



Anaerobik Eşik ve Anaerobik Gc İlişkisinin Kalp Atım Hızı Değişkenliğinin Non-İnvazif Değerlendirilmesi

Non-Invasive Evaluation of Anaerobic Threshold and Anaerobic Power Relationship of Heart Rate Variability

Tuncay ALPARSLAN¹, Ramiz ARABACI², Nuran KCK³, Ali Kamil GNGR⁴

¹Ucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi, Sporda Elit Performans Araştırmaları Grubu, Eskişehir
· tuncayalparslan@hotmail.com · ORCID > 0000-0003-2164-0085

²Uludađ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Sporda Elit Performans Araştırmaları Grubu, Bursa
· ramizar@hotmail.com · ORCID > 0000-0001-8403-5742

³Ucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi/Eskişehir
· nuran.usaem@gmail.com · ORCID > 0000-0002-2397-5826

⁴Ucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi/Eskişehir
· alikamilgungor@uludag.edu.tr · ORCID > 0000-0001-5875-0742

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 24 Mayıs/May 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 2 Ağustos/ August 2023

Yıl/Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 14 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 249-262

Atıf/Cite as: Alparslan, T., Arabacı, R., Kck, N., Güngör, A.K. "Anaerobik Eşik ve Anaerobik Gc İlişkisinin Kalp Atım Hızı Değerlenliğinin Non-İnvazif Değerlendirilmesi" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 14(2), Ağustos 2023: 249-262.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tuncay ALPARSLAN

Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval: "Araştırma için Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 04.06.2020 tarihli ve 08 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır."

ANAEROBİK EŞİK VE ANAEROBİK GÜÇ İLİŞKİSİNİN KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİNİN NON-İNVAZİF DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu araştırmanın amacı anaerobik eşik (AE) ve anaerobik gücün (AG) kalp-atım-hızı-değişkenliği (KAHD) açısından test-öncesi, test-sırası ve sonrası değerlerle değişimi arasındaki farklılığın ve AE ile AG'nin KAHD parametreleri arasındaki ilişkinin incelenmesidir. 25 sağlıklı erkek gönüllü olarak araştırmaya katıldı (Ort. yaş=24±0,9 yıl; boy=177,5±6,2 cm; ağırlık=80,4±8,3 kg). İlk gün boy, ağırlık ve vücut kompozisyonu ölçümü yapıldı. Wingate anaerobik kapasite testi uygulandı. Test-öncesinde (30 saniye), test-sırasında (30 saniye) ve test-sonrasında (30 saniye) KAHD için kayıt alındı. İkinci gün kardiyo-pulmoner egzersiz testi Bruce protokolü uygulandı. Test başlamadan önce (30 saniye), test süresince ve test bitiminde (30 saniye) KAHD kaydı alındı. Ön-test, test ve son-test için katılımcıların KAHD parametrelerini karşılaştırmak için tekrarlanan varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Grup içi karşılaştırmalar Bonferroni testi ile belirlendi. AE ile AG ilişkisi için Pearson korelasyon katsayısı belirlendi. Araştırma verilerinin analizi sonucunda AE ve AG için MeanRR için test-öncesi, test-sırası ve sonrasında anlamlıdır ($p<0,001$). SDNN için değişim AG ölçümünde test-sırası, test-sonrası ($p<0,05$) ve test-öncesi, test-sonrası ($p<0,01$), RMSSD için ise sadece AE bölgesinde test-öncesi, test sırası ve test-öncesi, test-sonrası arasında anlamlıdır ($p<0,001$). LFnü ($p<0,05$) ve HFnu ($p<0,01$) için test-öncesi ile test-sırası arasında anlamlı değişim görülmüştür. AE ile AG arasında ise KAHD parametrelerinden sadece LF/HF için anlamlı pozitif ilişki söz konusudur. Bu araştırma sonuçlarına göre AE ile AG için KAHD test-öncesinde başlayarak test-sırasında ve test-sonrasında artarak düşmeye devam etmekte olup test-sonrasında toparlanma sağlanamamaktadır. AE ile AG arasında KAHD değişimleri arasındaki ilişki sadece LF/HF için pozitif yönde anlamlıdır. AE ile AG, KAHD parametrelerinin düşüşü açısından benzerlik gösterse de tam olarak birbiriyle ilişkili olduğu söylenemez.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik Güç, Otonom Sinir Sistemi, Anaerobik Eşik.



NON-INVASIVE EVALUATION OF ANAEROBIC THRESHOLD AND ANAEROBIC POWER RELATIONSHIP OF HEART RATE VARIABILITY

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the differences in the changes between pre-test, during-test, and post-test values of anaerobic-threshold (AT) and anaerobic-power (AP) in terms of heart-rate-variability (HRV), as well as the relationship between AT and AP with HRV parameters. The study involved 25 healthy male volunteers (mean age=24±0.9 years; height=177.5±6.2 cm; weight=80.4±8.3 kg). On the first day, measurements of height, weight, and body composition were taken. The Wingate anaerobic capacity test was performed, and recordings were made for HRV before the test (30 seconds), during the test (30 seconds), and after the test (30 seconds). On the second day, the participants underwent a cardiorespiratory exercise test using the Bruce protocol. Recordings for HRV were taken before the test (30 seconds), during the test, and at the end of the test (30 seconds). Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to compare the participants' HRV parameters between pre-test, test, and post-test. Pairwise comparisons within the groups were determined using the Bonferroni test. Pearson correlation coefficient was used to determine the relationship between AP and AT. The analysis of the research data revealed that there were significant differences in MeanRR for AP and AT between pre-test, during-test, and post-test ($p<0.001$). For SDNN, the changes were significant between during-test, post-test ($p<0.05$), and between pre-test, post-test ($p < 0.01$) in the measurement of AP. For RMSSD, the changes were only significant between pre-test, during-test, and between pre-test, post-test in the AT zone ($p<0.001$). Significant changes were observed between pre-test and during-test for LFnu ($p<0.05$) and HFnu ($p<0.01$). As for the relationship between AT and AP, there was only a significant positive relationship for LF/HF among the HRV parameters. According to the results of this study, HRV for AT and AP continues to increase during the test from pre-test and decreases, with no recovery observed after the test. The relationship between the changes in HRV and AT and AP is only significant in a positive direction for LF/HF. Although AT and AP show similarities in terms of the decrease in HRV parameters, they cannot be fully considered as directly related to each other.

