



Catapult S7 ve X7 Mikro Elektro Mekanik Sistemlerinin Kalp Atım Hızı Ölçümlerindeki Farklılıklarının İncelenmesi

Investigation of Differences in Heart Rate Measurements of Catapult S7 and X7 Micro Electromechanical Systems

Zeki AKYILDIZ¹, Deniz ŐENTÜRK², İlker KİRİŐİCİ³, Őenay KABADAYI⁴, Osman DİŐŐEKEN⁵

¹Afyon Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Afyon
· zekiakyildiz@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-1743-5989

²İstanbul Gelişim Üniversitesi Besyo, İstanbul
· dsenturk@gelisim.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1736-6482

³Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· ilkerkirisci82@gmail.com · ORCID > 0000-0001-5480-9241

⁴Anadolu Üniversitesi Rektörlük, Eskişehir
· sbuyukca@anadolu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-2094-4848

⁵Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Nevşehir
· osmandisceken@gmail.com · ORCID > 0000-0003-2500-4932

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 30 Temmuz/July 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 5 Aralık/December 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt – Volume: 15 | Sayı – Issue: 3 | Sayfa/Pages: 391-404

Atıf/Cite as: Akyıldız, Z., Şentürk, D., Kiriőici, İ., Kabadayı, Ő., Diőőeken, O. "Catapult S7 ve X7 Mikro Elektro Mekanik Sistemlerinin Kalp Atım Hızı Ölçümlerindeki Farklılıklarının İncelenmesi" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 15(3), Aralık 2024: 391-404.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İlker KİRİŐİCİ

Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval: "Araştırma için İstanbul Gelişim Üniversitesi Rektörlüğü Etik Kurul Başkanlığı'ndan 20.11.2023 tarihli ve 2023-09-61 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır."

CATAPULT S7 VE X7 MİKRO ELEKTRO MEKANİK SİSTEMLERİNİN KALP ATIM HIZI ÖLÇÜMLERİNDEKİ FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ

ÖZ

Bu araştırmanın amacı Catapult markasına ait farklı modellerdeki mikro elektro mekanik sistemlerin (i) ortalama ve (ii) maksimal kalp atım hızı ölçümündeki geçerlilik ve güvenilirliğini incelemektir. Araştırmaya 30 elit akademi futbol oyuncusu (Yaş: 22 ± 3.4 yıl; Boy: 175 ± 8.4 cm; Kilo: 69 ± 4.5 kg) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların kalp atım hız değerlerini farklı atım aralıklarında ölçebilmek için yürüme, jog, koşu ve sprint gibi farklı aktiveleri içeren takım sporu simülasyon döngüsü uygulanmıştır. Takım sporu simülasyon döngüsü esnasında sporcuların ortalama ve maksimum kalp atım hızları Catapult marka mikro elektro mekanik sistemleri aracılığıyla tüm test esnasında kayıt altına alınmıştır. Katılımcılara eş zamanlı olarak dört farklı Catapult mikro elektro mekanik sistem ekipmanı giydirilmiştir. İki tane Catapult S7 yeleğe gömülü ve iki tanede H 10 Polar bandı aracılığıyla ölçüm yapan Catapult X7 ünitesinden eş zamanlı olarak veri elde edilmiştir. Bu yöntemle, modeller arası ve modellerin birimleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Modellerin ve ünite farklılıklarını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. Aynı zamanda farklılık hangi model ve ünitelerden kaynaklandığı tespit etmek için bonferroni post hoc analizi yapılmıştır. Modeller ve üniteler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Tek yönlü ANOVA ortalama kalp atım hızları ölçümünde ($F= 0,203$; $p=0,894$; $\eta^2= 0,002$) ve maksimum kalp atım hızı ölçümünde ($F= 0,262$; $p=0,852$; $\eta^2= 0,002$) model ve birimler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir. Pearson korelasyon analizinde tüm karşılaştırmalar arasında ($r \leq 0,9$) neredeyse mükemmel ilişkiler tespit edilmiştir. Araştırmanın bulguları, farklı Catapult modelleri ve ünitelerinin kalp atım hızı ölçümlerinde tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu iki sistemin birbiri yerine kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Catapult, Elektro Mekanik Sistem, GPS, Kalp Atım Hızı, Monitörizasyon.



INVESTIGATION OF DIFFERENCES IN HEART RATE MEASUREMENTS OF CATAPULT S7 AND X7 MICRO ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the validity and reliability of different microelectromechanical systems models belonging to the Catapult brand in the measurement of (i) average and (ii) maximal heart rate. Thirty elite academy football players (Age: 22 ± 3.4 years; Height: 175 ± 8.4 cm; Weight: 69 ± 4.5 kg) participated in the study voluntarily. To measure the heart rate values of the participants at different heart rate intervals, a team sport simulation cycle that included different activities such as walking, jogging, running, and sprinting was applied. During the team sport simulation cycle, the athletes' average and maximum heart rates were recorded during the entire test using Catapult brand microelectromechanical systems. The participants were simultaneously dressed in four different Catapult microelectromechanical system equipment. Data were obtained simultaneously from two Catapult S7 units embedded in the vest and two Catapult X7 units measuring via H 10 Polar bands. With this method, differences between models and units of models were examined. One-way ANOVA analysis was performed to determine differences between models and units. At the same time, Bonferroni post hoc analysis was performed to determine which model and unit caused the difference. Pearson correlation analysis was performed to determine the relationship between models and units. In one-way ANOVA average heart rate measurement ($F= 0.203$; $p=0.894$; $\eta^2= 0.002$) and maximum heart rate measurement ($F= 0.262$; $p=0.852$; $\eta^2= 0.002$), no statistically significant difference was observed between models and units. In Pearson correlation analysis, almost perfect relationships were detected between all comparisons ($r \leq 0.9$). The findings of the study show that different Catapult models and units are consistent and reliable in heart rate measurements. It is thought that these two systems can be used interchangeably.

