

# Cep telefonlarından yayılan radyasyonun kısa dönem kalp hızı değişkenliği parametreleri üzerindeki etkileri

*Effects of radiation emitted from mobile phones on short-term heart rate variability parameters*

Metin Yıldız, Derya Yılmaz\*, İnan Güler<sup>1</sup>, Çağdaş Akgüllü<sup>2</sup>

Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği ve \*Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümleri, Ankara-Türkiye

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Ankara-Türkiye

<sup>2</sup>Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Aydın-Türkiye

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı; cep telefonlarından (CT) yayılan radyasyonun, otonom sinir sisteminin (OSS) girişimsiz bir göstergesi olarak kabul edilen, kalp hızı değişkenliği (KHD) parametreleri üzerindeki etkilerini, bu alanda daha önce yapılan çalışmalarda eksiklikleri dikkate alarak incelemektir.

**Yöntemler:** Bu amaçla, 30 genç ve sağlıklı deneğin katıldığı randomize kontrollü bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Üç periyot şeklinde düzenlenen deney sırasında, CT deneklerin sağ kulağına bir bone vasıtası ile tutturulmuş durumda iken, elektrokardiyogram (EKG) ve solunum sinyalleri kaydedilmiştir. Denekler içerisinden rastgele olarak seçilen 10 tanesi; üç deney periyodunun ikincisinde (Deney Grubu 1), 10 tanesi üçüncüsünde (Deney Grubu 2) CT'den yayılan maksimum güçlü radyasyona maruz bırakılmıştır. Kontrol grubunda CT kapalı tutulmuştur. Hesaplanan kısa dönem KHD parametrelerine, tekrarlı varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır.

**Bulgular:** Tekrarlı varyans analizi sonucuna göre; gruplar arası değişkenliğin önemli olmadığı fakat deney periyotları arasında bazı parametrelerde anlamlı farklar olduğu ve bu farkların gruplara göre değişik periyotlarda yer aldığı görülmüştür. Çoklu karşılaştırma testleri sonucunda; CT'den yayılan maksimum güçlü radyasyon sebebi ile kalp atım periyotları ve HF gücünde anlamlı farklar bulunmuştur.

**Sonuç:** CT'den yayılan maksimum güçlü radyasyon, genç ve sağlıklı bireylerin KHD'lerinde parasempatik otonom aktivite artışından kaynaklanan değişimlere sebep olabilir. Fakat bu değişimler günlük aktiviteler (heyecanlanma, sıkılma, ayağa kalkma vb.) sırasında görülebilecek KHD değişimleri ile benzer seviyededir. (*Anadolu Kardiyol Derg 2012; 12: 406-12*)

**Anahtar kelimeler:** Cep telefonları, kalp hızı değişkenliği, otonom sinir sistemi

## ABSTRACT

**Objective:** In this study, the effects of radiation emitted from mobile phone (MP) on heart rate variability (HRV) which is accepted a non-invasive indicator of autonomic nervous system (ANS) were investigated with considering the deficiency of previous studies.

**Methods:** A randomized controlled study has been designed and utilized with 30 young and healthy volunteers. During the experiment that had three periods, the electrocardiogram (ECG) and respiration signals were recorded and MP was attached to subjects' right ear with a bone. Ten subjects selected randomly were exposed to high -level radiation during the second period (Experimental Group 1). Ten of others were exposed during the third period with maximum level radiation (Experimental Group 2). Ten records were also made while MP was closed as a control. Short -term HRV parameters were obtained and repeated measures ANOVA and suitable post-hoc tests applied to the results.

**Results:** According to the results of the repeated measures ANOVA; there were no significant main effects of groups. However, there were some significant differences in measuring time periods and groups\*period interactions. The post-hoc tests showed that mean R to R interval and HF power are significantly changed by maximum radiation emitted from MP.

**Conclusion:** Due to the radiation emitted from MPs at maximum power, some changes may occur in HRV parameters that are associated with increased parasympathetic activity. But, the level of these changes is similar to daily activities as excitement, and stand up. (*Anadolu Kardiyol Derg 2012; 12: 406-12*)

**Key words:** Mobile phone, heart rate variability, autonomic nervous system

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Dr. Metin Yıldız, Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü Bağlıca Kampüsü, Eskişehir Yolu 20 km, Ankara-Türkiye Tel: +90 312 246 66 66/1327 Faks: +90 312 246 66 60 E-posta: myildiz@baskent.edu.tr

**Kabul Tarihi/Accepted Date:** 07.03.2012 **Çevrimiçi Yayın Tarihi/Available Online Date:** 07.05.2012

© Telif Hakkı 2012 AVES Yayıncılık Ltd. Şti. - Makale metnine [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com) web sayfasından ulaşılabilir.

© Copyright 2012 by AVES Yayıncılık Ltd. - Available on-line at [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com)

doi:10.5152/akd.2012.124

## Giriş

Son otuz yıl içerisinde yapılan çalışmalarda, otonom sinir sisteminin (OSS) sempatik aktivitesindeki artma ile vagal aktivitesindeki azalmaya bağlı olarak aritmilerde görülen artışın, özellikle kardiyak enfarktüsün sonrasında ani kardiyak ölümlere sebep olabileceği gösterilmiştir (1-4). Elektrokardiyogram (EKG) kayıtlarından kolayca elde edilebilen kalp hızı değişkenliği (KHD) sinyalleri, kardiyak otonomik aktivitenin girişimsiz bir şekilde belirlenmesinde kullanılmaktadır (5, 6). Günümüzde KHD analizleri, sağlıklı kişilerde otonomik aktiviteyi harekete geçirici uyarılara verilen tepkilerin tespit edilmesinde de kullanılmaktadır.

Literatürde, cep telefonlarının (CT) kardiyak otonomik aktivite üzerindeki etkisini, KHD analizlerini kullanarak inceleyen çalışmalar mevcuttur (7-13). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında, birbirleriyle çelişmekte oldukları görülmektedir. Tahvanainen ve ark. (7) Atlasz ve ark. (8) Tamer ve ark. (9) ve Barutçu ve ark. (10) CT'den yayılan radyasyonun KHD parametrelerini, dolayısıyla OSS'yi etkilemediğini belirtmişlerdir. Parazzini ve ark. (11) KHD parametrelerinden çoğunun etkilenmediğini fakat bazı parametrelerde küçük değişimler olabileceğini belirtmişlerdir. Buna karşın; Wilen ve ark. (12) CT'nin kendisini etkilediği konusunda subjektif düşüncelere sahip olan denek grubunda, düşük ve yüksek frekans güçlerinin (LF/HF) oranında sempatik aktivitenin arttığını görmüşlerdir. Andrzejak ve ark. (13) ise çalışmalarında, CT ile konuşma sırasında, deneklerin OSS aktivitesinde değişimler olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen farklı sonuçlar, KHD analizlerinin güvenilirliğini etkileyebilecek olan ve aşağıda sözü edilen bazı parametrelerin, deneyler sırasında dikkate alınmamasından kaynaklanabilir.