Keywords: Anaerobic Power, Autonomic Nervous System, Anaerobic Threshold.



GİRİŞ

Egzersiz sempatik sinir sisteminin aktivitesi artırır ve bunu otonom sinir sistemi parasempatik bölümü ile dengelemeye çalışır (Alparslan ve ark., 2020; Sanz-Quinto ve ark., 2018). Bu toparlanmanın göstergelerinden kardiyovasküler homeostazın restorasyonunu yansıtır (Güngör ve ark., 2022). Yine bu sebeple sağlıklı bir kalp metronom gibi çalışmaz, her iki kalp atımı arasında farklılıklar vardır. Bu farklılıklar kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) olarak tanımlanır (Poehling, 2019). KAHD parametrelerinin değerlendirilmesinde 24 saat süreli kayıtlar kullanılsa da (Berntson ve ark., 1997) günümüzde KAHD parametrelerinin fiziksel egzersizde toparlanma döneminde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte (Coote, 2010; Guilkey ve ark., 2015) egzersiz sırasında ultra-kısa süreli kayıtlar da değerlendirilmeye başlanmıştır (Alparslan ve ark., 2020, 2022; Nakamura ve ark., 2015).

Egzersiz yoğunluğu arttıkça kalp atım hızı da artar. Dolayısıyla KAHD parametrelerinde de değişimler beklenir. Maksimal egzersizlerde kasların anaerobik enerji sistemini kullanmasıyla oluşan kapasite anaerobik kapasite (AK), birim zamanda değeri ise anaerobik güç (AG) olarak ifade edilir (Yıldız, 2012). AG, laboratuvar testlerinden Wingate testi ile belirlenebilir (Bar-Or, 1987; Inbar ve ark., 1996). Anaerobik eşik (AE) ise oksidatif metabolizmanın gereken tüm enerjiyi sağlayamadığı ve enerji üretimine daha büyük anaerobik katkının kanda laktat birikmesine neden olduğu iş oranıdır (Svedahl ve Macintosh, 2003). AE, kardiyovasküler risk grupları dahil olmak üzere egzersiz reçetesi için altın standart bir parametre olarak kabul edilmiştir (Belli ve ark., 2007; Farsidfard ve ark., 2008). AE ise aerobik kapasiteyi belirlemede altın standart olarak kabul edilen gaz analizörü kullanılarak kardiyopulmoner egzersiz testinde (KPET) belirlenmektedir. Günümüzde eşik bölgeleri antrenörler tarafından kendi özel antrenman programlarını oluşturmak için kullanılmaktadır (Gaskill ve ark., 2001). Wingate testiyle belirlenen AG (30 saniye) ve KPET sırasında belirlenen AE'nin (30 saniye) ultra-kısa süreli KAHD parametrelerinin test öncesi (30 saniye), test sırası (30 saniye) ve test sonrasında (30 saniye) göre değişimi ve AE ile AG'nin KAHD parametrelerinin ilişkisi merak edilmektedir.

AG ve AE ile araştırmalar literatürde mevcuttur fakat ikisinin birlikte değerlendirildiği çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Üstelik KAHD verileri kullanılarak AG ve AE'nin değerlendirildiği bir araştırma da bilgimiz dahilinde bulunmamaktadır. Bu araştırmanın amacı anaerobik eşik ve anaerobik gücün kalp atım hızı değişkenliği açısından test öncesi, test sırası ve sonrası değerlerle değişimi arasındaki farklılığın ve AE ile AG'nin KAHD parametreleri arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Araştırmamızda; anaerobik eşik ve anaerobik gücün kalp atım hızı değişkenliği açısından test öncesi ve sonrası değerlerle değişimi arasındaki fark ve anaerobik eşik ile anaerobik gücün KAHD parametreleri arasındaki ilişki olup olmadığı belirlenmeye çalışıldı. Bu araştırma sonuçlarına göre AE ve AG'nin egzersizin en

yoğun ortamları olarak nitelendirilmesi beklenmektedir. AE ve AG ölçümlerinde KAHD parametrelerinin değişimi ve ilişkinin anlaşılması açısından literatüre katkı sağlanmış olacaktır.

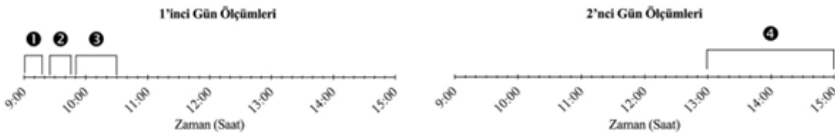
YÖNTEM

Araştırma Grubu

Rekreatif düzeyde fiziksel egzersiz yapan 25 sağlıklı erkek gönüllü erkek araştırmaya katıldı (Ort. yaş=24±0.9 yıl; boy=177.5±6.2 cm; ağırlık=80.4±8.3 kg). Tüm katılımcıların son altı ayda ciddi hastalık ve yaralanma yaşamadığı ve deneyler yapılmadan önceki iki hafta içinde hiçbir tıbbi ilaç kullanılmadı. Tüm ölçümler sessiz ve klimalı (sıcaklık 22-24 °C, nem %33-45) bir odada yapıldı. KAHD parametrelerinin alınması için uygulanan metodolojik kriterler, Avrupa Kardiyoloji Derneği Görev Gücü ve Kuzey Amerika Pacing ve Elektrofizyoloji Derneğinin belirlemiş olduğu prosedürüne göre uygulandı (Kallee ve Hopman, 1993). Araştırma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (Onay tarihi ve sayısı: 04.06.2020-08).