Keywords: Catapult, Electromechanical System, GPS, Heart Rate, Monitoring.



GİRİŞ

Kalp atım hızı (KAH) organizmanın maruz kaldığı strese karşı fizyolojik olarak geri dönüş verme yöntemidir. KAH kas kasılması, ısı artışı, nem oranı ve yükselti gibi birçok farklı stres türüne karşı anlık olarak organizmanın yeni koşullara uyumu için olarak değişim gösterebilmektedir (Buchheit, 2014). Diğer taraftan sporcular tarafından yapılan antrenmanların şiddetinin ve hacminin ayarlanma-

sı için KAH oldukça büyük öneme sahiptir (Buchheit ve ark., 2012). Sporcular antrenmanlar esnasında yüksek KAH değerlerine ulaşması durumunda yapılan aktivitelerin organizma üzerinde oluşturduğu stres miktarı artmakta ve metabolik yanıtların artmasına neden olmaktadır (Stagno ve ark., 2007; Wing, 2018). Buna karşılık KAH değerlerinin düşük olması daha az metabolik yanıt oluşturmaktadır (Stagno ve ark., 2007; Wing, 2018). KAH miktarının değişimi ve farklılıkları sonucunda organizma üzerindeki biyokimyasal yanıtlarda farklılık göstermektedir (Buchheit ve ark., 2012; Buchheit, 2014; Mosley & Laborde, 2022). KAH değerleri ile kandaki yorgunluk cevapları arasında olan laktik asit arasında pozitif ilişki mevcuttur (Robergs ve ark., 2004; Lai ve ark., 2007). Aynı zamanda KAH değerleri solunum sistemindeki oksijenin vücutta kullanımıyla ilgili bizlere bilgi vermektedir (Robergs ve ark., 2004; Lai ve ark., 2007). Sporcunun aerobik ya da anaerobik enerji sistemlerinin hangisinde ne kadar oranda enerji üretildiği yine KAH değerlerine göre tespit edilebilmektedir (Stagno ve ark., 2007; Kiely ve ark., 2019; H. Silva ve ark., 2023). Algılan zorluk şiddetiyle de KAH değerleri ilişki göstermektedir (Borg, 1982; Borg ve ark., 1987; Scherr ve ark., 2013). Sonuç olarak KAH'nın egzersiz sırasında veya sonrasında sporcuların antrenman stresine karşı verdiği metabolik ve fizyolojik cevapları çok yönlü olarak takip etmek için kullanılacak pratik bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır (Buchheit ve ark., 2012; Buchheit, 2014; Mosley & Laborde, 2022).

Sporcuların antrenmanları esnasındaki KAH değerleri çeşitli yöntemlerle planlanmakta ve antrenmanlara yön verilmektedir (Buchheit ve ark., 2012; Wing, 2018; H. Silva ve ark., 2023). Hem antrenman esnasındaki yakılan enerjinin kalori ya da joule biriminden tespitinin yapılabilmesi hem de antrenmanın amacına göre sporcuya uygun antrenmanın yaptırılabilmesi için KAH değerlerinin farklı yüzdelerinde geçirilen süreler oldukça büyük önem arz etmektedir (Keytel ve ark., 2005; Fotouhi-Ghazvini & Abbaspour, 2020; Fuller ve ark., 2020). Antrenmanların amacına uygun aktivitelerin planlamasının ötesinde antrenman yükünün tespitinde KAH değerleri oldukça büyük öneme sahiptir (Halson, 2014; Foster ve ark., 2017; P. Silva ve ark., 2018). Özellikle maksimum KAH değerlerinin %80> üzerinde yapılan aktivitelerin sporcular üzerinde büyük stres oluşturduğu ve sporcuları sahadan uzak bırakabilecek sakatlıklara sebebiyet vermesinden dolayı günlük, haftalık ve yıllık antrenman planlamalarında ve diril kategorizasyonunda KAH tespiti öneme sahiptir (Owen ve ark., 2011, 2015; Bourdon ve ark., 2017;).