Solunum frekansı ve hacmindeki değişikliklerin, KHD'den tespit edilen OSS ile ilişkili parametrelerde değişiklikler oluşturduğu bazı çalışmalarca gösterilmiştir (14-17). Yıldız ve ark. (17) çalışmalarında, KHD'nin solunum dikkate alınmaksızın doğru olarak değerlendirilemeyeceğini belirtmişlerdir. CT'lerin KHD üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalardan, Wilen ve ark. (12) ve Andrzejak ve ark. (13) solunum durumunu dikkate almışlardır. Yemek sonrasındaki KHD parametreleri, yemek öncesine göre değişim göstermektedir (18, 19). İlgili çalışmalardan sadece Andrzejak ve ark. (13) deneklerin aç karnına deneye alındığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Pinna ve ark. (20) aynı deneklerden farklı günlerde aldıkları KHD parametrelerinin büyük değişimler gösterebildiğini görmüşler ve bu durumun KHD analizlerinin güvenilirliğini azaltacağını ifade etmişlerdir. Wilen ve ark. (11) ve Parazzini ve ark.'nın (12) çalışmalarında; aynı deneklerden alınan kontrol ve CT'den yayılan radyasyona maruz kalma verileri farklı günlerde kaydedilmiştir. Barutçu ve ark. (10) ile Andrzejak ve ark. (13) ise kayıtlarını aynı oturum içerisinde gerçekleştirmişlerdir. Bu alandaki diğer çalışmalarda bu konularla ilgili açıklama yapılmamıştır.

Yukarıda sayılan, KHD'nin güvenilirliğini etkileyen unsurların sadece Andrzejak ve ark.'nın (13) çalışmasında dikkate alındığı görülmektedir. Ancak, bu çalışmada denekler deney müddeti içerisinde konuşturulmuşlardır. Bernardi ve ark.'nın (21), konu-

manın KHD parametrelerini değiştirdiğini gösteren çalışması dikkate alınırsa, Andrzejak ve ark.'nın (13) çalışmasında görülen KHD değişimleri, konuşmadan kaynaklanmış olabilir.

Bu çalışmanın amacı, CT'den yayılan radyasyonun KHD üzerinde etkisi olup olmadığını, bu alanda daha önce yapılan çalışmalardaki eksiklikleri dikkate alarak araştırmaktır. Bu amaçla yukarıda sözü edilen faktörler (solunum, açlık tokluk durumu, deneyin tamamının aynı oturumda uygulanması ve deneklerin konuşturulmaması) ile birlikte KHD analizlerini etkileyebilecek diğer fizyolojik ve psikolojik faktörler de (ilaç kullanımı, kafeinli ve alkollü içecek tüketimi, sigara içilmesi vb.) dikkate alınarak deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

## Yöntemler

### Çalışma dizaynı ve popülasyonu

CT'ler elektromanyetik enerji alıp, yayabilen düşük güçlü elektronik cihazlardır. Mevcut standartlara göre CT'ler ile aktarılacak maksimum güç değeri, ülkeden ülkeye değişebilmekle birlikte, iletişimin 900 MHz'te sağlanması durumunda 2 Watt, 1800 MHz'te sağlanması durumunda 1 Watt civarındadır (22, 23). CT bekleme konumundayken minimum güç yayar. Arama ve aramanın başlangıcında, baz istasyonu ile iletişim durumuna göre, CT'den yayılan güç maksimum seviyede iken, iletişim kurulduktan sonra bu değer miliWatt'lar seviyesine düşer (24).

Yukarıda verilen bilgiler dikkate alınarak hazırlanan randomize kontrollü çalışmada, deneklerin CT'den yayılan minimum radyasyona maruz kalmalarını sağlamak amacı ile CT, açık ve bekleme durumunda iken, deneklerin sağ kulağına bir bone vasıtası ile tutturulmuştur. Deneğin maksimum güçteki radyasyona maruz kalması için, CT farklı bir odadan 30 saniyede bir aranmıştır. Deneyler sırasında 900 MHz'te iletişim sağlayan bir CT hattı ve SAR (specific absorption rate - özgül soğrulma oranı) değeri 0.56 W/kg olan bir CT kullanılmıştır. Kullanılan CT'nin SAR değeri, sağ yanak için bir laboratuvarında ölçtürülmüş ve maksimum SAR değerinin 0.446 W/kg olduğu belirlenmiştir. Böylece deneklerin 2W/kg olan güvenlik limitinin altında bir seviyede radyasyona maruz bırakılmaları güvence altına alınmıştır.

Yapısal kalp hastaları, koroner arter hastaları, obezite, diyabet ve hipertansiyonu olan, inme geçiren veya düzenli ilaç kullanan hastalar deneye alınmamışlardır. Deney, daha önceden rapor edilmiş ciddi bir sağlık sorunu olmayan, sağlıklı 30 gönüllü genç (15'i erkek, 15'i bayan) ile gerçekleştirilmiştir. Deneklerin yaş ortalaması 21.2±2.21, ağırlıklarının ortalaması 67.5±12.5 kg'dir. Çalışmamız Başkent Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandıktan sonra, tüm denekler deney hakkında bilgilendirilmiş ve deneye gönüllü katıldıklarına dair yazılı izinleri alınmıştır.