Deneyel Prosedür

Araştırmada ilk gün; katılımcıların onam formlarının alınmasından sonra 5 kişilik grup halinde boy, ağırlık ve vücut kompozisyonu ölçümü yapıldı. Sonrasında Monark bisiklet ergometresinde 5 dakika ısınma periyodu verildi ve dakikada 130 ila 140 atımlık bir ısınma kalp atış hızına (bpm) ulaşılmaya çalışıldı. Anaerobik test öncesinde katılımcılara Polar H7 kalp bandı bağlandı. 30 saniye süren anaerobik kapasite testi uygulandı. Test öncesinde (30 saniye), test sırasında (30 saniye) ve test sonrasında (30 saniye) KAHD için kayıt alındı. İkinci gün öğleden sonra katılımcılara aynı ısınma protokolü uygulandı. Polar H7 kalp bandı bağlandı. KPET Bruce protokolü uygulandı. Test başlamadan önce (30 saniye), test süresince ve test bitiminde (30 saniye) KAHD kaydı alındı. Testler sırasında sağlık personeli hazır bulunduruldu. Ölçümler tamamlandıktan sonra WAnT ve KPET cihazının belirlediği anaerobik eşik bölgesini de içeren KAHD kayıt dosyaları Kubios programında analiz edildi. Veriler Microsoft Excel dosyasına işlendi ve kaydedildi.



- ❶ Boy Ölçümü. ❷ Ağırlık ve Vücut Kompozisyonu Ölçümü. ❸ Wingate Anaerobik Kapasite Testi.
- ❹ Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (Bruce Protokolü)

Şekil 1. Yapılan Ölçümlerin Zaman Planlaması

Veri Toplama Araçları

Boy: Katılımcıların boy uzunluğu International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) tarafından önerilen şekilde ve 1/10 cm hassasiyetle (Holtein Harpenden 601, Holtain Ltd., UK) ölçüldü.

Vücut Ağırlığı: Katılımcıların vücut ağırlıkları InBody marka 270 model (Biospace Co., G. Kore) vücut analiz cihazının ölçekli modeli kullanılarak 1/10 kg'lık tartı ile ölçüldü.

Vücut Kompozisyonu Analizi: Katılımcıların yağ oranı, kas kütlesi ve vücut kitle indeksi (VKİ) değerlerini elde etmek için InBody marka 270 model (Biospace Co., G. Kore) vücut analiz cihazı kullanıldı ve cihaz kılavuzunda belirtilen prosedüre göre ölçümler yapıldı. Elde edilen veriler % olarak kaydedildi.

Anaerobik Güç: Gönüllülerin anaerobik kapasitesi ölçümü, Wattbike marka bir ergometre (Wattbike WPM ModelB, Wattbike Ltd., İngiltere) kullanılarak yapıldı. Wattbike'ta 30 saniyelik bir test için güvenilirlik çalışması halihazırda yapılmıştır (Driller ve ark., 2013). 30 saniyelik bir testin her 5 saniyelik aralığında ortalama gücün bir hesaplamasını kaydeder ve en yüksek 5 saniyelik ortalamaya ve bir bozulma oranına dayalı bir tepe güç değeri sağlar. Katılımcılar tarafından oryantasyon seansı sırasında gerçekleştirilen aynı ısınma protokolünü tamamlandı ve hemen ardından vücut kütlelerinin %7.5'ine karşı bir bisiklet ergometresi üzerinde 30 saniyelik maksimal anaerobik egzersiz testine başlandı (Bar-Or, 1987). Bu test sırasında, katılımcılar sözel olarak maksimum çaba göstermeleri için teşvik edildi. Ortalama güç, tepe gücü ve bağıl güç, WAnT ile ölçüldü.

Aerobik Kapasite ve Anaerobik Eşik: Testte maksimum oksijen tüketimini belirlemek için altın standart olarak kabul edilen gaz analizörlü koşu bandı kullanıldı (h/p/cosmos quasar med 170-190/65, h/p/cosmos medikal GMBH, Almanya). Bruce protokolü uygulandı. Aşamalı protokol, VO_{2max} 'a ulaşılan kadar her 3 dakikada bir artan çalışma hızıyla (hız ve eğim) %10 eğimde 1.7 mil hızla başladı. Gaz fraksiyonları (oksijen ve karbondioksit) ağızda toplandı ve bir metabolik ölçüm cihazı (Cosmed Quark CPED Roma, IT) ile analiz edildi. Ölçümler, Omnia-Microsoft Windows sürüm 1.4 için bağımsız yazılımda işlendi. VO_{2max} için kriterler önceden belirlendi ve iki tanesi sağlandıysa test sonlandırıldı: Artan tempoya rağmen oksijen tüketiminde bir plato varsa ($\pm 2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$); solunum değişim oranı >1.10 üzerindeyse; kalp atış hızı on atım içinde yaşa göre tahmin edilen maksimum değer (220-yaş) üzerindeyse. 10 dakikalık ısınma süresinin ardından Bruce protokolü uygulandı. VO_{2max} belirlenirken 15 saniyelik zaman aralıklarında ortalama değerler alınarak verilerin analizi yapıldı. Eşik hesaplamalarında ise 5 saniye boyunca verilerin ortalama değerleri alınarak yeni bir veri grubu oluşturuldu. Anaerobik eşik, egzersiz sırasında vücudun aerobik metabolizmadan

anaerobik metabolizmaya geçiş yaptığı ve egzersiz yoğunluğunu temsil eden bir noktadır. Bruce protokolü, egzersiz yoğunluğunu zaman içinde kademeli olarak artıran bir protokoldür, bu nedenle egzersizin her aşamasında belirli bir süre ve hızda gaz analizi verileri kaydedilir ve egzersiz yoğunluğuna göre solunum gazlarındaki değişiklikler incelenir. Anaerobik eşik ve solunum eşiği gibi eşik değerleri, VO_2 , VCO_2 , gibi gaz analiz verileriyle ilişkilendirilebilir (Ekkekakis ve ark., 2008). Anaerobik eşik belirlenmesi; Kullanım süresi dolan gaz fraksiyonları (O_2 - CO_2) ağızdan alınarak Cosmed Quark CPED metabolik ölçüm cihazı ile analiz edildi. Ölçümler Microsoft Windows sürüm 1.4 için Omnia-Standalone yazılımında işlendi ve cihaz ve program tarafından eşik noktaları işaretlendi.

