



Sağlıklı Genç Bireylerde Kalp Atım Hızı Ölçümü İçin Bir Mobil Uygulamanın Doğrulanması

İzzet KIRKAYA¹, Celil KAÇOĞLU²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Yozgat, Türkiye, izzet.kirkaya@btu.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-0468-8434>

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ckacoglu@eskisehir.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-1817-5234>

To cite this article/ Atf için:

Kırkaya, İ., Kaçoğlu, C., (2021). Sağlıklı genç bireylerde kalp atım hızı ölçümü için bir mobil uygulamanın doğrulanması. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 159-168.

Özet

Araştırmanın amacı farklı kalp atım hızı ölçme cihazlarının mobil uygulama olan Cardio® ile uyum düzeyinin belirlenmesidir. Bu amaçla 10 gönüllü katılımcı (yaş:21,7±2.0 yıl, boy:176.,0±11,1cm, vücut ağırlığı:66,9±10,5 kg) çalışmaya dahil olmuştur. Kesitsel araştırma modelinin kullanıldığı çalışmada katılımcılardan üçer kez ölçüm alınmıştır. Pulse oksimetre, telemetrik göğüs bandı ve Cardio® uygulamasından elde edilen veriler arasında fark olup olmadığını test etmek amacıyla SPSS 20.0 paket programı kullanılmıştır. Cardio® uygulamasının ölçümlerinin, telemetrik göğüs bandı ve pulse oksimetre ölçümlerinin ortalamalarının birbiri ile uyum düzeyinin (güvenirlilik) belirlenmesi için %95 güven aralığında sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ve Cronbach's Alpha değeri kullanılmıştır. Cardio® ve pulse oksimetre ile Cardio® ve telemetrik göğüs bandı ölçümlerinin arasında farklılık olup olmadığı tek örneklem T-testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda istatistiksel farklılık olmadığı görülmüştür. Farklı ölçüm yöntemlerinin birbirleri arasındaki uyum değerlerini bulabilmek için Bland-Altman grafiklerinden yararlanılmıştır. Bland-Altman grafik sonuçlarına göre ölçümler, uyum düzeyi sınırlarında yer almaktadır. Sonuç olarak Cardio® uygulamasının, pulse oksimetre ve telemetrik göğüs bandı ile tutarlı sonuçlar sergilediği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Cardio uygulaması, pulse oksimetre, telemetrik göğüs bandı, kalp atım hızı

Validation of an Mobile App for Heart Rate Measurement in Healthy Youngs

Abstract

The aim of the research was to determine the level of compatibility of different heart rate measuring devices with the mobile application named Cardio®. For this purpose, 10 volunteer (age:21,7±2,0 years, height:176,0±11,1 cm, weight:66,9±10,5 kg) participants were included in the study. In the study in which the cross-sectional research model was used, measurements were taken from the participants three times. SPSS 20.0 package program was used to test whether there is a difference between the data obtained from pulse oximetry, telemetric chest band and Cardio® application. Intraclass correlation coefficient (ICC) and Cronbach's Alpha value at 95% confidence interval were used to determine the level of agreement (reliability) between the measurements of the Cardio® application, telemetric chest band and pulse oximetry measurements. Differences between Cardio® and pulse oximetry and Cardio® and telemetric chest band measurements were analyzed with a single sample T-test. As a result of the analysis, it was seen that there was no statistical difference. Bland-Altman charts were used to find the agreement values between different measurement methods. According to the Bland-Altman chart results, the measurements are within the limits of the level of agreement. As a result, it is seen that Cardio® application exhibits consistent results with pulse oximetry and telemetric chest band.

Keywords: Cardio app, pulse oximetry, telemetric chest band, hearth rate

GİRİŞ

Akıllı telefonların iletişim, internet bağlantısı, sosyal medya ve çeşitli uygulamalar, veri depolama ve uzaktan etkileşim gibi birçok özelliklerinin etkisiyle insanlar telefonlarını neredeyse her an her yerde yanlarında bulundurmaktadırlar (Utomo ve Nuryani, 2021). Dünya üzerinde 2020'nin sonu itibarıyla 5,2 milyar mobil servis aboneliği bulunmaktadır ve bu da dünya nüfusunun %67'sine tekabül etmektedir (GSMA, 2021). Ayrıca dünya nüfusunun interneti etkin şekilde kullanmasının da etkisiyle bireyler gelişen teknolojinin de etkisiyle ister spor yapsın ister yapmasın hem kendi hem de yakınlarının sağlıklarını ve fizyolojik parametrelerini izlemek, korumak ve hatta iyileştirmek için kullanımı kolay, güvenilir, düşük maliyetli fizyolojik izleme çözümleri arayışına girmektedirler. Bu noktada bu tür verileri gerçek zamanlı olarak işleme ve kablosuz iletişim kanalları kullanarak ek bir donanıma ihtiyaç duymadan uzaktan bilgi aktarabilen çeşitli sensörlere sahip akıllı telefonlar, akıllı saatler gibi giyilebilir teknolojiler de giderek daha popüler ve etkili hale gelmektedir (Krebs ve Neuhauser, 2010; Scully vd., 2011; Papon vd., 2015).