### Deney protokolü

Deneyler, deney düzeneği dışındaki tüm elektrikli cihazlar kapatıldıktan sonra, Başkent Üniversitesi telekomünikasyon laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denekler, dolaşım sistemle-

rinin kararlı duruma gelmesi için, beş dakika süre ile oturur pozisyonda dinlendirildikten sonra, EKG ve solunumları kaydedilmiştir (Şekil 1). Bu kayıtlar için BIOPAC MP30 (BIOPAC Systems, Inc., Goleta, CA) fizyolojik veri toplama sistemi kullanılmıştır. Sinyaller 1KHz'lik örnekleme frekansı ve 10 bitlik çözünürlükle bilgisayara aktarılmıştır. Kayıt sisteminin CT'den yayılan radyasyona duyarlılığı, Dinler ve Yıldız'ın çalışmalarındaki gibi (25), Minisim Hasta Simülatörü (NETECH Corporation, USA) kullanılarak test edilmiş ve analizleri etkileyecek herhangi bir etkiye rastlanmamıştır.

Deneyler 7'şer dakikalık üç ardışık periyot şeklinde düzenlenmiş olup, tüm deneklerden 21'er dakika süre ile EKG ve solunum sinyalleri eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Kontrol grubundaki 10 denekten kayıt alınırken CT kapalı tutulmuştur. Rastgele olarak ikiye ayrılan denek gruplarından birincisinde (Deney Grubu 1); deneyin ikinci 7 dakikasında, ikincisinde (Deney Grubu 2); deneyin üçüncü 7 dakikasında denekler CT'den yayılabilecek maksimum güçlü (CT sürekli aranarak) radyasyona maruz bırakılmışlardır. Her iki deney grubunda da arama periyodu dışındaki sürelerde CT bekleme durumunda tutularak, deneklerin minimum güçlü radyasyona maruz kalmaları sağlanmıştır. Deney protokolü Tablo 1'de şematik olarak gösterilmiştir.

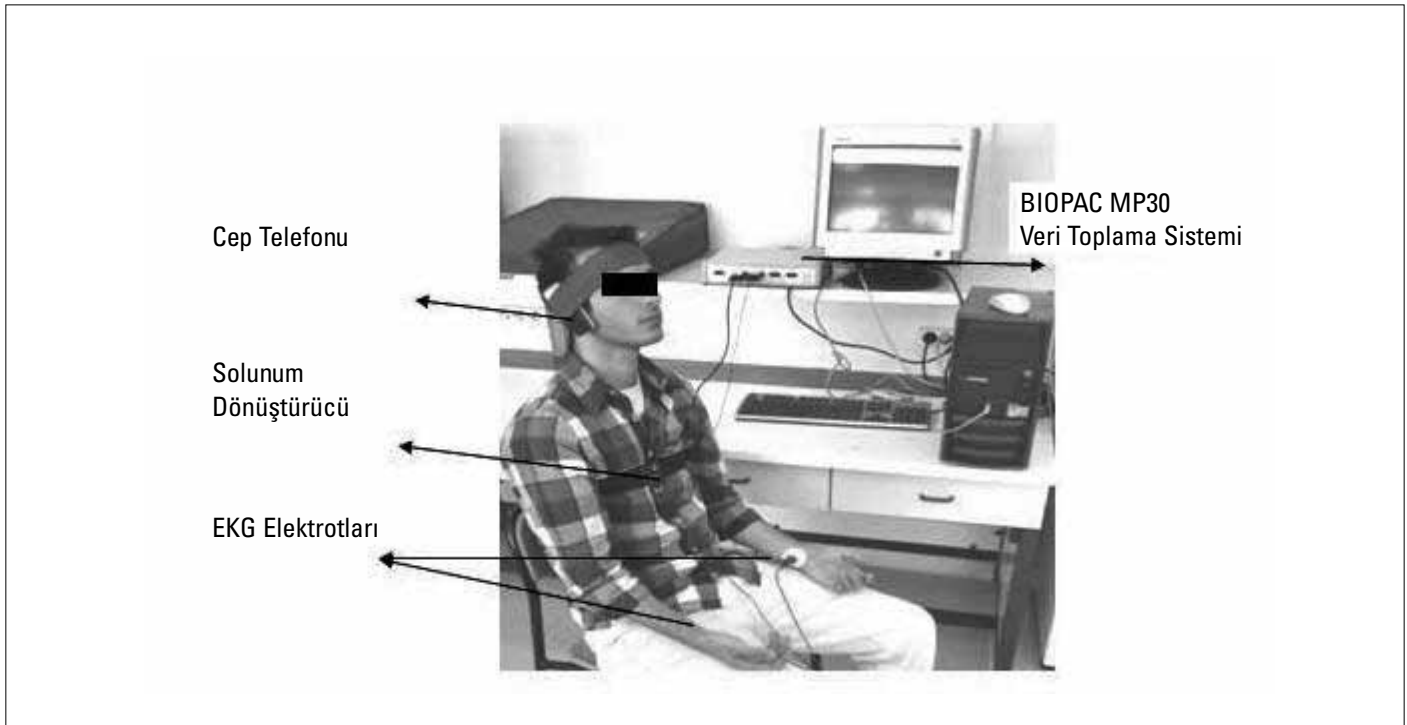
Deneyin güvenilirliğini arttırmak için, KHD analizlerini etkileyecek aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır. a) Öncelikli deneklerin, telefonun çalmasıyla heyecanlanarak kalp atım hızlarının artabileceği düşünülerek, CT tamamen sessiz moda (titreşim ve sesli uyarılar kapalı) alınmış, böylece deneklerin hangi deney periyodunda arandıklarını da anlamamaları sağlanmıştır. b) Ayrıca yine heyecana yol açmamak için; denekler deney mü-

detince sessiz bir ortamda yalnız bırakılmışlardır. c) Solunumdaki düzensizliğin KHD'de değişimlere yol açabileceği dikkate alınarak, deney sırasında EKG sinyalleri ile birlikte solunum sinyalleri de kaydedilmiş, analizler için solunumun düzenli olduğu kısımlar seçilmiştir. d) Yemek öncesi ile sonrası arasında KHD'de değişimler olabileceği dikkate alınarak deneyler, deneklerin son yemeklerinden yaklaşık 3 saat sonra yapılmıştır. e) Ayrıca deney günü deneklerden sigara içmemeleri, kafein ve alkol içeren içecekler tüketmemeleri, ilaç kullanmamaları istenmiştir. f) Denekler, konuşmanın KHD parametrelerini etkileyebileceği düşünülerek, deney süresince konuşturulmamışlardır. g) Deneyler, gün ışığıyla aydınlatılmış bir odada ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerden sonra deneklere, CT'den kaynaklı herhangi bir ses, titreşim veya ısınma algılayıp algılamadıkları, algıladılarsa deneyin hangi periyodunda algıladıkları sorulmuştur. Buna göre; hiçbir denek CT'den kaynaklanan bir titreşim veya ısınma algılamamıştır. Ancak, Deney Grubu 1 ve 2'de yer alan deneklerden 8