Kalp Atım Hızı Değişkenliği: Kalp atış hızını tespit etmek için Polar H7 bandı kullanıldı (Polar Electro, Kempele, Finlandiya). Elite HRV programı (Elite HRV Inc, ABD) ile nabız HRV verilerine dönüştürüldü. Kubios HRV programı versiyon 3.3.1 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Finlandiya, versiyon 3.1.0.1) (Tarvainen ve ark., 2014) kullanılarak detaylı analizler yapılmıştır. 1000 Hz örnekleme hızı seçilmiş ve kayıtlar e-posta yoluyla PC'ye aktarıldı. Egzersiz testinden önce, her deneğe, benimsenen tavsiyelere göre, iklim kontrollü bir laboratuvarında egzersiz minderi üzerinde 10 dakika boyunca uzanması talimatı verildi (Marek J. A. ve ark., 1996). Sistem tarafından sağlanan spektral yanıt 3 banda ayrıldı: çok düşük frekans (0.003-0.04 Hz), düşük frekans (0.04-0.15 Hz) ve yüksek frekans (0.15-0.4 Hz). Araştırmada kullanılan HRV parametreleri: "MeanRR: Milisaniye cinsinden R-R intervallerinin ortalaması, SDNN: NN intervallerinin standart sapması, RMSSD: Ardışık RR interval farklarının ortalama karekökü, LFnu gücü: Normalize edilmiş düşük frekans bandının mutlak gücü (0.04-0.15 Hz), HFnu gücü: Yüksek frekans bandının (0.15-0.4 Hz) normalleştirilmiş göreceli gücü, LF/HF: LF-HF gücünün oranı" (Shaffer ve Ginsberg, 2017).

İstatistiksel Analiz: Ortalama ve standart sapma hesaplandı. Büyüklüklere dayalı farklılıklar (Batterham ve Hopkins, 2006), ön test ve son test anlarındaki farklılıkları kontrol etmek için hesaplandı. Ön test, test ve son test için katılımcıların KAHD parametrelerini karşılaştırmak için tekrarlanan varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Grup içi KAHD parametrelerini karşılaştırmak için ön test, test ve son test sırasında tekrarlanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Grup içi karşılaştırmalar Bonferroni testi ile belirlendi. Küresellik varsayımı, Mauchly testi kullanılarak test edildi ve tüm pozitif testler için serbestlik derecelerine Greenhouse-Geiser düzeltme faktörü kullanıldı. Küçük (0.01), orta (0.06) veya büyük (>0.14) olarak kabul edilen Eta-kare (η^2) etki büyüklüğü hesaplandı. Test aşamalarını karşılaştırmak için t testi kullanıldı. Etki büyüklüğü Cohen's *d* olarak hesaplandı. 0.20 küçük. 0.50 orta ve 0.80 büyük etki büyüklüğü olarak kabul edildi. Tüm hesaplamalar SPSS versiyon 27 istatistiksel yazılım (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) ile yapıldı. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri Tablo 1’de, WAnT ve KPET öncesi-sırası-sonrasında KAHD parametrelerindeki değişimlerin karşılaştırılması Şekil 2’de ve WAnT ile KPET (Anaerobik Eşik) sırasında KAHD parametrelerinin karşılaştırılması Şekil 3’te gösterilmektedir.

Tablo 1. Katılımcıların Tanımlayıcı Özellikleri (n=25)

Tanımlayıcı Özellikler	Ort.	S.S.	Min.	Maks
Yaş (yıl)	24,00	0,90	23,00	26,00
Boy Uzunluğu (cm)	177,50	6,20	165,00	191,00
Ağırlık (kg)	80,40	8,30	64,50	100,30
VKİ (kg/m ²)	25,60	2,40	21,30	31,90
Yağ Oranı (%)	19,80	5,40	11,20	29,00
Anaerobik Relatif Zirve Güç (W/kg)	6,60	0,60	5,40	7,80
VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,60	5,60	30,60	52,90

Katılımcılar Tablo 1’deki ortalama değerlere göre; hafif kilolu (ACSM, 2013), anaerobik kapasiteleri düşük (Zupan ve ark., 2009) ve ortalama VO_{2max} değerine (Kenney ve ark., 2012) olduğu belirlendi.