Giyilebilir teknolojiler arasında çok sayıda uygulaması olması ve son kullanıcı için kolay yorumlanabildiğinden kalp atım hızı verileri en yaygın olarak kullanılan fizyolojik ölçümlerden biridir (Stone vd., 2021). Kalp atım hızı (KAH) kalbin ne kadar iyi çalıştığını gösterir (Papon vd., 2015). Dinlenik kalp atım sayısı, en basit kardiyovasküler parametrelerden birisidir ve genellikle dakikada ortalama 60-80 atımdır. Fakat zaman zaman bu değerler aşılabilir. Örneğin; fiziksel uygunluk düzeyi yetersiz, hareketsiz (sedanter) bireylerde 100'ü aşabilir. İyi antrenmanlı dayanıklılık sporcularında ise 30'a kadar düşebilir. Dayanıklılık antrenmanları uzun vadede parasempatik aktiviteyi artırır ve dinlenmede insan kalbindeki sempatik aktiviteyi azaltır. Antrenman kaynaklı bu iki otonomik etki dinlenik kalp atım hızını azaltır (Cook vd., 2006). Ayrıca çarpıntı, baş dönmesi, baygınlık, göğüs ağrısı, nefes darlığı gibi semptomların nedenlerinin bulunmasına da yardımcı olur. Taşikardi, bradikardi gibi rahatsızlıkları tespit etmede yardımcı olur. Yüksek KAH kalp krizine neden olabilir (Papon vd., 2015). KAH hastane ve ayakta hasta izleme dahil olmak üzere çok çeşitli klinik ortamlarda ölçülen önemli bir fizyolojik parametre olmasının yanı sıra, egzersiz sırasında ya da egzersizden hemen sonra KAH kardiyovasküler performans seviyesi ve sağlığı hakkında bilgi sağlar (Allen, 2007; Papon vd., 2015). Sağlıklı bireyler ve sporcularda KAH'nı izlemek egzersiz programlarının tasarlanması ve bireyin egzersizin şiddetine karşı verdiği tepkiyi, uzun vadede kardiyovasküler performanstaki adaptasyonları gözlemlemek, gündün güne farklılık gösterebilen iç yüklerden biri olan KAH'nı izlemek ve ayrıca aşırı antrenman sendromunun erken tespitinde ve bundan korunmada kullanılan oldukça yaygın, faydalı ve son derece önemli bir metottur (Karvonen ve Vuorimaa, 1988; Jeukendrup ve Diemen, 1988; Achten ve Jeukendrup, 2003; Akyıldız, 2019). Kalp hızı monitörü, kişinin gerçek zamanlı olarak kalp atış hızını ölçmesine veya daha sonra çalışmak için kalp atış hızını kaydetmesine izin veren kişisel bir izleme aygıtıdır. KAH ölçümü insan sağlığı açısından dikkat edilmesi gereken bir husustur. KAH artımı ve azalımı bireyin anlık heyecan korku sevinç durumuna bağlı olarak değişebildiği gibi herhangi bir hastalık ve fizyolojik etkilere maruz kaldığını da gösterir. Kalp hızı görüntüleme (KHG), bireylerin kalp sağlığı hakkında ön bir teşhis aracı olarak kullanılabilir (Koç ve Polat, 2017). Ayrıca teknolojinin ilerlemesiyle birlikte KAH ölçüm metodlarının yanında oksijen tüketim kapasitesi, hidrasyon seviyesi, termoregülasyon

gibi farklı parametrelerinin de akıllı telefon benzeri metotlarla izlenebilmesi, özellikle sporcular ve aktif sağlıklı bireyler için önemli hale gelebilecektir (Karvonen ve Vuorimaa, 1988).