**Tablo 1. Deney protokolünün şematik gösterimi**

n=10	7 dakika (1. periyot)	7 dakika (2. periyot)	7 dakika (3. periyot)
Kontrol Grubu	CT kapalı	CT kapalı	CT kapalı
Deney Grubu 1	CT beklemede (Minimum güçlü radyasyon)	CT aranırken (Maksimum güçlü radyasyon)	CT beklemede (Minimum güçlü radyasyon)
Deney Grubu 2	CT beklemede (Minimum güçlü radyasyon)	CT beklemede (Minimum güçlü radyasyon)	CT aranırken (Maksimum güçlü radyasyon)
CT - cep telefonu			



**Şekil 1. Deney düzeneği**

EKG - elektrokardiyogram

tanisi, CT'den hışırtı şeklinde bazı sesler duyduklarını belirtmişlerdir. Bunlardan sadece 4 tanesinin aramanın yapıldığı zaman aralığı ile uyumlu olduğu görülmüş ve buna göre deney sonuçlarının CT'den kaynaklı herhangi bir ses, titreşim veya ısınma his-sinden etkilenmediği sonucuna varılmıştır.

### KHD analizi

KHD analizlerinde kullanılan RR aralığı sinyali (takogram), EKG kayıtlarındaki birbirini takip eden R dalgalarının, zamanlarının bulunup birbirinden çıkarılması ile elde edilir. Bu çalışmada, EKG sinyallerini etkileyebilecek gürültülere karşı bağışıklığı yüksek olan bir QRS tespit algoritması kullanılmıştır (26). Task Force tarafından, kısa dönem KHD analizleri için 2 ila 5 dakikalık sinyal bölgelerinin kullanımının önerilmesine dayanarak, analizler için her kayıt periyotundan 180 saniye süreli durağan bölgeler seçilmiştir (6). Bu bölgeler seçilirken, solunumdaki düzensizlikler KHD güç spektrumunda büyük değişimler oluşturabileceğinden, solunumun da düzgün olduğu bölgeler olmasına dikkat edilmiştir.

Güç spektral yoğunluk (GSY) kestirimi; sinyali oluşturan frekans bileşenleri ve güçleri hakkında bilgi verir. KHD GSY'sinin kestiriminde; kısa süreli sinyaller için daha iyi sonuç verme, daha düzgün spektral bileşenler oluşturma ve her bir bileşenin merkez frekanslarını bulabilme gibi avantajları bulunan özyineleme [auto-regressive (AR)] parametrelerine dayanan Burg AR metodu kullanılmıştır (6). KHD analizleri için optimum özyineleme model derecesinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar dikkate alınarak, model derecesi tüm sinyaller için 18 olarak seçilmiştir (27, 28).

Bu çalışma kısa dönem KHD kayıtları ile gerçekleştirildiğinden, değerlendirmeler için Task Force (1996) tarafından belirlenen KHD analiz parametrelerinin bazıları kullanılmıştır (6). KHD zaman düzlemi analiz parametrelerinden sadece ortalama RR aralığı (OrRR) ve ortalama RR aralığı standart sapması (OrRRstd) hesaplanmış, genellikle uzun dönem (24 saat) kayıtlar için hesaplanan parametreler kullanılmamıştır. OSS'nin girişimsiz bir göstergesi olarak kabul edilen, KHD frekans düzlemi parametrelerinden ise; düşük [LF (0.05-0.15Hz)] ve yüksek [HF (0.15-0.5 Hz)] frekans bölgelerinin güçleri ve LF/HF oranı hesaplanarak değerlendirilmelere dâhil edilmiştir. Bu hesaplamalar MATLAB (Matlab R2007b, The MathWorks Inc., MA, USA) altında yazılan bir programla gerçekleştirilmiştir.

Kardiyak otomatisite pek çok pacemaker dokuya bağlı olarak intrinsek bir kontrol gösterse de, kalp hızı ve ritmi ağırlıklı olarak OSS tarafından kontrol edilmektedir (3). Kalp hızı üzerindeki parasempatik etki, vagus siniri aracılığıyla salgılanan asetilkolin vasıtasıyla, sempatik etki ise epinefrin ve norepinefrin salınımı aracılığıyla ortaya çıkar (29). Vagal ve sempatik aktiviteler birbirleri ile sürekli bir etkileşim içerisindeyler. OSS'deki bu dalgalanmaların KHD yardımıyla saptanabilmesi, CT'lerin yaydığı elektromanyetik alanlar gibi dış etkenlerin insan vücudu üzerindeki etkilerinin tespitine olanak verir. Eferent vagal aktivite HF'nin majör komponentidir. LF, hem sempatik hem de vagal aktiviteyi yansıtır. LF/HF oranı ise sempatik modülasyonları veya

sempato-vagal balansı yansıtan bir değer olarak kabul edilir. Sempatik tonun az olduğu durumlarda, LF/HF oranı düşük olarak saptanır (30-32). Bu çalışmada, KHD parametrelerinde görülen değişimler bu bağlamda yorumlanmıştır.

### İstatistiksel analiz

İstatistiksel testler için SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılmıştır. Tablolarda, normal dağılıma uyan veriler ortalama±standart sapma, uymayanlar medyan (minimum-maksimum) şeklinde verilmiştir. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı, Shapiro-Wilk normalite testi uygulanarak incelenmiştir. Varyansların türdeş olup olmadığını belirlemek için Levene testi kullanılmıştır. Gruplar arası ile ölçüm zamanları (deney periyotları) arası değişkenliklerin ve grup\*periyot etkileşiminin önemini incelemek için; tekrarlı varyans analizi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, verilere uygun çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılık seviyesi  $p<0.05$  olarak seçilmiştir.

### Bulgular

Öncelikle, tüm deneklere ait EKG ve KHD sinyalleri incelenmiş, bu sinyallerde deneklerin CT'den yayılan radyasyona maruz kalmaları sırasında bir farklılığa veya kalp atımlarında bir ektopiye rastlanmamıştır.

