability in military populations*. *Sensors*, 21(4), 1061.
- Jennen, L., Mazereel, V., Lecei, A., Samaey, C., Vancampfort, D., & van Winkel, R. (2022). *Exercise to spot the differences: a framework for the effect of exercise on hippocampal pattern separation in humans*. *Reviews in the Neurosciences*.
- KARATAŞ OKYAY, E. S. R. A. "Prenatal kayıp yaşamış gebelere uygulanan duygusal özgürlük tekniği ve müziğin psikolojik gelişim, iyi olma durumu ve kortizol düzeyine etkisi." (2021).
- Kim JE, Cho BK, Cho DH, Park HJ. (2013). *Expression of hypothalamic–pituitary–adrenal axis in common skin diseases: evidence of its association with stress-related disease activity*. *Acta dermato-venereologica*, 93:387-96.
- Kim, J. W., Seok, H. S., & Shin, H. (2021). *Is ultra-short-term heart rate variability valid in non-static conditions?* *Frontiers in physiology*, 12, 596060.
- Kinlein, S. A., Wallace, N. K., Savenkova, M. I., & Karatsoreos, I. N. (2022). *Chronic hypothalamic-pituitary-adrenal axis disruption alters glutamate homeostasis and neural responses to stress in male C57Bl6/N mice*. *Neurobiology of Stress*, 100466.
- Koc, S. (2018). *The acute effect of aerobic exercise on serum cortisol levels of athletes and sedentary individuals*. *Journal of Education and Training Studies*, 6(n12a), 29-36.
- Kohl 3rd, H. W., Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G., ... & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). *The pandemic of physical inactivity: global action for public health*. *The lancet*, 380(9838), 294-305.
- Langer, K., Jentsch, V. L., & Wolf, O. T. (2022). *Cortisol promotes the cognitive regulation of high intensive emotions independent of timing*. *European Journal of Neuroscience*, 55(9-10), 2684-2698.
- McEwen, B. S., Bowles, N. P., Gray, J. D., Hill, M. N., Hunter, R. G., Karatsoreos, I. N., & Nasca, C. (2015). *Mechanisms of stress in the brain*. *Nature neuroscience*, 18(10), 1353-1363.
- Mejía-Mejía, E., May, J. M., Elgendi, M., & Kyriacou, P. A. (2021). *Differential effects of the blood pressure state on pulse rate variability and heart rate variability in critically ill patients*. *NPJ digital medicine*, 4(1), 1-11.
- Mueller, B., Figueroa, A., & Robinson-Papp, J. (2022). *Structural and functional connections between the autonomic nervous system, hypothalamic–pituitary–adrenal axis, and the immune system: a context and time dependent stress response network*. *Neurological Sciences*, 1-10.
- Morucci, G., Ryskalin, L., Pratesi, S., Branca, J. J., Modesti, A., Modesti, P. A., ... & Gesi, M. (2022). *Effects of a 24-week exercise program on functional fitness, oxidative stress, and salivary cortisol levels in elderly subjects*. *Medicina*, 58(10), 1341.
- Nath, R. K., Thapliyal, H., & Caban-Holt, A. (2022). *Machine learning based stress monitoring in older adults using wearable sensors and cortisol as stress biomarker*. *Journal of Signal Processing Systems*, 94(6), 513-525.
- Pham, T., Lau, Z. J., Chen, S. A., & Makowski, D. (2021). *Heart Rate Variability in psychology: A review of HRV indices and an analysis tutorial*. *Sensors*, 21(12), 3998.
- Popovic, D., Bjelobrck, M., Tesic, M., Seman, S., Jayasinghe, S., Hills, A. P., ... & Network, P. I. V. O. T. (2022). *Defining the importance of stress reduction in managing cardiovascular disease-the role of exercise*. *Progress in Cardiovascular Diseases*.

- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R., & Gronwald, T. (2022). *Validity of the polar H10 sensor for heart rate variability analysis during resting state and incremental exercise in recreational men and women*. *Sensors*, 22(17), 6536.
- Schmaußer, M., Hoffmann, S., Raab, M., & Laborde, S. (2022). *The effects of noninvasive brain stimulation on heart rate and heart rate variability: A systematic review and meta-analysis*. *Journal of Neuroscience Research*.
- Shanks, J., Abukar, Y., Lever, N. A., Pachen, M., LeGrice, I. J., Crossman, D. J., ... & Ramchandra, R. (2022). *Reverse re-modelling chronic heart failure by reinstating heart rate variability*. *Basic Research in Cardiology*, 117(1), 1-16.
- Smyth, J., Zawadzki, M., & Gerin, W. (2013). *Stress and disease: A structural and functional analysis*. *Social and Personality Psychology Compass*, 7(4), 217-227.
- Souza, R. A., Beltran, O. A., Zapata, D. M., Silva, E., Freitas, W. Z., Junior, R. V., ... & Higinio, W. P. (2019). *Heart rate variability, salivary cortisol and competitive state anxiety responses during pre-competition and pre-training moments*. *Biology of sport*, 36(1), 39-46.
- Sripanidkulchai, Bungorn, et al. (2022). *"Supplementation of kaempferia parviflora extract enhances physical fitness and modulates parameters of heart rate variability in adolescent student-athletes: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical study."* *Journal of dietary supplements* 19.2: 149-167.
- SS Lopes, J., de M Neto, A. M., Goncalves, L. C., Alves, P. R., & Andrade, C. (2022). *Dynamics of cortisol and testosterone in acute response to a simulated Brazilian jiu-jitsu competition practiced by athletes with disabilities: multiple case study*. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*, 22(2), 48-55.
- Tai, C. C., Chen, Y. L., Kalfirt, L., Masodsai, K., Su, C. T., & Yang, A. L. (2022). *Differences between Elite Male and Female Badminton Athletes Regarding Heart Rate Variability, Arterial Stiffness, and Aerobic Capacity*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3206.
- Trusso Sfrazzetto, G., & Santonocito, R. (2022). *Nanomaterials for Cortisol Sensing*. *Nanomaterials*, 12(21), 3790.
- Ucak, S., Dissanayake, H. U., Sutherland, K., de Chazal, P., & Cistulli, P. A. (2021). *Heart rate variability and obstructive sleep apnea: Current perspectives and novel technologies*. *Journal of sleep research*, 30(4), e13274.
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). *Blood hormones as markers of training stress and overtraining*. *Sports medicine*, 20(4), 251-276.
- Vaamonde, Diana, et al. (2022). *"Behaviour of salivary testosterone and cortisol in men during an Ironman Triathlon."* *European Journal of Sport Science* 22.9: 1335-1342.
- Zurek, G., Danek, N., Żurek, A., Nowak-Kornicka, J., Żelaźniewicz, A., Orzechowski, S., ... & Kowal, M. (2022). *Effects of dominance and sprint interval exercise on testosterone and cortisol levels in strength-, endurance-, and non-training Men*. *Biology*, 11(7), 961.
- Qin, H., Steenbergen, N., Glos, M., Wessel, N., Kraemer, J. F., Vaquerizo-Villar, F., & Penzel, T. (2021). *The different facets of heart rate variability in obstructive sleep apnea*. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 642333.

EKLER

EK 1. Etik Kurul Raporu



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/221-345

10.06.2021

Sayın Doç. Dr. Yıldırım KAYACAN

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz Bireysel ve takım sporlarında hipotalamus-hipofiz-adrenal aks (HPA) ve kalp hızı değişkenliği arasındaki ilişkinin incelenmesi başlıklı OMÜ KAEK 2021/170 Karar nolu Biyokimya çalışması nitelikli araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, Klinik Araştırmalar Etik kurulu yönergesine göre 15.04.2021 tarihli Etik Kurulumuzda incelenmiş etik açıdan uygun bulunmuştur. Ancak araştırma bütçesinin maddi desteği henüz sağlanamadığından projeye bütçe desteği sağlanıp, tarafımıza bildirilmesinden sonra başlanmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize arz/rica ederim.

Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

[Signature]

Ondokuz mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Tel:(0362)121919/2782 -4576007 Omutaek@gmail.com
Fakülte Hekimliği Fakültesi 2.Kat Atakum/SAMSUN

ÖZ GEÇMİŞ

Burak ÇİÇEK, Ordu Fatih Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimler Fakültesi, Antrenörlük bölümünden 28.05.2018 tarihinde mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana Beden Eğitimi Öğretmeni olarak görev yapan Burak ÇİÇEK, orta derecede İngilizce bilmektedir (06.01.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-2585-1608

Yayınlar:

1. Çiçek B. & Kayacan Y., (2021). "Investigation Of The Relationship Between Aerobic Capacity and Heart Rate Variability In Athletes and Sedentary", Istanbul International Modern Scientific Research Congress –II, 23-25 Aralık 2021, ss. 97-98.
2. Çiçek B. & Kayacan Y., (2023). "Investigation Of Cortisol Response To Aerobic Test In Individual and Team Sports", 3. International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress, 13-14 Şubat 2023, ss. 789-799.