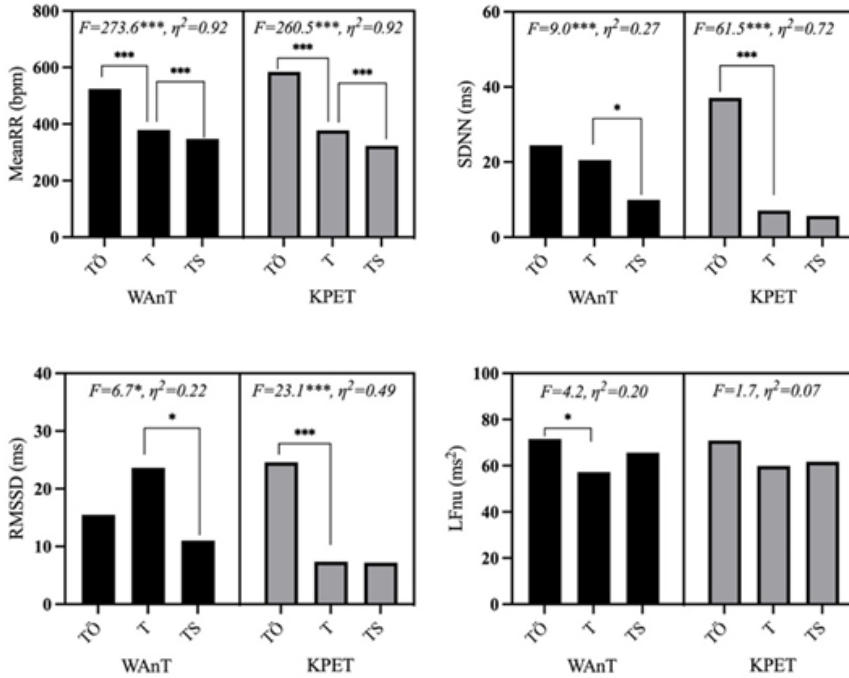
Tablo 2. AE ve AG KAHD Parametrelerinin Test Öncesinde-Test Sırasında-Test Sonrasında Değişimleri Arasındaki Farklılıkların Gösterimi (n=25)

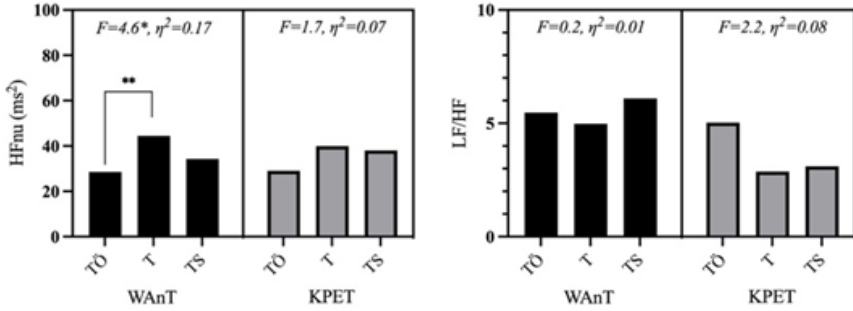
KAHD	Test	TÖ (Ort ± S.S)	T (Ort. ± S.S.)	TS (Ort. ± S.S.)	F	İkili Karşılaştırma	
MeanRR (bpm)	WAnT(AG)	524.4 ± 59.0	379.3 ± 31.7	347.9 ± 23.1	273.6***	1-2***; 2-3***; 1-3***	0.92
	KPET(AE)	584.2 ± 67.7	377.6 ± 41.5	323.0 ± 13.4	260.5***	1-2***; 2-3***; 1-3***	0.92
SDNN (ms)	WAnT(AG)	24.5 ± 14.6	20.5 ± 13.3	9.9 ± 10.0	9.0***	2-3*; 1-3**	0.27
	KPET(AE)	37.1 ± 18	7.1 ± 5.9	5.7 ± 6.1	61.5***	1-2***; 1-3***	0.72
RMSSD (ms)	WAnT(AG)	15.5 ± 13.0	23.6 ± 15.3	11.0 ± 11.5	6.7*		0.22
	KPET(AE)	24.6 ± 16.4	7.3 ± 8.8	7.2 ± 8.2	23.1***	1-2***; 1-3***	0.49

LFnu (ms ²)	WAnT(AG)	71.4 ± 20.3	57.1 ± 25.8	65.5 ± 26.0	4.2	1-2*	0.20
	KPET(AE)	70.9 ± 19.7	59.9 ± 23.6	61.7 ± 23.1	1.7		0.07
HFnu (ms ²)	WAnT(AG)	28.5 ± 20.3	44.4 ± 24.6	34.3 ± 25.7	4.6*	1-2**	0.17
	KPET(AE)	29.1 ± 19.6	40.0 ± 23.5	38.1 ± 23.0	1.7		0.07
LF/HF	WAnT(AG)	5.5 ± 6.8	5.0 ± 9.8	6.1 ± 7.8	0.2		0.01
	KPET(AE)	5.0 ± 6.1	2.9 ± 2.9	3.1 ± 3.1	2.2		0.08

TÖ=Test Öncesi; T=Test Sırası; TS=Test Sonrası;WAnT(AG)=Wingate Anaerobik Güç Testi; KPET(AE); Kardiyo-pulmoner Egzersiz Testinde Belirlenen Anaerobik Eşik; η_p^2 = Etki Büyüklüğü; ***=p<0.5; **=p<0.05; ****=p<0.001

Tablo 2'de görüldüğü üzere test öncesi-sırası-sonrasında zaman-alan değişkenleri arasında (MeanRR***-SDNN***-RMSSD*) anlamlı farklılık var iken frekans-alan değişkenlerinden HFnu* için farklılık bulunmaktadır. Bu farklılığında test öncesi ile test esnasındaki değişimden kaynaklandığı görülmektedir (p<0.05).