Levene testi ile tüm verilerin varyanslarının türdeş olduğu görüldükten sonra gerçekleştirilen ve Tablo 2'de verilen tekrarlı varyans analizi sonuçlarına göre; gruplar arasında hiçbir parametrede anlamlı fark görülmemiştir. Grup içi karşılaştırmalar (deney periyotları) arasında ise OrRR ( $p<0.05$ ) ve OrRRstd ( $p<0.05$ ) için anlamlı farklar görülmüştür. Grup\*periyot etkileşiminde yalnızca OrRR'de ( $p<0.05$ ) anlamlı fark görülmüştür.

Deney periyotları arasındaki farkın neden kaynaklandığını ortaya çıkarmak üzere, normal dağılım gösteren parametreler için, kontrol ve denek gruplarının 3 periyoduna ait parametrelere eşleştirilmiş karşılaştırmaya imkân veren iki yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Normal dağılım göstermeyen parametreler için (kontrol grubunun 2. deney periyodunda LF/HF oranı, III. deney periyodunda HF gücü ve LF/HF oranı parametreleri), parametrik olmayan Friedman iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Kontrol ve deney gruplarının, KHD parametreleri ve bu testler sonucunda bulunan anlamlı farklar Tablo 3'te gösterilmiştir.

İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre 3 periyot arasında, kontrol grubunda; OrRR ( $F=3.83$ ,  $p=0.047$ ) ve LF/HF ( $F=5.89$ ,  $p=0.014$ ), Deney Grubu 1'de OrRR ( $F=6.93$ ,  $p=0.008$ ), Deney Grubu 2'de OrRR ( $F=4.90$ ,  $p=0.024$ ), OrRRstd ( $F=8.45$ ,  $p=0.004$ ) ve HF ( $F=4.29$ ,  $p=0.035$ ) değerlerinde anlamlı farklar gözlenmiştir. Çoklu karşılaştırma testleri sonucunda, kontrol grubunda; 1.-2. ve 2.-3. periyotlar arasında LF/HF oranında ( $T_{(I-II)}=-2.679$ ,  $p_{(I-II)}=0.045$  ve  $T_{(II-III)}=3.197$ ,  $p_{(II-III)}=0.017$ ), Deney Grubu 1'de; 1.-2. ve 2.-3. periyotlar arasında OrRR değerinde ( $T_{(I-II)}=3.418$ ,  $p_{(I-II)}=0.011$  ve

Tablo 2. Tekrarlı varyans analizi tablosu

Değişkenler		K.T.	K.O.	*F	*p
OrtRR	Grup	20184.11	10092.05	0.659	0.528
	Periyot	3018.69	1505.35	7.168	0.002
	Grup*Periyot	2564.80	641.20	3.045	0.027
OrtRRstd (msn)	Grup	853.44	426.72	1.633	0.219
	Periyot	353.78	176.88	3.893	0.028
	Grup*Periyot	213.72	53.43	1.176	0.335
LF	Grup	1212517.33	606258.66	1.156	0.234
	Periyot	290027.25	145013.62	1.903	0.162
	Grup*Periyot	460155.66	115038.92	1.510	0.217
HF	Grup	2367021.19	1183510.59	1.956	0.166
	Periyot	220408.44	110204.22	1.979	0.151
	Grup*Periyot	71607.47	17901.37	0.323	0.862
LF/HF oranı	Grup	5.950	2.970	1.406	0.267
	Periyot	0.575	0.288	2.130	0.131
	Grup*Periyot	0380	0.095	0.703	0.594

Veriler KO ve KT değerleri olarak sunulmuştur  
\*ANOVA testi  
HF - yüksek frekans bölgesi gücü, KO-kareler ortalaması, KT- kareler toplamı, LF düşük frekans bölgesi gücü, OrtRR - RR aralığı, OrtRRstd - ortalama RR aralığı standart sapması

$T_{(II-III)}=-2.984$ ,  $p_{(II-III)}=0.025$ ), Deney Grubu 2'de; 1.-3. ve 2.-3. periyotlar arasında OrtRR ( $T_{(I-III)}=2.748$ ,  $p_{(I-III)}=0.039$  ve  $T_{(II-III)}=2.675$ ,  $p_{(II-III)}=0.045$ ) ve OrtRRstd ( $T_{(I-III)}=3.694$ ,  $p_{(I-III)}=0.006$  ve  $T_{(II-III)}=3.41$ ,  $p_{(II-III)}=0.011$ ) değerlerinde, 1.-3. periyotlar arasında da HF gücünde ( $T_{(I-III)}=2.745$ ,  $p_{(I-III)}=0.039$ ) anlamlı farklar görülmüştür.

## Tartışma

Tekrarlı varyans analizi sonucuna göre, gruplar arası değişkenliğin önemli olmadığı fakat bazı parametrelerde grupların deney periyotları arasında anlamlı farklar olduğu ve bu farkların gruplara göre değişik periyotlarda olduğu görülmüştür. Bu durum, ya KHD parametrelerinin zamanla değişmesi sebebiyle ya da CT'den yayılan maksimum güçlü radyasyona bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir. Bunu ortaya çıkarmak için iki yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır.

Kontrol grubunda LF/HF oranı dışında hiç bir parametrede değişim görülmemesi (CT kapalı iken), KHD parametrelerinin zamanla çok fazla değişmediğini göstermektedir. LF/HF oranında görülen değişim, LF gücünün 2. periyotta düşmesinden kaynaklanmıştır. Bu ise deneklerin, deneyin başlangıcında heyecanlı olup bir süre geçtikten sonra rahatlaması, daha sonra da sıklıkla veya tekrar heyecanlanmasından kaynaklanmış olabilir.