Fotopletismografi (PPG), dolaşım sisteminin pulsatil yapısından kaynaklanan, derinin altındaki mikrovasküler doku yatağında meydana gelen kan hacmi değişikliklerini noninvaziv olarak ölçmek için kullanılan basit ve düşük maliyetli bir optik biyo-izleme tekniğidir (Allen, 2007). PPG teknikleri, anestezi uzmanları tarafından ameliyathanelerde nabız sayıcı olarak ve son zamanlarda spor merkezlerinde spor aletlerine dahil edilmiş veya bilekten ölçüm yapan spor saatleri gibi giyilebilir teknolojilerde kalp atım sayısı ölçer olarak kullanılmaktadır (Kamal vd., 1989). Optik bir teknik olarak PPG bir ışık kaynağına ve bir fotodetektöre ihtiyaç duyar. Işık kaynağı dokuyu aydınlatır ve fotodetektör kılcal damarlarda perfüzyon ile kan hacmindeki volüm değişiklikleri sonucu yansıyan veya iletilen ışık yoğunluğundaki küçük değişiklikleri algılar (Allen, 2007). PPG, ışığın damar ve dokularda yansıma ve iletme özelliğini kullanarak atım hızını hesaplar. Solunum sırasında arterler sırasıyla genişler ve daralır, bu da deride yansıya veya yayılan ışığın miktarında değişikliğe neden olur ve ayrıca dokulardan geçen ışığın kat ettiği yolun uzunluğunda da değişikliğe neden olur (Singh vd., 2018). PPG teknolojisi, kızıl ve kızılötesi dalga boylarındaki ışık kaynaklarını kullanan pulse oksimetre gibi pek çok medikal cihazda da yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Oksimetreler genellikle parmağa takılan probalar aracılığıyla ölçüm yapmaktadırlar. Ancak pulse oksimetrelerle, hastanın kan dolaşımında bir problem olması durumunda problemlerle ölçüm mümkün olmayacaktır. Ayrıca tek kullanımlık pahalı probalar gerektirmesi maliyeti arttırmaktadır (Bal ve Bal, 2015). PPG sinyalinin pulsatil bileşeni kalbin pompalama hareketinden kaynaklanır. Cilt kan akışını tahmin etmede kullanılan noninvaziv bir teknik olan PPG, sık ölçüm yapılması gereken durumlar için uygundur (Kamal vd., 1989). PPG ritmi KAH ile senkronudur ve bu nedenle KAH izlenmesinde de kullanılabilir (Allen, 2007).

Cep telefonu kameralarının pulsatil PPG sinyalini izleme potansiyeline sahip olduğunu ortaya konmuştur (Scully ve ark., 2011). Kameradan elde edilen kalp hızı değerleri ile pulse oksimetre ile ölçülen değerler örtüşmektedir (Koç ve Polat, 2017). Gelişen günümüz teknolojisi, akıllı telefonlar sayesinde kalp hızı tespitini ek bir araca ihtiyaç duyulmaksızın cihaz bünyesindeki özel sensörler yardımıyla ölçebilmektedir. Bunun yanında geliştirilen sensörler olmadan da sadece kamera ve geliştirilen özel görüntü işleme algoritmaları sayesinde aynı işlem gerçekleştirilebilmektedir (Koç ve Polat, 2017). PPG metoduyla kalp atış hızını ölçen akıllı telefon uygulamalarının güvenilir olduğu belirtilmekle birlikte, standart bir dijital kamera ile derinin optik video izlemesi, KAH sinyalindeki değişkenlikle ilgili yeterli bilgiyi içerdiğinden ve sonuç olarak doğru kalp atış hızı zaman serileri sağladığından, ek donanıma ihtiyaç duymamaktadır. Tek şart kamera aydınlatmasının ve optik sensörünün parmak ucuna yeterli mesafede konumlanmasıdır (Lee vd., 2012; De Ridder vd., 2018).

İdeal non-invaziv teknik güvenli, hassas, güvenilir, tekrarlanabilir, kullanımı basit ve ucuz olmalıdır. Teknolojinin hızla ilerlemesiyle KAH'nı güvenilir ve geçerli şekilde ölçmenin mümkün olmasına rağmen, KAH'nı izleme uygulamalarında mobil uygulamaların kullanılması ile ilgili olarak, ulusal alanda oldukça az bilgi bulunmaktadır (Kamal vd., 1989; Achten ve Jeukendrup, 2003). Telefonların beyaz flaşlarıyla bir bölgenin aydınlatılmasıyla uygulanabilecek görüntülemenin oksijen saturasyonunun değerlendirilmesinde kullanılan