Geçmişten günümüze kadar farklı teknolojik çözümlerle KAH değerlerinin ölçümü yapılmıştır (Kranjec ve ark., 2014). Geçmişte çok pratik olmayan yöntemlerle yapılabilen KAH tespiti günümüzde daha pratik ve hızlı bir şekilde yapılabilir (Kranjec ve ark., 2014). Özellikle giyilebilir spor teknolojilerinin gelişmesiyle mikro elektro mekanik sistemlere (MEMS) entegre bir şekilde giyilebilir yelekler ya da göğüs bantları yardımıyla KAH tespiti hızlı ve anlık olarak tespit edilebilmektedir (Halson, 2014; Bourdon ve ark., 2017; Foster ve ark., 2017). Tüm antrenmanlara

anlık müdahaleler yapılabilmesi için sporcular tüm aktiviteler esnasına giyilebilir ekipmanlar aracılığıyla pratik bir şekilde MEMS ekipmanlarını kullanmaktadırlar (Halson, 2014; Foster ve ark., 2017; Wing, 2018; Mosley & Laborde, 2022). Ancak bu cihazların kullanıcılara sunduğu verileri kullanırken her zaman güvenilirliği ve cihazlar arasındaki farklılıkları konusunda şüpheli yaklaşmamız gerektiği unutulmamalıdır (Weakley ve ark., 2024). Cihazların sunduğu veriler farklı marka ve modele göre farklılıklar gösterebilmektedir. Markalara ve modellere göre KAH değerlerinin farklılık gösterebileceğiyle ilgili farklı marka ve modellere ait KAH ölçümü yapan cihazların güvenilirleriyle ve cihaz farklılıklarıyla ilgili araştırmalar yapılmıştır (Essner ve ark., 2013; Khushhal ve ark., 2017; Fuller ve ark., 2020). Ancak yazarların bilgisine göre Catapult marka S7 ve X7 modellerin KAH değerleri ölçümü esnasında modellerin sunduğu verilerin farklılıkları herhangi bir araştırmada incelenmemiştir. Bu nedenle bu araştırmanın amacı (i) Catapult markasına ait modellerdeki MEMS ekipmanlarının ortalama kalp atım hızını ölçmedeki ve (ii) maksimum kalp atım hızını ölçmedeki farklılıklarını incelemektir.

MATERYAL METOT

Katılımcılar

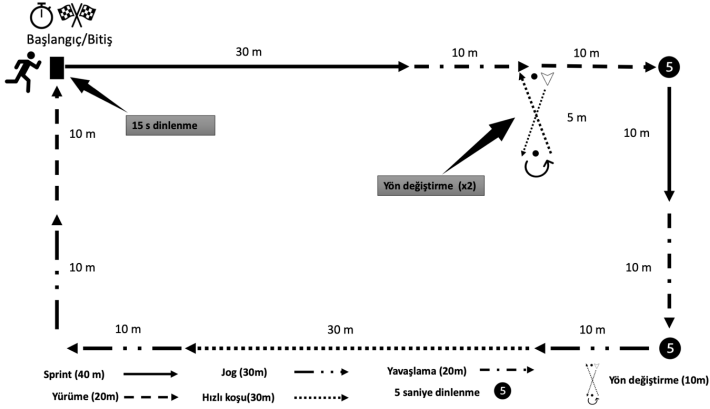
Bu araştırmaya, haftada en az dört gün düzenli antrenman yapan ve test sırasında sakatlığı bulunmayan 30 profesyonel futbol oyuncusu (Yaş: $22\pm 3,4$ yıl; Boy: $175\pm 8,4$ cm; Vücut ağırlığı: $69\pm 4,5$ kg) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar, gönüllü katılım formunu imzalamış ve araştırmaya etik kurallara uygun olarak katılmıştır. Tüm ölçümler standart bir çim saha ortamında gerçekleştirilmiştir. Araştırma protokolü, Helsinki Bildirgesi'ne uygun şekilde hazırlanmış ve Gelişim Üniversitesi Teknik Etik Kurulu tarafından (Karar No: 2023-09-61) onaylanmıştır.

Deneysel Prosedür

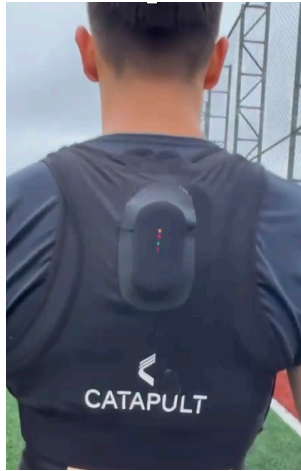
Bu araştırma futbol çim sahası üzerinde yapılan Takım Spor Simülasyon Döngüsü (TSSD) esnasında sporcuların kalp atım hızlarını ölçerek gerçekleştirilmiştir. TSSD, hızlanma, yavaşlama, yön değiştirme ve sprint gibi hareketleri içeren, yaygın olarak kullanılan bir takım sporu simülasyonudur (Akyıldız ve ark., 2022). Toplam 150 metrelik bir alanı sekiz tur koşarak tamamlanan test de farklı metrelerde farklı hızlanmalar, durmalar ve yön değişimleri mevcuttur. Sporcular toplamda 1200 metre koşarak testi tamamlamışlardır. TSSD protokolünün detayları Şekil 1' de gösterilmiştir. Araştırmamızda sporculara standart bir protokol uygulatabilmek amacıyla TSSD protokolünü kullanılmıştır.