Deney Grubu 1'de (deneyin 2. periyodunda maksimum güçlü radyasyona maruz bırakılan grup) sadece OrtRR parametresinde 2. periyotta anlamlı bir artış olmuştur. OSS ile ilişkili LF ve HF gücü parametreleri incelendiğinde; aslında yüksek güçlü radyasyona maruz kalınan periyotta her iki parametrenin de arttığı

Tablo 3. Kontrol ve deney gruplarının KHD parametreleri, iki yönlü ANOVA ve çoklu karşılaştırma test sonuçları

Deney Grupları	Değişkenler	Periyot 1	Periyot 2	Periyot 3
Kontrol	OrtRR (msn)	776.75±78.20	800.25±88.30	803.38±89.72 <sup>▲</sup>
	OrtRRstd (msn)	48.75±9.56	43.50±11.22	49.00±15.23
	LF (ms <sup>2</sup> )	906.12±572.08	661.27±535.69	936.99±602.07
	HF (ms <sup>2</sup> )	855.41±464.99	893.94±578.68	681.49 (298.1-2898.25)
	LF/HF oranı	1.25±0.89	0.72 (0.17-2.92) <sup>*</sup>	0.92 (0.52-4.08) <sup>▲■</sup>
Deney Grubu 1	OrtRR (msn)	748.63±57.38	764.38±51.99 <sup>*</sup>	750.63±53.77 <sup>▲■</sup>
	OrtRRstd (msn)	40.00±10.85	42.63±11.96	44.63±10.53
	LF (ms <sup>2</sup> )	632.45±348.59	829.11±434.98	803.80±298.75
	HF (ms <sup>2</sup> )	490.22±391.53	591.84±422.20	561.81±412.71
	LF/HF	1.77±1.02	1.73±0.77	1.94±0.95
Deney Grubu 2	OrtRR (msn)	762.86±77.17	762.00±78.23	772.00±75.66 <sup>▲■</sup>
	OrtRRstd (msn)	34.71±10.26	35.00±6.90	43.88±8.98 <sup>▲■</sup>
	LF (ms <sup>2</sup> )	365.88±167.75	452.14±145.08	645.25±383.09
	HF (ms <sup>2</sup> )	467.67±315.28	493.48±272.81	631.95±408.32 <sup>▲*</sup>
	LF/HF oranı	1.09±0.82	1.12±0.49	1.29±0.81

Veriler ortalama±SS ve medyan (minimum –maksimum) değerleri olarak sunulmuştur  
ANOVA ve Friedman iki yönlü varyans analizleri  
Posthoc Tukey testi:  
▲: Periyot 1-2-3 karşılaştırması, p<0.05  
\*: Periyot 1 - Periyot 2 karşılaştırması, p<0.05  
■: Periyot 1 - Periyot 3 karşılaştırması, p<0.05  
●: Periyot 2 - Periyot 3 karşılaştırması, p<0.05  
OrtRR - ortalama RR aralığı, OrtRRstd - ortalama RR aralığı standart sapması, HF - yüksek frekans bölgesi gücü, LF - düşük frekans bölgesi gücü

ve sonraki periyotta düştükleri görülmektedir. İkinci periyotta LF/HF'in düşmesi parasempatik aktivitenin bir miktar arttığını göstermektedir. OrtRR'deki büyüme de parasempatik aktivitenin artması ile kalp periyodunun uzamasına işaret etmektedir.

Benzer sonuçlar Deney Grubu 2 (deneyin 3. periyodun da maksimum güçlü radyasyona maruz bırakılan grup) için de söz konusudur. OrtRR ve OrtRRstd parametrelerinde 3. periyotta diğer iki periyoda göre anlamlı farklar görülmüştür. Ayrıca HF gücünde de 1. periyoda göre anlamlı, 2. periyoda göre anlamlıya yakın artış görülmesi; OSS'nin parasempatik kısmının aktivitesinde bir artışa işaret etmektedir. Bu artış, Deney Grubu 1'de olduğu gibi Deney Grubu 2'de de maksimum güçlü radyasyona maruz kalınan periyotta, OrtRR değerinde artışa sebep olmuştur.

Gruplar arası anlamlı fark görülmemiş iken, grupların periyotları arasında anlamlı fark görülmesi, CT'den yayılan radyasyonla oluşan KHD değişimlerinin oldukça küçük olduğunu düşündürmektedir. Bu durum, sağlıklı bireylerde dahi büyük bir varyansa sahip olan KHD parametrelerinin karşılaştırılmasında kullanılan ve yapısı gereği eşleştirilmiş olarak yapılamayan tekrarlı varyans analizinde fark görülmemesine neden olmuş olabilir. Ancak, gruplarda yer alan deneklerin çoğunda periyotlar arasında görülen aynı yönlü küçük değişimler, eşleştirilmiş karşılaştırmaların anlamlı fark üretmesine neden olmuştur.

Literatürde yer alan çalışmaların bazılarında, CT'den kaynaklanan radyasyona bağlı olarak KHD parametrelerinde değişimler oluşmadığı (7-10), bazılarında ise olduğu belirtilmiştir (11-13). Bu çalışmalardan sadece Andrzejak ve ark.'nın (13) çalışmasında KHD'yi etkileyebilecek unsurların tamamının dikkate alındığı görülmüştür. OrtRR parametresinde, CT ile aranma periyotlarında tespit ettiğimiz anlamlı seviyedeki artış, diğer çalışmalarda görülmemiştir. HF gücünde tespit ettiğimiz artış Andrzejak ve ark. (13) tarafından da saptanmıştır. Aynı çalışmada görülen LF gücü artışı ve LF/HF oranı azalması bizim çalışmamızda görülmemiştir. Sözü edilen çalışmada, deneklerin CT'den yayılan radyasyona maruz kaldıkları periyotta aynı zamanda konuşuyor olmaları, saptanan bu değişimlerin konuşmadan kaynaklanıp kaynaklanmadığı sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Andrzejak ve ark.'nın (13) çalışmasında konuşma periyodunda HF gücünde daha büyük olmak üzere LF ve HF güçlerinin ikisinde de artış görülmüş, buna bağlı olarak LF/HF oranı düşmüştür. Çalışmamızda denekler deney müddetince konuşmadıklarından, daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır.

CT'den yayılan radyasyon canlı organizmalar üzerinde ısı ve ısı olmayan etkilere sahiptir (33, 34). Isıl etkiler, canlı organizma tarafından emilen elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ile organizmaya ait dokuların sıcaklığının artmasıdır ve radyasyon yoğunluğu ile ilişkilidir (34). Zaten CT'lerin SAR sınır değerleri 1C°'lik vücut sıcaklığı artışının dolaşım sistemi tarafından tolere edilemeyeceği bilgisine göre belirlenmiş değerlerdir. Vücut sıcaklığının dengelenmesinde, kanın damarlar vasıtası ile deri yüzeyine taşınması ve solunum önemli role sahiptirler. Çalışmamızda tespit edilen parasempatik aktivite artışı, vücut sıcaklığının düzenlenmesi için solunumda meydana gelen değişimlerin bir sonucu olabilir. Diğer yandan, dokuların ısınması ve parasempatik aktivitedeki artış damarlarda genişlemeye yol açar. Bu durum daha fazla kan akımı ile vücut sıcaklığının dengelenmesine ayrıca katkıda bulunur. Damarların genişlemesinin kan basıncında oluşturacağı düşme ise, baroreflaks sistem vasıtası ile dengelenmeye çalışılırken de OSS'de ayrıca değişimler sebep olabilir. CT'den yayılan radyasyon sebebiyle, KHD'nin doğrusal olmayan karakteristiklerinde daha önceki bir çalışmamızda tespit ettiğimiz artış da bu durumdan kaynaklanmış olabilir (35).