pulse oksimetre benzeri PPG görüntüleme olarak tanımlanabileceği belirtilmiştir (Scully vd., 2011). Bu bilgiler doğrultusunda araştırma, mobil uygulama aracılığıyla ölçülen KAH izleme sonuçlarının antrenör, sporcu ve sedanter bireyler için ideal bir non-invaziv teknik olarak kullanılabilirliğinin incelenmesini amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Çalışmada kesitsel araştırma modeli kullanılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırmaya 10 erkek gönüllü olarak katılmıştır (yaş $21,7 \pm 2,0$ yıl, boy $176,0 \pm 11,1$ cm, vücut ağırlığı $66,9 \pm 10,5$ kg). Bütün katılımcılar araştırma öncesi sözlü ve yazılı olarak bilgilendirilmiştir ve hiçbirinin sağlık problemi bulunmamaktadır. Araştırmanın Etik Kurul izni yerel etik kurulundan alınmıştır (Protokol No:14236).

Prosedür

Gönüllü Katılımcıların 3 farklı cihaz kullanılarak gerçekleştirilen ölçümleri için kişilerin dinlenik olduğundan, ölçüm öncesi egzersiz yapmadığından emin olunduktan sonra, gönüllü katılımcılar hareketsiz ve konuşmayacakları şekilde sandalyeye oturtulmuştur. Parmak ucu temaslı PPG ölçümü için konforlu oturum sağlandıktan sonra parmak uçları kameraya temas edecek şekilde ölçümleri gerçekleştirilmiştir. PO ve GB ölçümleri de aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir (Gregoski vd., 2012).

Veri Toplama Araçları

Cardio[®] Test Protokolü

Cardio[®], bir kalp atım sayısı monitörüdür. Cardio[®]'nin teknolojisi MIT lisanslı ve orijinal olarak MIT Media Lab'da geliştirilen teknolojiye dayanmaktadır.

Vücutta bulunan kan, ışığı emer. Kalp her attığında, yüze ve parmağa giden kan akışı artar ve daha fazla emilmesine neden olur. Kalbin kanı dağıtmak için her atım arasında ışık daha az emilmektedir. Cardio[®] ile parmaktan veya yüzden yansıyan ışıktaki küçük değişimler kullanılarak, kalp atım sayısı hesaplanabilir.

Parmak modu: Parmakların soğuk olmadığından emin olunarak tüm arka kamerayı kapatacak şekilde parmak hafifçe kameraya yerleştirilir. Ölçülecek elin bileğine ve parmak üzerine kan akışını engelleyecek aksesuar vb. maddeler takılmamalıdır. Parmağa giden kanı engellemek için kameraya çok fazla baskı uygulanmamalıdır (Siu vd., 2016).

Pulse Oksimetre ile Kalp Atım Sayısı Belirleme

Ölçümler sırasında Medvelt (Contec Medical Systems, Oinhuangdao, Hebel, Çin) marka pulse oksimetre kullanılmıştır.

Yoğun bakımlarda, acil birimlerde, ameliyathanede, uyanma ünitesinde ve kliniklerde ya da çeşitli işlemler sırasında hastanın oksijen (O_2) saturasyonunu izlemek amacı ile geliştirilen pulse oksimetre, kullanımı basit ve aynı zamanda güvenilir bir yöntemdir. Pulse oksimetre, arteriyel kanda hemoglobinin oksijen saturasyonunun (SaO_2) sürekli monitörizasyonunu sağlayan invaziv olmayan bir uygulamadır (Craven vd., 2003). Işık kaynağı ve mikro işlemci

olmak üzere iki fonksiyonel bölümden oluşan pulse oksimetre, kalibrasyon gerektirmeyen bir araçtır. Nonpulsatil (venöz kan ve doku) ve pulsatil (arteriyal kan) spektrumu ayırma ve yaşayan dokular tarafından ışığın absorpsiyonunun ölçülmesi temeline dayanır (Akansel vd., 2010).

Telemetrik Göğüs Bandı ile Kalp Atım Sayısı Belirleme

Ölçümler sırasında Polar H7 (Bethpage, NY, ABD) telemetrik göğüs bandı kullanılmıştır. Uygulama öncesi cihazın vücuda temas edecek yeri uygun bir şekilde ısılatılmıştır. Telemetrik göğüs bandı PPG yöntemini kullanarak kkan damarlarındaki değişimleri izlemekte ve bu değişimleri KAH olarak yansıtmaktadır (Plews vd., 2017).