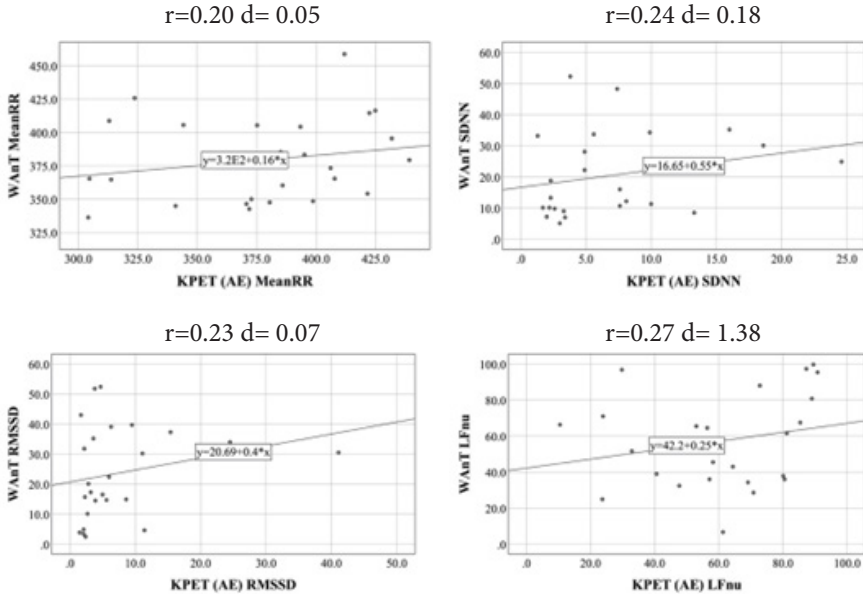


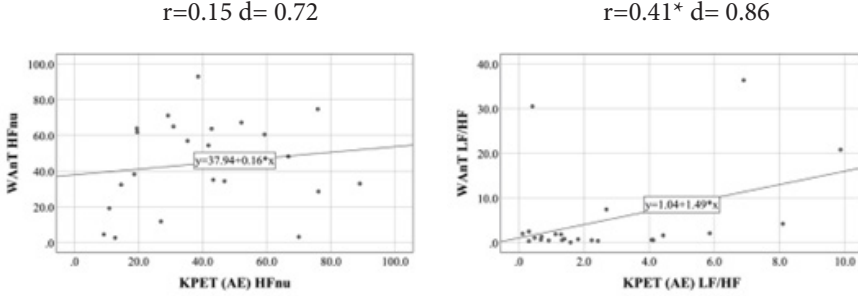


T0=Test Öncesi; T=Test Sırası; TS=Test Sonrası;WAnT(AG)=Wingate Anaerobik Güç Testi; KPET(AE); Kardiyo-pulmoner Egzersiz Testinde Belirlenen Anaerobik Eşik; = Etki Büyüklüğü; ***= $p<0.05$; **= $p<0.001$

Şekil 2. Wingate Anaerobik Testi ve Kardiyo-pulmoner Egzersiz Testi Öncesi-Sırası-Sonrasında KAHD Parametrelerindeki Değişimlerin Karşılaştırılması

Şekil 2'de gösterildiği üzere katılımcılarda her iki test içinde öncesinde-sırasında-sonrasında MeanRR değişimi anlamlıdır ($p<0.001$). LFnu ve HFnu değişimleri için test öncesi ile test sırasında WAnT açısından KPET'e göre anlamlı değişim gözlenmiştir. WAnT için sempatik aktivite göstergesi kabul edilen LFnu ile parasempatik aktivite belirteci olan HFnu değişimi test öncesinden test sırasına kadar olan bölümde daha anlamlıdır ($p<0.05$).





WAnT(AG)=Wingate Anaerobik Güç Testi; KPET(AE); Karđiyo-pulmoner Egzersiz Testinde Belirlenen Anaerobik Eşik; R=Korelasyon Katsayısı; d = Cohen's d Etki Büyüklüğü

Şekil 3. Wingate Anaerobik Testi ile Karđiyo-pulmoner Egzersiz Testi (Anaerobik Eşik) Sırasında KAHD Parametrelerinin Karşılaştırılması

Şekil 3'te her iki test sırasında zaman alanı parametrelerinde anlamlı bir farklılık bulunmazken, frekans alanı ölçümlerinde LFnu ($p<0.001$) ve HFnu ($p<0.05$) için anlamlı değişim söz konusudur. Sempatik aktiviteyi baskılama oranını ifade eden LF/HF oranı içinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.01$).

TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı anaerobik eşik ve anaerobik gücün kalp atım hızı değişkenliği açısından test öncesi ve sonrası değerlerle değişimi arasındaki farklılığın ve ilişkinin incelenmesidir. Araştırmada; anaerobik eşik ve anaerobik gücün kalp atım hızı değişkenliği açısından test öncesi ve sonrası değerlerle değişimi arasındaki fark var mıdır? ve anaerobik eşik ile anaerobik gücün KAHD parametreleri arasındaki ilişki var mıdır? sorularına yanıtlar arandı. Literatürde benzer çalışmaların kısıtlılığından dolayı tartışma değişkenleri ayrı olarak ele alan çalışmalarla yapılmıştır.

KAHD'nin zaman ve frekans alan değişkenleri, egzersizle ve egzersiz sonrası toparlanma sırasında sempatik ve vagal aktivitenin modülasyonunu değerlendirmek için kullanılmıştır (Heffernan ve ark., 2006). Araştırma verilerinin analizi sonucunda AG ve AE için zaman-alan değişimleri MeanRR için test öncesi-test sonrası ve sonrasında anlamlıdır ($p<0.001$). SDNN için değişim AG ölçümünde test sırası-test sonrası ($p<0.05$) ve test öncesi-test sonrası ($p<0.01$), RMSSD için ise sadece AE bölgesinde test öncesi-test sonrası ve test öncesi-test sonrası arasında anlamlıdır ($p<0.001$). Frekans-alan değişimleri için LFnu ($p<0.05$) ve HFnu ($p<0.01$) için test öncesi ile test sırası arasında anlamlı değişim görülmüştür. AE ile AG arasında ise KAHD parametrelerinden sadece LF/HF için anlamlı pozitif ilişki söz konusudur. Diğer parametrelerinde ise anlamlı olmasa da pozitif ilişki bulunmaktadır.