Sporcular test esnasında aynı anda iki tane özel olarak üretilmiş olan yeleşin içerisine Catapult MEMS ekipmanına yerleştirildi. Yeleklerin içindeki cihazların iki kürek kemiğinin arasına gelecek şekilde giydirildi. Toplam iki yelek üst üste giy-

dirildi ve her yeleğin haznesine iki adet ünite mevcuttu. Sporculara giydirilen özel yeleğin görseli Resim 1'de belirtilmiştir. İki tane Catapult S7 ve iki tanede Catapult X7 MEMS ünitesinden eş zamanlı olarak veri elde edilmiştir. Bu sayede aynı anda elde edilen kalp atım hızlarının hem modeller arası hem de modellerin kendi içindeki birimleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Geçerliliği ve güvenilirliği daha önce kanıtlanmamış X7 ünitelerinden elde edilen veriler altın standart değer olarak daha önce güvenilirliği kanıtlanmış (Gilgen-Ammann ve ark., 2019; ve ark., 2019; ve ark., 2020) H 10 polar ekipmanlarına sahip X7 üniteleri ile karşılaştırılmıştır. Birim içi güvenilirlikler içinde tüm üniteler arasında karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Takım Sporü Simülasyon Döngüsü (TSSD)



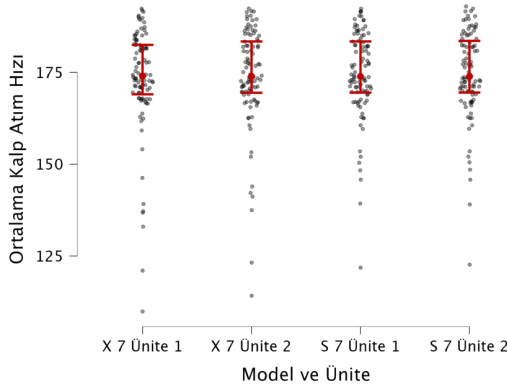
Resim 1. Takım Sporü Simülasyon Döngüsü Esnasında Ünitelerin Sporcu Üzerindeki Konumları

İstatistiksel Analiz

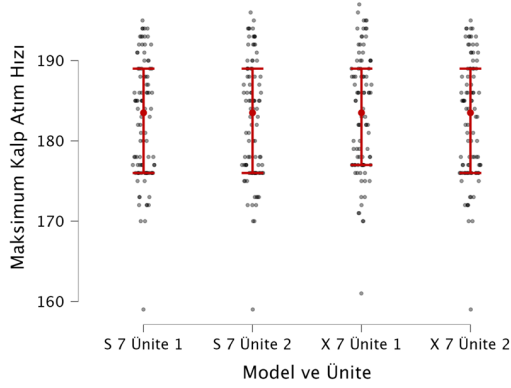
Shapiro-Wilk testiyle verilerin normallikleri sınanmıştır. Tüm verilerin normal dağıldığı tespit edildikten sonra, verilerin analizleri belirlenmiştir. Modellerin ve ünite farklılığını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. Aynı zamanda farklılıkların hangi model ve üniteden kaynaklandığı tespit etmek için bonferroni post hoc analizi yapılmıştır. Etki büyüklükleri için eta kare değerleri raporlanmıştır. 0-0,009 aralığındaki η^2 değerleri önemsiz etki büyüklükleri, 0,01- 0,0588 küçük etki büyüklükleri, 0,0589-0,1379 orta etki büyüklükleri ve 0,1379'dan büyük değerler büyük etki büyüklükleri olarak kabul edilmiştir (Taksler ve ark., 2013). Model ve ünitelerin farklılıklarını tespit etmek için Bland-Altman grafiği kullanılmıştır. Modeller ve üniteler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyonun büyüklüğü şu şekilde tanımlanmıştır: $r < 0,1$, önemsiz; $0,1 < r \leq 0,3$, küçük; $0,3 < r \leq 0,5$, orta; $0,5 < r \leq 0,7$, büyük; $0,7 < r \leq 0,9$, çok büyük ve $r \leq 0,9$ neredeyse mükemmel (Hopkins ve ark., 2009). Tüm istatistiksel testlerde anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ olarak belirlenmiştir. Tüm veri işleme adımları ve analizler R programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Ortalama ve maksimum kalp atım hızları arasındaki farklılıklar Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur. Ortalama kalp atım hızı ve maksimum kalp atım hızı ölçümünde model ve üniteler arasında farklılık tespit edilememiştir. İstatistiklere ait detaylar Tablo 1 ve Tablo 3 de belirtilmiştir. Post hoc analizlerine ait detaylar Tablo 2 ve Tablo 4' de belirtilmiştir. Model ve üniteler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için yapılan pearson korelasyon analizinde tüm karşılaştırmalar arasında $r \leq 0,9$ neredeyse mükemmel ilişkiler tespit edilmiştir. Pearson korelasyonu karşılaştırmalarına ait detaylar ortalama kalp atım hızı için Şekil 8, maksimum kalp atım hızı için Şekil 9'da belirtilmiştir.



Şekil 2. Ünitelerden elde edilen ortalama kalp atım hızı tanımlayıcı değerleri



Şekil 3. Ünitelerden Elde Edilen Maksimum Kalp Atım Hızı Tanımlayıcı Değerleri

Tablo 1. Ortalama kalp atım hızı farklılıkları için tek yönlü ANOVA sonuçları

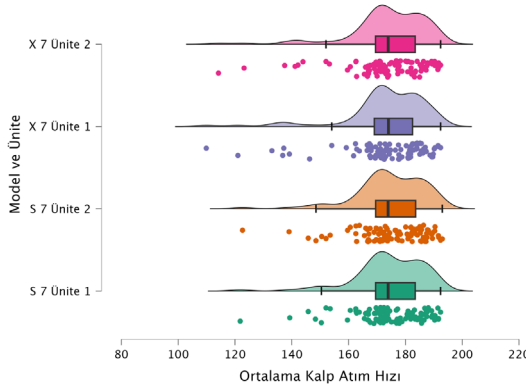
Durum	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	p	η^2
Model ve Ünite	106,700	3	35,567	0,203	0,894	0,002
Residuals	66494,985	380	174,987			

Yapılan analiz sonucuna Model ve Ünite Kareler toplamı 106,700 Residuals kareler toplamı 35,567 olarak bulunmuştur (p=0,894).