Verilerin Analizi

Veriler önceden hazırlanmış tablolara manuel olarak not edilmiş ve sonrasında da Microsoft Excel aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Veriler istatistiksel analiz için SPSS (Versiyon 20, IBM, Armonk, NY, ABD) programına aktarılmıştır. Telemetrik göğüs bandı (GB), pulse oksimetre (PO) ve Cardio® uygulaması ile elde edilen ölçüm sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri, ortalama ve standart sapma değerleri olarak gösterilmiştir. İlk olarak değişkenlerin normal dağılım sergileyip sergilemediği Shapiro-Wilk testi ile belirlenmiştir. Ayrıca veri setinde uç değer olmadığı kutu grafiklerinde gözlemlenmiştir. Cardio® uygulamasının eşzamanlı geçerliliği Pearson korelasyon katsayısı (r) ile %95 güven aralığında test edilmiştir. Ölçücü tarafından yapılan Cardio® uygulamasının ölçümlerinin, telemetrik göğüs bandı ve pulse oksimetre ölçümlerinin ortalamalarının birbiri ile uyum düzeyinin (güvenirlilik) belirlenmesi için %95 güven aralığında sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ve Cronbach's Alpha değeri kullanılmıştır. GB, PO ve Cardio® uygulaması olmak üzere 3 farklı ölçüm tekniğiyle yapılan dinlenik KAH ölçümlerinin birbiriyle uyum aralığı (LoA, Level of agreement) ve potansiyel sistematik biasını değerlendirmek için Bland-Altman metodu NCSS (Version 2021, Kaysville, Utah, ABD) programı aracılığıyla kullanılmıştır. Bland-Altman metodunda %95 güven aralığı (confidence interval) (CI; $d \pm 1,96$ SD) sifıra yakın olmalı ve ölçüm değerlerinin dağılımı mümkün olduğunca güven sınırları içerisinde yer almalıdır.

BULGULAR

Cardio® uygulaması, GB ve PO kullanılarak elde edilen ölçümlerle ilgili ortalamalar ve istatistik verileri Tablo 1'de gösterilmiştir. Cardio® ve PO ile Cardio® ve GB ölçümleri arasında farklılık olup olmadığı tek örneklem T-testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$). Buna göre Cardio® uygulamasıyla ölçülen KAH değerleri ile hem PO hem de GB ile ölçülen değerlerin arasında farklılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde ölçüm yöntemleri arasında bir uyumdan söz edilebilir. Cardio® uygulaması yapılan ölçümlerin PO ve GB ile yapılan ölçümler arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan Pearson korelasyon katsayısı analiz sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı analiz sonuçları Cardio® ve PO yine Cardio® ve GB ile yapılan dinlenik KAH değerleri arasında pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir (sırasıyla $r = 0,954$, $r = 0,982$, $p < 0,05$).

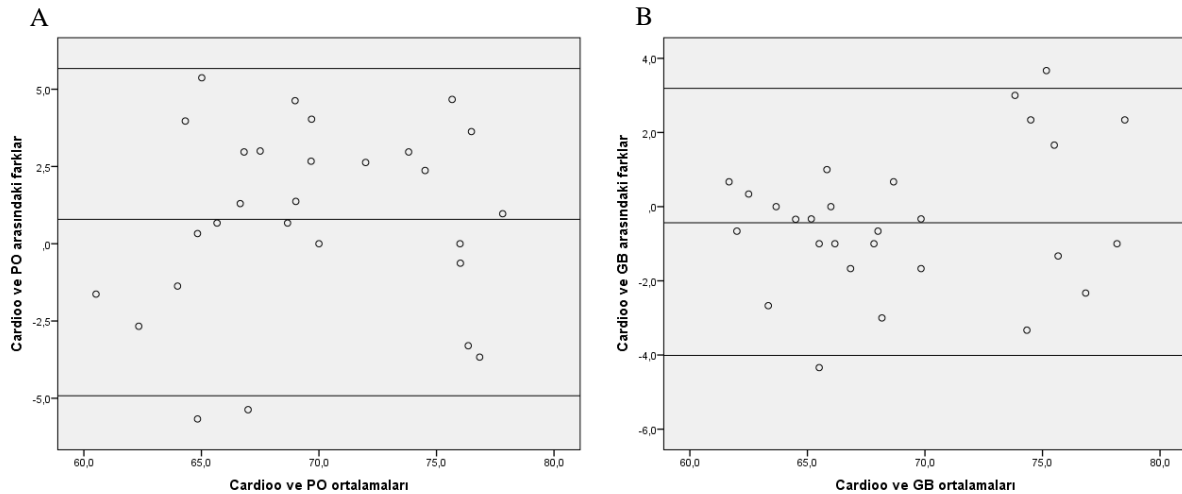
Bir değerlendiricinin elde ettiği 2 farklı ölçüm metodunun uyumu için, ölçüm metotları arasındaki iç tutarlılık ve %95 güven aralığındaki sınıf içi korelasyon katsayıları Tablo-1’de belirtilmiştir. Cardio® uygulaması ile PO, ve Cardio® uygulaması ile GB ile yapılan dinlenik KAH ölçüm sonuçları arasında iyi derecede uyum olduğu görülmektedir ($P<0,05$). İyi bir iç tutarlılık seviyesinin neye göre değişiklik gösterdiği hangi kaynağa atıf yapıldığına bağlı olarak değişiklik göstermekle beraber daha yüksek Cronbach’s Alfa (α) değerlerinin daha iyi olduğu ve genel olarak bakıldığında da 0,7 veya daha yüksek değerlerin önerildiği görülmektedir (DeVillis, 2003; Kline, 2005). Buna göre Cardio® uygulaması ile GB ve Cardio® uygulaması ile PO ile ölçülen dinlenik KAH değerlerinde yüksek düzeyde iç tutarlılık olduğu (sırasıyla 0.991 ve 0.975 ICC) ve yüksek düzeyde Cronbach’s Alfa değerlerine sahip olduğu görülmektedir (sırasıyla 0.991 ve 0.976).