Kalp vagal modülasyonu, artımlı egzersizin sonunda oksijen alımının yaklaşık %50-60'ında neredeyse tamamen kaybolur, bundan sonra kalp atım hızındaki artışa esas olarak sempatik aktivasyon aracılık eder (Tulppo ve ark., 1998). KAHD kullanılarak AE ve solunum eşiği (SE) bölgelerinin belirlenebileceğini ifade eden çalışmalar mevcuttur (Cottin ve ark., 2006; Dourado ve ark., 2010; Karapetian ve ark., 2008). Başka bir çalışmada da SE'nin KAHD ile belirlenebildiği fakat AE'nin belirlenmesinde anlamlı bir değişim göstermediği belirtilmiştir. Egzersiz yoğunluğu, eşik bölgedeki yoğunluktan daha düşük olduğunda, LF'nin HF'ye kıyasla daha fazla arttığı, buna karşılık egzersiz yoğunluğu anaerobik eşikteki yoğunluğu aştığında, LF'ye kıyasla HF'nin daha fazla arttığı gösterilmiştir (Cottin ve ark., 2006). Shibata ve ark., (2002), KAHD'nin egzersiz şiddetinin artması ile azaldığını ve belirli bir seviyeye ulaştıktan sonra çok az değiştiğini, Anosov ve ark., (2000), egzersiz testi KAHD ile AE arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada HF bileşeni güçlü bir korelasyon gösterdiğini açıkladı. Ayrıca KAHD'nin HF bileşeninin solunumla senkronize olduğu bilinmektedir (Kristal-Boneh ve ark., 1995). Bizim çalışmamızda HFnu değişimi AG için anlamlı iken, AE için anlamlı olmasa da aynı artış vardı. Hem AE hem de AG için LFnu test öncesinden teste kadar artmış, HFnu'da test bölgesinde daha fazla artış göstermiştir. MeanRR için test öncesi ile test sırasında çok daha dramatik bir şekilde düşüş yaşanırken, test sonrası ve sonrasında düşüş anlamlı bir şekilde devam etmiş fakat başlangıçtaki kadar yüksek bir düşüş olmamıştır. RMSSD, AG testinde test sonrası-bölümde anlamlı şekilde azalırken, KPET'te AE için test öncesi-sırası arasında anlamlı düşüş kaydetmiştir. Şiddet WAnT'ta başlangıçta ani bir şekilde artmaktadır. AE için ise Bruce protokolde daha ılımlı bir egzersiz şiddet seviyesi ile başlamaktadır. RMSSD'deki farklılığın sebebinin test prosedürlerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Araştırmamızda AE ve AG'nin test aşamaları süresince KAHD değişimi ilişkisi sadece LF/HF parametresinde pozitif yönde anlamlıydı ($r=0.41^*$). Diğer tüm parametreler yine pozitif yönde ilişkiliydi fakat bu ilişki anlamlı değildi. Bu her iki ölçüm için de KAHD parametrelerinin değerlerinin düştüğünü göstermektedir. AG testi sırasında LF/HF nin daha yüksek bir değerde olmasının sebebinin ise vagal dengesizliğin burada daha fazla görülmesi olarak açıklayabiliriz.

KAHD, egzersiz sonrası toparlanma takibi için kullanışlı olabileceği daha önce bildirildi. Çalışmamızda test süresi ile aynı olacak şekilde test sonrasında da ultra-kısa-sürelili (30 saniye) KAHD kaydı kullanıldı ve her iki anaerobik test için de 30 saniyelik bir toparlanma süresinin KAHD parametrelerinin test öncesine dönmesi için yeterli olmadığı sonucuna varıldı. Millar ve ark., (2009), Wingate testinin ardından toparlanmanın 2 saatten fazla sürdüğü, Niewiadomski ve ark., (2007), Wingate testinden 1 saat sonra MeanRR, HF, SDNN ve RMSSD'nin toparlanmaya başladığını açıkladılar. Buna karşın toparlanmanın 1 ile 5 dakika ve sonrasında başladığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Esco ve Flatt, 2014; Nakamura ve ark., 2015).

Araştırmanın bazı sınırlılıkları vardı. Bu çalışmada sadece erkekler değerlendirildi. Anaerobik koşullarda KAHD değişimi merak edildiğinden anaerobik güç ile kardiyο-pulmoner test içerisinde aerobik kapasite, AE ve solunum eşiğı parametrelerinden sadece AE değerlendirildi. Katılımcılar hafif kilolu ve anaerobik kapasiteleri düşüktü.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma sonuçlarına göre kardiyο-pulmoner egzersiz testinden belirlenen anaerobik eşik ile Wingate testinde belirlenen anaerobik güç için kalp atım hızı değişkenliğı test öncesinden başlayarak test sırasında ve test sonrasında artarak düşmeye devam etmekte olup test sonrasında toparlanma sağlanamamaktadır. Anaerobik eşik ile anaerobik güç arasında kalp atım hızı değişkenliğı değişimleri arasındaki ilişki sadece LF/HF için pozitif yönde anlamlıdır. Anaerobik eşik ile anaerobik güç kalp atım hızı değişkenliğı parametrelerinin düşüşü açısından benzerlik gösterse de tam olarak birbiriyle ilişkili olduğu söylenemez. Gelecekte yapılacak çalışmalarda kadın ve erkek popülasyondan ve/veya elit sporcularda sedanter gruplar arasında yapılacak çalışmalar literatüre katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarları arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Bölümleri ve Oranları

Çalışma Dizaynı (Design of the Research): TA(%50), RA(%50)

Veri Toplama (Data Acquisition): TA(%50), NK(%50)

İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis): TA(%50), RA(%30), AKG(%20)

Makalenin Hazırlanması (Preperation of the Article): TA(%50), RA(%30), NK(%15), AKG(%15)