Tablo 2. Ortalama kalp atım hızı post hoc karşılaştırması

Ortalama Farklılık %95 Güven Aralığı							
		Ortalama Fark	Alt	Üst	SH	t	P_{bonf}
	S 7 Ünite 2	-0,040	-4,967	4,887	1,909	-0,021	1,000
S 7 Ünite 1	X 7 Ünite 1	1,230	-3,697	6,157	1,909	0,644	1,000
	X 7 Ünite 2	0,700	-4,227	5,627	1,909	0,367	1,000
S 7 Ünite 2	X 7 Ünite 1	1,270	-3,657	6,197	1,909	0,665	1,000
	X 7 Ünite 2	0,740	-4,187	5,667	1,909	0,388	1,000
X 7 Ünite 1	X 7 Ünite 2	-0,530	-5,457	4,397	1,909	-0,277	1,000

S 7 Ünite 1 değerleri ile S 7 Ünite 2, X 7 Ünite 1, X 7 Ünite 2 arasındaki ortalama fark sırasıyla; -0,040, 1,230, 0,700 olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Ünitelerden Elde Edilen Ortalama Kalp Atım Hızı Değerlerinin Farklılıkları

Tablo 3. Maksimum kalp atım hızı farklılıkları için tek yönlü ANOVA sonuçları

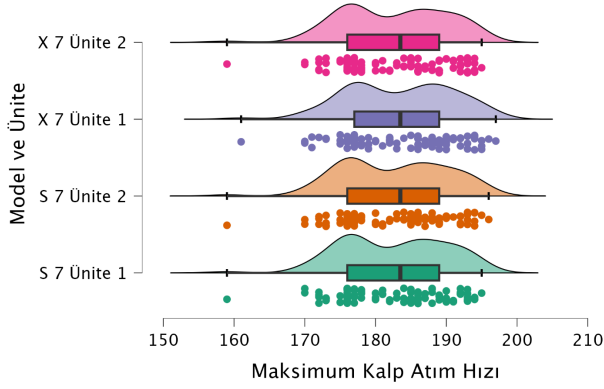
Durum	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	p	η^2
Model ve Ünite	42,865	3	14,288	0,262	0,852	0,002
Residuals	20691,875	380	54,452			

Model ve Ünite kareler toplamı 42,865 Residuals kareler toplamı 20691,875 olarak tespit edilmiştir (p=0,852).

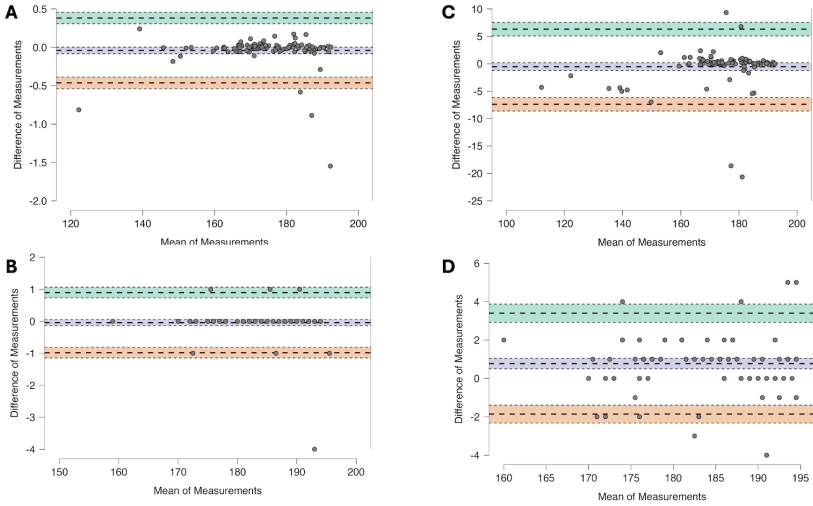
Tablo 4. Maksimum kalp atım hızı post hoc karşılaştırması

		Ortalama Farklılık %95 Güven Aralığı					
		Ortalama Fark	Alt	Üst	SH	t	P _{bonf}
	S 7 Ünite 2	-0,042	-2,79	2,707	1,065	-0,039	1
S 7 Ünite 1	X 7 Ünite 1	-0,792	-3,54	1,957	1,065	-0,743	1
	X 7 Ünite 2	-0,021	-2,769	2,728	1,065	-0,02	1
S 7 Ünite 2	X 7 Ünite 1	-0,75	-3,498	1,998	1,065	-0,704	1
	X 7 Ünite 2	0,021	-2,728	2,769	1,065	0,02	1
X 7 Ünite 1	X 7 Ünite 2	0,771	-1,978	3,519	1,065	0,724	1