Tablo 1. Cardio® uygulaması, GB ve PO ile ölçülen dinlenik KAH değerleri arasındaki istatistikler

Ortalama±Standard Sapma (atım/dk)			Tek örneklem T-Testi		Pearson korelasyon katsayısı		Sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC)	
Cardio®	67,3±9,4		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	ICC	α
PO	68,0±9,7	Cardio® ve GB	-1,22	0,232	0.982	0.00 *	0.991 *	0.991
GB	66,9±9,7	Cardio® ve PO	1,49	0,146	0.954	0.00 *	0.975 *	0.976

* $P<0.05$

PO ve GB ile ölçülen dinlenik kalp atım sayısı değerleri ile Cardio® uygulaması ile ölçülen dinlenik kalp atım sayısı değerleri arasında gözlenen uyum Şekil 1’de Bland-Altman grafikleri aracılığıyla gösterilmiştir. Bland ve Altman tarafından önerilen uyum sınırları (LoA) yöntemi, aynı miktarı ölçen farklı yöntemler arasındaki uyumu değerlendirmek için bir standart sunmaktadır (Zou, 2013). Bland-Altman grafiklerinde gösterilen dinlenik kalp atım sayısı ölçümlerinin büyük çoğunluğunun Cardio® ve PO ile Cardio® ve GB değerlerinin *ortalama farkları* $\pm [1.96 \times (\text{farkların standart sapması})]$ formülüyle hesaplanan uyum sınırları (Level of agreement-LoA) içerisinde olduğu görülmektedir. Buna göre Bland-Altman grafikleri Cardio® uygulamasının hem GB hem de PO ile alınan dinlenik KAH ölçümleri arasında yüksek uyum olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Cardio® Uygulaması ile PO ve GB ile yapılan dinlenik KAH ölçümleri için Bland-Altman grafiği: (a) Cardio® ve PO, (b) Cardio® ve GB. Kalın yatay doğrular ortalama farkları, yatay ince doğrular ise alt ve üst uyum düzeyini [$LoA = \text{Fark} \pm (1.96 \times \text{Standart sapma})$] belirtmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmanın temel amacı mobil uygulama kullanılarak elde edilen KAH ölçümlerinin, PO ve GB ölçüm yöntemleriyle arasındaki tutarlılığı incelemektir. Sonuçlar ele alındığında, yapılan istatistiksel test sonucuna göre anlamlı sonuç bulunamamıştır ($p>0,05$). Buradan hareketle farklı ölçüm yöntemleri arasında fark olmadığı sonucuna varılabilir.

Şekil 1. İncelendiğinde ise 10 gönüllü katılımcıya ait 3'er ölçümün Bland-Altman grafiklerinde güven aralıkları dahilinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu da farklı ölçüm yöntemlerinin tutarlılığını göstermektedir. Poh vd. (2017) yaptıkları çalışmada Cardiiio® uygulamasıyla PO ölçümlerini gönüllü katılımcıların dinlenik durumlarında karşılaştırmış ve yüksek düzeyde ($r=0,990$) uyumluluk bulmuşlardır. Araştırmamızda da Cardiiio® uygulamasıyla PO ölçüm yöntemleri arasında benzer istatistiksel sonuçlara ulaşılmıştır ($r=0,975$).