KAYNAKLAR

- ACSM. (2013). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Alparslan, T., Arabacı, R., Güngör, A. K., Şenol, L., & Küçük, N. (2022). The Effect of Static Stretching Exercises at Different Times on Heart Rate Variability Before Anaerobic Capacity Test. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 148-161. <https://doi.org/10.25307/jssr.1053448>
- Alparslan, T., Arabacı, R., & Görgülü, R. (2020). *Non-invasive Assessment of Heart Rate Variability during Maximum Oxygen Consumption (VO2max) Test*.
- Anosov, O., Patzak, A., Kononovich, Y., & Persson, P. B. (2000). High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold. *European journal of applied physiology*, 83(4-5), 388-394. <https://doi.org/10.1007/S004210000302>
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports medicine*, 4(6), 381-394. <https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001>
- Belli, T., Ackermann, M. A., Ribeiro, L. F. P., Langeani, R., Galdino da Silva, R., & Baldissera, V. (2007). Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 76(1), 18-23. <https://doi.org/10.1016/J.DIABRES.2006.07.028>
- Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., & Stone, P. H. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>
- Coote, J. H. (2010). Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Experimental physiology*, 95(3), 431-440. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.047548>
- Cottin, F., Leprêtre, P.-M., Lopes, P., Papelier, Y., Médigue, C., & Billat, V. (2006). Assessment of Ventilatory Thresholds from Heart Rate Variability in Well-Trained Subjects during Cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 27(12), 959-967. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923849>
- Dourado, V. Z., Banov, M. C., Marino, M. C., De Souza, V. L., Antunes, L. C. D. O., & McBurnie, M. A. (2010). A Simple approach to assess VT during a field walk test. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 698-703. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1255110>
- Ekkekakis, P., Thome, J., Petruzzello, S. J., & Hall, E. E. (2008). The Preference for and Tolerance of the Intensity of Exercise Questionnaire: A psychometric evaluation among college women. *Journal of Sports Sciences*, 26(5), 499-510. <https://doi.org/10.1080/02640410701624523>
- Esco, M. R., & Flatt, A. A. (2014). Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 535-541.
- Farsidfard, F., Kasikcioglu, E., Oflaz, H., Kasikcioglu, D., Meric, M., & Umman, S. (2008). Effects of different intensities of acute exercise on flow-mediated dilatation in patients with coronary heart disease. *International journal of cardiology*, 124(3), 372-374. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.11.243>
- Gaskill, S. E., Ruby, B. C., Walker, A. J., Sanchez, O. A., Serfass, R. C., & Leon, A. S. (2001). Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1841-1848. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00007>
- Guilkey, J. P., Overstreet, M., & Mahon, A. D. (2015). Heart rate recovery and parasympathetic modulation in boys and girls following maximal and submaximal exercise. *European journal of applied physiology*, 115(10), 2125-2133.
- Güngör, A. K., Topçu, H., Arabacı, R., & Şahin, Ş. (2022). The Effects of Different Recovery Methods on Blood Pressure and Heart Rate Variability in Hearing Impaired Athletes. *Ondokuz Mayıs University Journal of Sports and Performance Researches*, 13(3), 317-332. <https://doi.org/10.17155/OMUSPD.1197078>
- Heffernan, K. S., Kelly, E. E., Collier, S. R., & Fernhall, bo. (2006). Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 13(1), 80-86. <https://doi.org/10.1097/01.HJR.0000197470.74070.46>
- Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Human Kinetics. <https://books.google.com.tr/books?id=f2h3hWiN00Kc>
- Kallee, L. A. A., & Hopman, J. C. M. (1993). Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiologic interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-1065. *Intern. Med*, 118, 436-447.
- Karapetian, G. K., Engels, H. J., & Gretebeck, R. J. (2008). Use of heart rate variability to estimate LT and VT. *International Journal of Sports Medicine*, 29(08), 652-657. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989423>
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2012). *Physiology of sport and exercise 5th edition*. Human kinetics.

- Kristal-Boneh, E., Raifel, M., Froom, P., & Ribak, J. (1995). Heart rate variability in health and disease. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 21(2), 85-95. <https://doi.org/10.5271/SJWEH.15>
- Marek J. A., B., T., Camm, J., E., R., M., K. A., J., A., P., M., Schwartz, J., & Cardiology. (1996). Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *circulation*, 93(5), 1043-1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Millar, P. J., Rakobowchuk, M., McCartney, N., & MacDonald, M. J. (2009). Heart rate variability and nonlinear analysis of heart rate dynamics following single and multiple Wingate bouts. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(5), 875-883. <https://doi.org/10.1139/H09-086>
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 602-605.
- Niewiadomski, W., Gasiorowska, A., Krauss, B., Mróz, A., & Cybulski, G. (2007). Suppression of heart rate variability after supramaximal exertion. *Clinical physiology and functional imaging*, 27(5), 309-319. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.2007.00753.x>
- Poehling, C. P. (2019). The Effects of Submaximal and Maximal Exercise on Heart Rate Variability. *International Journal of Exercise Science*, 12(2), 9-14.
- Sanz-Quinto, S., Brizuela, G., López-Grueso, R., Flatt, A. A., Aracil-Marco, A., Reina, R., & Moya-Ramón, M. (2018). Monitoring Heart Rate Variability Before and After a Marathon in an Elite Wheelchair Athlete: A Case Study. *Journal of sports science & medicine*, 17(4), 557.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). *An overview of heart rate variability metrics and norms*. *Front Public Health*. 2017; 5: 258. Epub 2017/10/17. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258> PMID: 29034226 <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shibata, M., Moritani, T., Miyawaki, T., Hayashi, T., & Nakao, K. (2002). Exercise prescription based upon cardiac vagal activity for middle-aged obese women. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, 26(10), 1356-1362. <https://doi.org/10.1038/sj.IJO.0802131>
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*, 28(2), 299-323. <https://doi.org/10.1139/H03-023>
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J.-P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 210-220. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>
- Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Seppänen, T., Laukkanen, R. T., & Huikuri, H. V. (1998). Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 274(2), H424-H429. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.2.H424>
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solunum dergisi*, 14(1), 1-8.
- Zupan, M. F., Arata, A. W., Dawson, L. H., Wile, A. L., Payn, T. L., & Hannon, M. E. (2009). Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2598-2604.