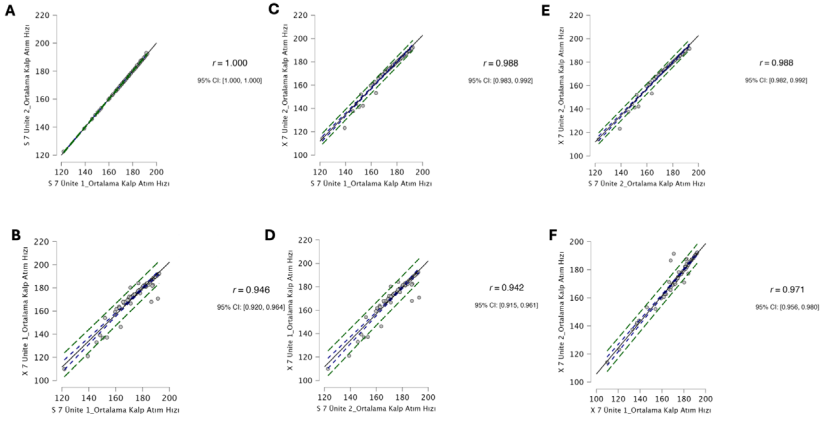
S 7 Ünite 1 değerleri ile S 7 Ünite 2, X 7 Ünite 1, X 7 Ünite 2 arasındaki ortalama fark sırasıyla; -0,042, -0,792, -0,021 olarak hesaplanmıştır.



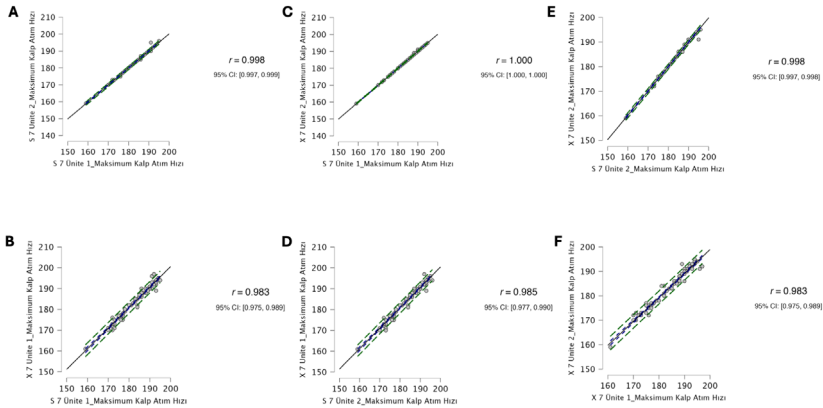
Şekil 5. Ünitelerden elde edilen maksimum kalp atım hızı değerlerinin farklılıkları



Şekil 6. Ünitelerden Elde Edilen Kalp Atım Hızı Farklılıklarına İlişkin Bland-Altman Analizleri; A:S 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı ; B:S 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı - S 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı; C:X 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı - X 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı; D:X 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı - X 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı



Şekil 7. Ortalama Kalp Atım Hızı Üniteler Arası Pearson Korelasyon Analizleri; **A:**S 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı; **B:** X 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı; **C:** X 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı; **D:** X 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı; **E:** X 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı; **F:** X 7 Ünite 2_Ortalama Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Ortalama Kalp Atım Hızı



Şekil 8. Maksimum Kalp Atım Hızı Üniteler Arası Pearson Korelasyon Analizleri; **A:**S 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı; **B:** X 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı; **C:** X 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı; **D:** X 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı; **E:** X 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı; **F:** X 7 Ünite 2_Maksimum Kalp Atım Hızı- S 7 Ünite 1_Maksimum Kalp Atım Hızı

TARTIŞMA

Bu araştırmanın da amacı (i) Catapult markasına ait farklı modellerdeki MEMS ekipmanlarının ortalama kalp atım hızını ölçmedeki ve (ii) maksimum kalp atım hızını ölçmedeki farklılıklarını incelemektir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda model ve üniteler arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Catapult X7 MEMS ekipmanlarından elde edilen kalp atım hızı verilerinin S7 ünitelerinde bulunan Polar H10 MEMS ekipmanları kadar geçerli ve güvenilir veriler sunduğu görülmektedir.

Antrenmanlarda ve müsabakalarda sporculara objektif olarak yön verebilmek için KAH oldukça popüler bir şekilde kullanılmaktadır (Owen ve ark., 2011; Bourdon ve ark., 2017; Foster ve ark., 2017). Hem antrenmanın şiddetini organize etmek hem de sporcular üzerinde oluşan antrenman yükünü tespit etmek için KAH değerleri pratik çözümler sunmaktadır (Buchheit, 2014; Halson, 2014; Bourdon ve ark., 2017; Wing, 2018; H. Silva ve ark., 2023). Giyilebilir spor teknolojileri, sporcular için önemli bir rehberdir (Crang ve ark., 2021). Ancak bu cihazların verilerinin tutarlılığı ve modeller arasındaki farklılıklar dikkate alınmalıdır (Bourdon ve ark., 2017; Weakley ve ark., 2024). Bu nedenle literatürde KAH değerlerinin ölçümünün geçerlilikleri ve güvenilirlikleriyle alakalı çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Essner ve ark., 2013; Khushhal ve ark., 2017; Gilgen-Ammann ve ark., 2019; Müller ve ark., 2019; Speer ve ark., 2020). Kullanılan teknolojilerin sadece geçerli ve güvenilirlerinin ötesinde aynı markaya ait farklı modellerin farklılıkları hatta aynı modelin kendi birimleri arasında farklılıklar olabilmektedir (Fuller ve ark., 2020; Speer ve ark., 2020; Schaffarczyk ve ark., 2022). Özellikle takım ortamında aynı markanın aynı modeline ait farklı sayılarda üniteler kullanılmaktadır (Crang ve ark., 2021). Bu ünitelerden elde edilen verilerin tutarlılığı antrenmanlara doğru yön verebilmek açısından oldukça önemlidir (Owen ve ark., 2011, Halson, 2014; Owen ve ark., 2015; Bourdon ve ark., 2017).