Yan vd. (2017) ise yaptıkları çalışmada 40 erkek gönüllü katılımcıyla araştırmalarını tamamlamışlardır. Elektrokardiyografi ve Cardiiio® uygulamasıyla yaptıkları ölçümlerde Bland-Altman grafiklerini iki farklı ölçüm yönteminin arasındaki uyumu test etmek için kullanmışlardır. Ölçümler hem dinlenik hem de egzersiz sonunda yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre elektrokardiyografi ve Cardiiio® uygulaması arasında yüksek uyum elde etmişlerdir (LoA %95). Araştırmamızda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır ve elde edilen sonuçların uyum sınırları içinde olduğu görülmektedir (LoA %95). Coppetti vd. (2017) PPG tabanlı yöntemleri elektrokardiyografi ve PO yöntemiyle karşılaştırmıştır. PPG tabanlı yöntemler kameraya parmak ucuyla temas içeren ve temas içermeyen şekilde ikiye ayrıldıkları için Coppetti vd. (2017) iki farklı parmak ucuyla temas içeren PPG ve iki farklı parmak ucuyla temas içermeyen PPG uygulamasından elde ettikleri verileri elektrokardiyografi sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Elektrokardiyografi ve PO arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır ($r=0,920$). Parmak ucunun kameraya temas ettiği PPG uygulamalarıyla yüksek korelasyon elde etmişlerdir (Sırasıyla; $r=0,830$; $r=0,960$). Fakat parmak ucunun kameraya temas etmediği uygulamalarda ise korelasyon daha düşüktür (Sırasıyla; $r=0,620$; $r=0,60$). Araştırmamızda sadece parmak ucunun kameraya temas ettiği PPG yöntemi kullanılmıştır. Tablo 1. incelendiğinde ise parmak ucunun kameraya temas ederek KAH ölçümü yapan Cardiiio® uygulamasıyla, PO ve GB KAH ölçümlerinin tutarlılık sergilediği ve yüksek korelasyon sonuçlarına ulaşıldığı görülmektedir. Coppetti vd. (2017)'nin söylediği gibi parmak ucuyla kameraya temas gerektiren PPG uygulamasının önemli düzeyde KAH ölçümü yaptığı sonucuna ulaşılabılır.

Dinlenik KAH, egzersiz sonrası KAH ve toparlanma sırasında gözlemlenen KAH temel fizyolojik ölçüm yöntemlerinden biridir ve fiziksel uygunluk seviyesi belirleme değişkeni olarak kullanılmaktadır. Günümüzde KAH ölçümü için akıllı saatler, kalp atım monitörleri gibi cihazlar kullanılsa da çoğu pahalı ve bilimsel açıdan geçerli-güvenilir değildir. Bu yüzden Cardiiio® uygulamasının kullanılması bilimsel açıdan güvenilir ve pahalı olmayan bir çözüm olarak görülmektedir (<http://1>).

Sonuç olarak parmak ucu teması gerektiren PPG uygulamalarının PO ve GB gibi cihazlar yerine kullanılabileceğini söyleyebiliriz.