KHD parametreleri, başta solunum olmak üzere; (14-17) uyanıklık ve uyku durumlarında (36), yemek öncesi ve sonrası arasında (18, 19), konuşmayla (21), öksürüp tıksırmayla (37), zihinsel aktiviteyle (38), stresle (39), sigara içmeyle (40) ve çevreden gelen gürültülerle (41) vb. pek çok sebeple değişebilen bir ölçüttür. KHD güvenilirliğini inceleyen çalışmalarda, KHD parametrelerinin güvenilir indisler olduğunu söylemenin güç olduğu belirtilmekle beraber, daha güvenilir KHD analizleri için aynı koşullar altında ve aynı özellikteki denekler üzerinde çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmiştir (20). Buna uygun olarak gerçekleştirdiğimiz deneyler sonucunda, KHD parametrelerinin çok geniş bir aralıkta değişebildiği görülmüştür. Örneğin kontrol grubunun ilk periyodunda 906.12±572.08 olan LF gücü, ikinci periyotta 661.27±535.69, üçüncü periyotta 936.99±602.07 olmuştur. Hesaplanan tüm parametrelere bakıldığında, kontrol grubunda

bile 21 dakikalık süre içinde %3-%37 arasında değişen oranlarda farklılıklar olabileceği görülmektedir. CT'den yayılan radyasyona maruz kalınması ile tüm KHD parametrelerinde görülen değişimler ise %1-%43 seviyesindedir. Forester ve ark.'nın (42) çalışması yatar pozisyon ile ayağa kalma arasında HF gücünde %500, LF gücünde %100 civarında değişimler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum; CT'den yayılan radyasyon sebebi ile oluşan KHD değişimlerinin, günlük aktiviteler sırasında KHD'de görülebilecek değişimlerin bazılarında daha düşük bir seviyede olduğunu göstermektedir.

### Çalışmanın kısıtlılıkları

Çalışmanın birkaç kısıtlılığı bulunmaktadır. Bunlardan ilki; denek sayısının az olmasıdır. Bununla birlikte çalışmamız, daha büyük denek grupları üzerinde çalışmalar yapılmasına gerek olup olmadığını ortaya koyması açısından genel bir fikir vermektedir. Sigara içmeyen denek bulunmasında zorlanılmıştır. Bu yüzden deneklerin bir kısmı sigara kullanıcısıdır. Nikotin dolaşım ve sinir sistemi üzerinde yapacağı etkileri azaltmak için, deneklerden deney günü sigara içmemeleri istenmiştir. Literatürde kontrollü solunumun KHD analizlerinin güvenilirliğini arttırdığına dair çalışmalar bulunmaktadır (20). Bu çalışmada; deneklerden doğal bir şekilde (spontan) solunmaları istenmiş ve solunumlarının düzenli olduğu bölgeler analizler için kullanılmıştır.

### Sonuç

CT'den yayılan radyasyonun KHD üzerindeki etkileri konusundaki tartışmalı duruma son vermek üzere gerçekleştirmiş olduğumuz, randomize kontrollü çalışmamızın sonucunda; CT'den yayılan maksimum güçlü radyasyon sebebi ile genç ve sağlıklı bireylerin KHD'lerinde, parasempatik aktivite artışı ile ilişkili değişimler olabileceği görülmüştür. Fakat bu değişimler günlük aktiviteler (heyecanlanma, sıkılma, ayağa kalkma vb.) sırasında görülebilecek KHD değişimlerinden çok da farklı olmayan bir seviyededir. Bundan sonraki çalışmalarda, CT kaynaklı KHD değişimlerinin, farklı yaş gruplarında veya bradikardisi olan kişilerde kardiyak açıdan risk oluşturup oluşturmadığı araştırılabilir.

### Çıkar çatışması: Bildirilmemiştir.

**Yazarlık katkıları.** Fikir - M.Y.; Tasarım -M.Y., D.Y.; Denetleme - M.Y., D.Y., İ.G., Ç.A.; Kaynaklar - M.Y., D.Y.; Malzemeler - M.Y., D.Y.; Veri toplaması ve/veya işlemesi - M.Y., D.Y.; Analiz ve/veya yorum - M.Y., D.Y., İ.G., Ç.A.; Literatür taraması - M.Y., D.Y.; Makale yazma - M.Y., D.Y., İ.G., Ç.A.; Kritik inceleme - M.Y., D.Y., İ.G., Ç. A.

### Kaynaklar

1. Corr PB, Yamada KA, Witkowski FX. Mechanisms controlling cardiac autonomic function and their relation to arrhythmogenesis. In: Fozzard HA, Haber E, Jennings RB, Katz AN, Morgan HE, eds. The Heart and Cardiovascular System. New York, NY: Raven Press; 1986.p. 1343-403.