Araştırmamızda modellerin ve ünitelerin sundukları verilerin farklılıkları olabileceğini sorgulamayı amaçlamıştır. Catapult markasının koşu mesafesi ölçümü (Crang ve ark., 2021, 2022), ünite konumlarının ortaya çıkardığı farklılıklar (Akyildiz ve ark., 2022), kuvvet ve hız profillerinin (Cormier ve ark., 2023; Crang ve ark., 2024; Lentz-Nielsen & Madeleine, 2023; Makar ve ark., 2023) ölçümleri gibi çeşitli koşullardaki doğrulukları araştırılmıştır. Ancak yazarların bilgisine göre modellerin ve ünitelerin KAH değerlerini ölçmedeki farklılıkları daha önce herhangi bir araştırmada incelenmemiştir. Bu nedenle araştırmamızın özgün olduğu düşünülmektedir. Araştırmamızdan elde edilen bulgular sonucunda spor bilimciler ve antrenörler antrenmanlarında kullanacakları teknolojik çözümlerin sunduğu verilerin farklılıkları olup olmadığını görmektedirler. Aynı zamanda farklı modellerden elde edilen verilerin diğer modellerden elde edilmiş verilerle birlikte

kullanılabileceği görülmektedir. Araştırmamızın sınırlıkları arasında katılımcıların sadece futbol oyuncularından olması gösterilebilir. Gelecek araştırmalarda farklı branşlarda ve farklı KAH dinamiklerine sahip katılımcılar üzerinde araştırmaların planlanabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Araştırmamızdan elde edilen bulgular ışığında Catapult S7 ve X7 model ve birimlerinden elde edilen KAH değerlerinin neredeyse birbirleriyle aynı sonuçları sunduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda herhangi bir istatistiksel farklılık görülmemiştir. Geçerliği daha önce kanıtlanmış olan H10 polar banda sahip X7 MEMS üniteleriyle karşılaştırılan S7 MEMS üniteleri geçerli ve güvenilir veriler sunmuştur. Spor bilimciler ve antrenörler Catapult S7 ve X7 model kullanımları esnasında araştırmamızdan elde edilen bulguları göz önünde bulundurarak antrenman ve müsabaka verilerini yorumlayabilecekleri düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): ZA(%60), DŞ(%40)

Veri Toplanması (Data Acquisition): ZA(%60), İK(%40)

Veri Analizi (Data Analysis): ŞK(%100)

Makalenin Yazımı (Writing Up): ZA(%40), DŞ(%20), İK(%15), ŞK(%15), OD(%10)

Makale Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): ZA(%40), DŞ(%20), İK(%15), OD(%15), ŞK(%10)

KAYNAKLAR

- Akyıldız, Z., Clemente, F. M., Şentürk, D., Gürol, B., Yıldız, M., Ocak, Y., & Günay, M. (2022). Investigation of the convergent validity and reliability of unit position differences of Catapult S5 GPS units in field conditions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 17543371221100592. <https://doi.org/10.1177/17543371221100592>
- Borg, G. (1982). Ratings of Perceived Exertion and Heart Rates During Short-Term Cycle Exercise and Their Use in a New Cycling Strength Test*. *International Journal of Sports Medicine*, 03(03), 153-158. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026080>
- Borg, G., Hassmén, P., & Lagerström, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 679-685. <https://doi.org/10.1007/BF00424810>