Teşekkür

Ölçümlerin alınması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Burak Keyik ile araştırmaya katılan gönüllü katılımcılara, değerli destek ve katkıları için en içten teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Achten, J., and Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports Med.* 33, 517–538.
- Akansel N., Yıldız H., Pulse oksimetre değerlerinin güvenilir olması için neleri bilmeliyiz?, *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim*, 8(1), 44-8, 2010
- Akyıldız, Z. (2019). Antrenman yükü. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14(2), 152-175.
- Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological measurement*, 28(3), R1.
- Bal U., Bal A. (2015). Temassız fotoplethysmografi ile nabız kestiriminde hemoglobin seviyesinin etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17(50), 47-53.
- Cook, S., Togni, M., Schaub, M. C., Wenaweser, P., & Hess, O. M. (2006). High heart rate: A cardiovascular risk factor?. *European heart journal*, 27(20), 2387-2393.
- Coppetti, T., Brauchlin, A., Müggler, S., Attinger-Toller, A., Templin, C., Schönraht, F., ... & Wyss, C. A. (2017). Accuracy of smartphone apps for heart rate measurement. *European journal of preventive cardiology*, 24(12), 1287-1293.
- Craven R.F., Hirnle C.J., Monitoring with pulse oximetry, *Fundamentals of Nursing*, 4th ed. Philadelphia: Lippincot Company, pulse 2003. p. 821-3.
- De Ridder, B., Van Rompaey, B., Kampen, J. K., Haine, S., & Dilles, T. (2018). Smartphone apps using photoplethysmography for heart rate monitoring: Meta-analysis. *JMIR cardio*, 2(1), e8802.
- DeVellis, R. F. (2003). *Scale development: Theory and applications* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Gregoski, M. J., Mueller, M., Vertegel, A., Shaporev, A., Jackson, B. B., Frenzel, R. M., ... & Treiber, F. A. (2012). Development and validation of a smartphone heart rate acquisition application for health promotion and wellness telehealth applications. *International journal of telemedicine and applications*, 2012.
- GSMA Intelligence, *The Mobile Economy 2021*, Tech. Rep. Pp.4 (2021). <https://www.gsma.com>
- Http1: <https://blogs.bmj.com/bjasm/2017/02/17/review-cardiio-app-accurately-measure-heart-rate-rest-exercise-using-imaging-photoplethysmography/>
- Jeukendrup, A., & Diemen, A. V. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of sports sciences*, 16(sup1), 91-99.
- Kamal, A. A. R., Harness, J. B., Irving, G., & Mearns, A. J. (1989). Skin photoplethysmography—A review. *Computer methods and programs in biomedicine*, 28(4), 257-269.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports medicine*, 5(5), 303-311.

- Kline, R. B. (2005). Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.). New York: Guildford.
- Koç, K. O., & Polat, K. (2017, October). MATLAB GUI design for heart rate monitoring using smart phone camera. In *2017 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Kreps, G. L., & Neuhauser, L. (2010). New directions in eHealth communication: Opportunities and challenges. *Patient education and counseling*, 78(3), 329-336.
- Lee, J., Reyes, B. A., McManus, D. D., Maitas, O., & Chon, K. H. (2012). Atrial fibrillation detection using an iPhone 4S. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(1), 203-206.
- Papon, M. T. I., Ahmad, I., Saquib, N., & Rahman, A. (2015, January). Non-invasive heart rate measuring smartphone applications using on-board cameras: A short survey. In *2015 International Conference on Networking Systems and Security (NSysS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2017). Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, Polar H7 chest strap, and electrocardiography. *International journal of sports physiology and performance*, 12(10), 1324-1328.
- Poh, M. Z., & Poh, Y. C. (2017). Validation of a standalone smartphone application for measuring heart rate using imaging photoplethysmography. *Telemedicine and e-Health*, 23(8), 678-683.
- Scully, C. G., Lee, J., Meyer, J., Gorbach, A. M., Granquist-Fraser, D., Mendelson, Y., & Chon, K. H. (2011). Physiological parameter monitoring from optical recordings with a mobile phone. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(2), 303-306.
- Singh, N., Prince, A., Chattopadhyay, S., Patra, R., & Mukherjee, B. (2018, December). Design of a real-time heart rate monitoring system using photoplethysmography and smartphone. In *2018 15th IEEE India Council International Conference (INDICON)* (pp. 1-4). IEEE.
- Siu, D., Wong, C. K., Chan, P. H., Poh, Y. K., & Poh, M. Z. (2016). Head-to-head comparison of a camera-based smartphone application Cardio rhythmtm with alivecor[®] heart monitor for atrial fibrillation screening in primary healthcare setting. *Journal of The American College of Cardiology*, 67(13 Supplement), 696.
- Stone, J. D., Ulman, H. K., Tran, K., Thompson, A. G., Halter, M. D., Ramadan, J. H., ... & Hagen, J. A. (2021). Assessing the accuracy of popular commercial technologies that measure resting heart rate and heart rate variability. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 37.
- Ugnell, H., & Öberg, P. Å. (1995). The time-variable photoplethysmographic signal; Dependence of the heart synchronous signal on wavelength and sample volume. *Medical engineering & physics*, 17(8), 571-578.
- Utomo, T. P., & Nuryani, N. (2021, February). Photoplethysmogram peaks detection based on moving window integration and threshold for heart rate calculation on android smartphone. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1825, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- Yan, B. P., Chan, C. K., Li, C. K., To, O. T., Lai, W. H., Tse, G., ... & Poh, M. Z. (2017). Resting and postexercise heart rate detection from fingertip and facial

photoplethysmography using a smartphone camera: a validation study. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(3), e7275.

Zou, G. Y. (2013). Confidence interval estimation for the Bland–Altman limits of agreement with multiple observations per individual. *Statistical methods in medical research*, 22(6), 630-642.