2. Malik M, Camm AJ. Heart rate variability and clinical cardiology. *Br Heart J* 1994; 71: 3-6. [\[CrossRef\]](#)
3. Jalife J, Michaels DC. Neural control of sinoatrial pacemaker activity. In: Levy MN, Schwartz PJ, eds. *Vagal Control of the Heart: Experimental Basis and Clinical Implications*. Armonk, NY: Futura; 1994. p. 173-205.
4. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987; 59: 256-62. [\[CrossRef\]](#)
5. Kamath MV, Fallen EL. Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng* 1993; 21: 245-311.
6. Task Force of ESC/NASPE (European Society of Cardiology/North American Society of Pacing and Electrophysiology), Heart rate variability: Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-65. [\[CrossRef\]](#)
7. Tahvanainen K, Nino J, Halonen P, Kuusela T, Laitinen T, Lansimies E, et al. Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate in humans. *Bioelectromagnetics* 2004; 25: 73-83. [\[CrossRef\]](#)
8. Atlasz T, Kellenyi L, Kovacs P, Babai N, Thurocz G, Hejll L, et al. The application of surface plethysmography for heart rate variability analysis after GSM radiofrequency exposure. *J Biochem Biophys Methods* 2006; 69: 233-6. [\[CrossRef\]](#)
9. Tamer A, Gündüz H, Özyıldırım S. The cardiac effects of a mobile phone positioned closest to the heart. *Anadolu Kardiyol Derg* 2009; 9: 380-4.
10. Barutçu I, Esen AM, Kaya D, Türkmen M, Karakaya O, Sağlam M, et al. Do mobile phone a potential risk to autonomic modulation of the heart? *Pacing Clin Electrophysiol* 2011; 34: 1511-4. [\[CrossRef\]](#)
11. Parazzini M, Ravazzani P, Tognola G, Thurocz G, Molnar FB, Sacchetti A, et al. Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability. *Bioelectromagnetics* 2007; 28: 122-9. [\[CrossRef\]](#)
12. Wilen J, Johansson A, Kalezić N, Lyskov E, Sandstro M. Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2006; 27: 204-14. [\[CrossRef\]](#)
13. Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, Derkacz A, Skalik R, Gac P, et al. The influence of the call with a mobile phone on heart rate variability parameters in healthy volunteers. *Ind Health* 2008; 46: 409-17. [\[CrossRef\]](#)
14. Schipke JD, Pelzer M, Arnold G. Effect of respiration rate on short-term heart rate variability. *J Clin Basic Cardiol* 1999; 2: 92-4.
15. Bernardi L, Porta A, Gabutti L, Spicuzza L, Sleight P. Modulatory effects of respiration. *Auton Neurosci* 2001; 90: 47-56. [\[CrossRef\]](#)
16. Poyhonen M, Syvaöja S, Hartikainen J, Ruokonen E, Takala J. The effect of carbon dioxide, respiratory rate and tidal volume on human heart rate variability. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; 48: 93-101. [\[CrossRef\]](#)
17. Yıldız M, Ider YZ. Model based and experimental investigation of respiratory effect on the HRV power spectrum. *Physiol Meas* 2006; 27: 973-88. [\[CrossRef\]](#)
18. Lu CL, Zou X, Orr WC, Chen JD. Postprandial changes of sympathovagal balance measured by heart rate variability. *Dig Dis Sci* 1999; 44: 857-61. [\[CrossRef\]](#)
19. Friesen CA, Lin Z, Schurman JV, Andre L, McCallum RW. Autonomic nervous system response to a solid meal and water loading in healthy children: its relation to gastric myoelectrical activity. *Neurogastroenterol Motil* 2007; 19: 376-82. [\[CrossRef\]](#)
20. Pinna GD, Maestri R, Torunski A, Dalilowicz-Symanowicz L, Szwoch M, La Rovere MT, et al. Heart rate variability measures: a fresh look at reliability. *Clin Sci* 2007; 113: 131-40. [\[CrossRef\]](#)
21. Bernardi L, Wdowczyk-Szulc J, Valenti C, Castoldi S, Passino C, Spadacini G, et al. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1462-9. [\[CrossRef\]](#)
22. ICRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields, *Health Phys* 1998; 74: 494-522.
23. CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization), Basic standard for the measurement of Specific Exposure Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz - 3 GHz). (EN 50361: 2001E), 2001.
24. IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones). *Mobile Phones and Health 2004*: National Radiological Protection Board. 2004,15:1-114. <http://www.nrpb.org>.
25. Dinler A, Yıldız M. Cep telefonlarının kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkileri. *Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı*, İstanbul, Türkiye, 2005.
26. Friesen GM, Jannett TC, Jadallah MA, Yates SL, Quint SR, Nagle HT. A comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms. *IEEE Trans Biomed Eng* 1990; 37: 85-98. [\[CrossRef\]](#)
27. Boardman A, Schlindwein FS, Rocha AP, Leite A. A study on the optimum order of autoregressive models for heart rate variability. *Physiol Meas* 2002; 23: 325-36. [\[CrossRef\]](#)
28. Carvalho JLA, Rocha AF, Santos ID, Itiki C, Junqueira LF, Nascimento FAO. Study on the optimal order for the auto-regressive time-frequency analysis of heart rate variability. *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Canun, Mexico, September 17-21, 2003.
29. Levy MN. Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart. *Circ Res* 1971; 29: 437-45.
30. Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991; 84: 482-92.
31. Askelrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Barger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 1981; 213: 220-2. [\[CrossRef\]](#)
32. Pomeranz M, Macaulay RJ, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Gordon D, et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am J Physiol* 1985; 248: 151-3.
33. Adey WR. Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields. *Physiol Rev* 1981; 61: 435-514.
34. Wainwright P. Thermal effects of radiation from cellular telephones. *Phys Med Biol* 2000; 45: 2363-72. [\[CrossRef\]](#)
35. Yılmaz D, Yıldız M. Analysis of the mobile phone effect on the heart rate variability by using the largest lyapunov exponent. *J Med Syst* 2010; 34: 1097-103. [\[CrossRef\]](#)
36. Elsenbruch S, Harnish MJ, Orr WC. Heart rate variability during waking and sleep in Healthy males and females. *Sleep* 1999; 22: 1067-71.
37. Kotani K, Tachibana M, Takamasu K. Investigation of the influence of swallowing, coughing and vocalization on heart rate variability with respiratory-phase domain analysis. *Methods Inf Med* 2007; 46: 179-85.
38. Althaus M, Mulder LJ, Mulder G, Van Roon AM, Minderaa RB. Influence of respiratory activity on the cardiac response pattern to mental effort. *Psychophysiology* 1998; 35: 420-30. [\[CrossRef\]](#)
39. Hjortskov N, Rissén D, Blangsted AK, Fallentin N, Lundberg U, Søgaard K. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92: 84-9. [\[CrossRef\]](#)
40. Minami J, Ishimitsu T, Matsuoka H. Effects of smoking cessation on blood pressure and heart rate variability in habitual smokers. *Hypertension* 1999; 33: 586-90.
41. Tzaneva L, Danev S, Nikolova R. Investigation of noise exposure effect on heart rate variability parameters. *Cent Eur J Public Health* 2001; 9: 130-2.
42. Forester J, Bo H, Sleight J, Henderson JD. Variability of R-R, P wave-to-R wave, and R wave-to-T wave intervals. *Am J Physiol* 1997; 273: 2857-60.