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161-S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 711-723. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2014-0>
- Cormier, P., Tsai, M.-C., Meylan, C., Agar-Newman, D., Epp-Stobbe, A., Kalthoff, Z., & Klimstra, M. (2023). Concurrent Validity and Reliability of Different Technologies for Sprint-Derived Horizontal Force-Velocity-Power Profiling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(6), 1298-1305. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004429>
- Crang, Z. L., Duthie, G., Cole, M. H., Weakley, J., Hewitt, A., & Johnston, R. D. (2021). The Validity and Reliability of Wearable Microtechnology for Intermittent Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51(3), 549-565. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01399-1>
- Crang, Z. L., Duthie, G., Cole, M. H., Weakley, J., Hewitt, A., & Johnston, R. D. (2022). The inter-device reliability of global navigation satellite systems during team sport movement across multiple days. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(4), 340-344. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.11.044>
- Crang, Z. L., Duthie, G., Cole, M. H., Weakley, J., Hewitt, A., & Johnston, R. D. (2024). The validity of raw custom-processed global navigation satellite systems data during straight-line sprinting across multiple days. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(3), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.12.004>
- Essner, A., Sjöström, R., Ahlgren, E., & Lindmark, B. (2013). Validity and reliability of Polar® RS800CX heart rate monitor, measuring heart rate in dogs during standing position and at trot on a treadmill. *Physiology & Behavior*, 114-115, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.03.002>
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-2-S2-8. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2016-0388>
- Fotouhi-Ghazvini, F., & Abbaspour, S. (2020). Wearable wireless sensors for measuring calorie consumption. *Journal of Medical Signals & Sensors*, 10(1), 19. https://doi.org/10.4103/jmss.jmss_15_18
- Fuller, D., Colwell, E., Low, J., Orychock, K., Tobin, M. A., Simango, B., Buote, R., Van Heerden, D., Luan, H., Cullen, K., Slade, L., & Taylor, N. G. A. (2020). Reliability and Validity of Commercially Available Wearable Devices for Measuring Steps, Energy Expenditure, and Heart Rate: Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(9), e18694. <https://doi.org/10.2196/18694>
- Gilgen-Ammann, R., Schweizer, T., & Wyss, T. (2019). RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1525-1532. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04142-5>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Keytel, L., Goedecke, J., Noakes, T., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L., & Lambert, E. (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 289-297. <https://doi.org/10.1080/02640410470001730089>
- Khushhal, A., Nichols, S., Evans, W., Gleadall-Siddall, D., Page, R., O'Doherty, A., Carroll, S., Ingle, L., & Abt, G. (2017). Validity and Reliability of the Apple Watch for Measuring Heart Rate During Exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(06), E206-E211. <https://doi.org/10.1055/s-0043-120195>
- Kiely, M., Warrington, G., McGoldrick, A., & Cullen, S. (2019). Physiological and Performance Monitoring in Competitive Sporting Environments: A Review for Elite Individual Sports. *Strength & Conditioning Journal*, 41(6), 62-74. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000493>
- Kranjec, J., Beguš, S., Geršak, G., & Drnovšek, J. (2014). Non-contact heart rate and heart rate variability measurements: A review. *Biomedical Signal Processing and Control*, 13, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.03.004>
- Lai, N., Camesasca, M., Saidel, G. M., Dash, R. K., & Cabrera, M. E. (2007). Linking Pulmonary Oxygen Uptake, Muscle Oxygen Utilization and Cellular Metabolism during Exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 35(6), 956-969. <https://doi.org/10.1007/s10439-007-9271-4>
- Lentz-Nielsen, N., & Madeleine, P. (2023). Validation of football locomotion categories derived from inertial measurements. *Sports Engineering*, 26(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s12283-023-00414-8>

- Makar, P., Silva, A. F., Oliveira, R., Janusiak, M., Parus, P., Smoter, M., & Clemente, F. M. (2023). Assessing the agreement between a global navigation satellite system and an optical-tracking system for measuring total, high-speed running, and sprint distances in official soccer matches. *Science Progress*, 106(3). <https://doi.org/10.1177/00368504231187501>
- Mosley, E., & Laborde, S. (2022). A Scoping review of heart rate variability in sport and exercise psychology. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1-75. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2092884>
- Müller, A. M., Wang, N. X., Yao, J., Tan, C. S., Low, I. C. C., Lim, N., Tan, J., Tan, A., & Müller-Riemenschneider, F. (2019). Heart Rate Measures From Wrist-Worn Activity Trackers in a Laboratory and Free-Living Setting: Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(10), e14120. <https://doi.org/10.2196/14120>
- Owen, A. L., Forsyth, J. J., Wong, D. P., Dellal, A., Connelly, S. P., & Chamari, K. (2015). Heart Rate-Based Training Intensity and Its Impact on Injury Incidence Among Elite-Level Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1705-1712. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000810>
- Owen, A. L., Wong, D. P., McKenna, M., & Dellal, A. (2011). Heart Rate Responses and Technical Comparison Between Small- vs. Large-Sided Games in Elite Professional Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2104-2110. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a8a3>
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(3), R502-R516. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>
- 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. <https://doi.org/10.3390/s22176536>
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. (2013). Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>
- Silva, H., Nakamura, F. Y., Castellano, J., & Marcelino, R. (2023). Training Load Within a Soccer Microcycle Week—A Systematic Review. *Strength & Conditioning Journal*, 45(5), 568-577. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000765>
- Silva, P., Santos, E. Dos, Grishin, M., & Rocha, J. M. (2018). Validity of Heart Rate-Based Indices to Measure Training Load and Intensity in Elite Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8), 2340-2347. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002057>
- Speer, K. E., Semple, S., Naumovski, N., & McKune, A. J. (2020). Measuring Heart Rate Variability Using Commercially Available Devices in Healthy Children: A Validity and Reliability Study. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(1), 390-404. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010029>
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629-634. <https://doi.org/10.1080/02640410600811817>
- Taksler, G. B., Keshner, M., Fagerlin, A., Hajizadeh, N., & Braithwaite, R. S. (2013). Personalized Estimates of Benefit From Preventive Care Guidelines. *Annals of Internal Medicine*, 159(3), 161-168. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-159-3-201308060-00005>
- Weakley, J., Black, G., McLaren, S., Scantlebury, S., Suchomel, T. J., McMahon, E., Watts, D., & Read, D. B. (2024). Testing and Profiling Athletes: Recommendations for Test Selection, Implementation, and Maximizing Information. *Strength & Conditioning Journal*, 46(2), 159-179. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000784>
- Wing, C. (2018). Monitoring Athlete Load: Data Collection Methods and Practical Recommendations. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 26-39. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000384>