



Kalp Hızı Değişkenliği Ölçümlerine Dayalı Stres Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Evaluation Of Stress Parameters Based On Heart Rate Variability Measurements

Fatma Uysal, Mahmut Tokmakçı
Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
{ fatmauysal, tokmakci }@erciyes.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada, otonom sinir sistemi aktivitesinin nasıl değiştiğini göstermek için EKG kayıtları yardımıyla kalp hızı değişkenliği ölçümleri ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın stresle ilişkili parametrelerini değerlendirmek için, laboratuvar ortamında 6 gönüllü katılımcıya dinlenme durumu, kişiyi strese sokacak stroop renk/kelime testi, mental işlem ve işitsel uyarılar uygulanmıştır. Toplamda 7 dakikalık EKG kaydı alınıp zaman ve frekans ekseninde analizleri yapılarak stres durumunda otonom sinir sistemi aktivitesini gösteren parametrelerin nasıl değiştiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Frekans ekseninde analizlerinde özellikle mental işlem ve stroop renk/kelime testlerinde sempatik aktiviteyi yansıtan düşük frekans bandında (LF band) önemli bir artış görülmüştür.

Anahtar Kelimeler — stres, kalp hızı değişkenliği, otonom sinir sistemi

Abstract—In this study, heart rate variability measurements and analysis was carried with help of the ECG recordings to show how autonom nervous system activity changes. So as to evaluate the parameters related to stress of the study, the situation of relaxation, stroop color/word test, mental process and auditory stimulators that would stress someone out were applied to 6 volunteer participants in a laboratory environment. Being taken totally 7 minutes ECG recording and made analysis in time and frequency domain, it was tried to determine that how the parameters that shows autonom nervous system activity change in the position of stress. . In frequency domain analysis there has seen significant increase in low frequency band (LF band) which indicates sympathetic activity particularly during mental and stroop color/word tests.

Keywords — stress, heart rate variability, autonom nervous system

I. GİRİŞ

Günlük yaşamın bir parçası haline gelen stres, bireyin içinde bulunduğu duygusal ya da fiziksel uyarılara karşı verdiği otomatik tepkidir. Otonom sinir sistemi vücudun karşılaştığı stres durumuna öncelikli olarak cevap veren yapılardan bir tanesidir. Bu sistem, birbirine zıt çalışan ve

bu sayede dinamik bir denge ortamının kurulmasını sağlayan sempatik ve parasempatik dallar vasıtasıyla düzenleme işlemini gerçekleştirir. Stresin ölçümü ve anlaşılabilmesi için çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu ölçümler arasında en fazla tercih edilen yöntem, geçerli bilgi sağlaması kadar ölçüm kolaylığına da sahip olan elektrokardiyogramdır (EKG). EKG sinyali kaydı, otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilen kalbin elektriksel aktivitesini yansıtır. Stres oluşturacak bir durumla karşı karşıya kaldığımızda sempatik sinir sistemi otonom sinir sistemi içerisinde baskın hale geçerek kalp atım hızı ve kan basıncını artırır. Strese sebep olan etken ortadan kalktığında ise parasempatik sistem baskın hale geçer ve kalp atım hızını düşürerek kan basıncını azaltır [1, 8]. Kalp atım hızında meydana gelen bu değişiklikler kalp hızı değişkenliği (KHD) olarak adlandırılır ve EKG sinyalindeki her bir R dalgası arasındaki süre farklarına bakılarak hesaplanır. KHD analizleri zaman ekseninde, frekans ekseninde analizleri ve non lineer analizler olmak üzere üç kısımda incelenir.

Yapılan çalışmalarda stres durumlarının farklı kombinasyonları kullanılarak kişinin stresli ve stressiz durumlarda EKG sinyallerine dayalı kalp hızı değişkenliği hesaplanmıştır. Taelman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kişiyi strese sokmak için *mensa test* kullanılmış ve deney boyunca EKG sinyalleri alınmıştır. Zaman ve frekans ekseninde analizleri sonucunda, zihinsel aktivite durumu ile dinlenme durumu karşılaştırıldığında ortalama RR aralığının daha düşük olduğu belirlenmiş ve pNN50 (bk. tablo 1) değerinin dinlenme durumundayken daha yüksek olduğu görülmüştür. Frekans ekseninde analizlerinde önemli bir fark meydana gelmemekle birlikte zihinsel aktivite durumunda LF/HF (bk. tablo 1) oranında bir artış oluşmuştur [2]. Görsel uyarıların oluşturduğu stres ile kalp hızı değişkenliği arasındaki ilişki incelenmiş ve görsel stres durumunda KHD'de önemli değişimler meydana geldiği belirlenmiştir [3, 4]. Oh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada EKG ile günlük hayatta karşılaşılan gürültü seslerinin stres üzerine olan etkileri incelenmiş ve bu sinyallerin insandaki stres seviyesini arttırdığı sonucuna

Sinyal İşleme 2

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

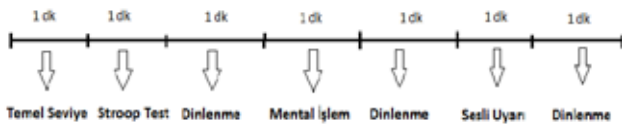
varılmıştır [1]. EKG yerine PPG (photoplethysmography) sinyallerini kullanan Mayya ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise kişiyi stres durumuna sokacak beş farklı durum uygulanmış ve yapılan analizler sonucunda zaman ve frekans eksenli analizlerinden olan RMSSD, pNN50, HF (bk. Tablo 1) parametrelerinin temel durumda ve her bir stres durumunda istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür [5]. Mental stresin yanında fiziksel stresin de değerlendirildiği çalışmada KHD'nin fiziksel ve mental stresi tespit etmede kullanışlı bir araç olduğu gösterilmiştir [6].

Önerilen çalışmada stres ile kalp hızı değişkenliği parametreleri arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmeye çalışılmış ayrıca literatürdeki çalışmalara ek olarak işitsel uyarının kişinin otonom sinir sistemi aktivitesi dolayısıyla stres durumu üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu araştırılmıştır.

II. METOT

A. Veri toplama

Yaş ortalaması 27 (± 3.87) olan 2 bayan ve 4 erkek toplam 6 gönüllü katılımcıdan EKG sinyalleri alınmıştır. Tüm katılımcılardan deneyden önce üç saat boyunca çay, kahve, alkol gibi içecekler tüketmemeleri istenmiştir ayrıca tüm katılımcılar herhangi bir kardiyovasküler rahatsızlığı olmayan sağlıklı bireylerdir. Kayıtlar Biopac MP36 ünitesi üzerinden örnekleme hızı 1000 Hz ve kişi oturur konumda iken gerçekleştirilmiştir. Her katılımcıdan önce dinlenme durumunda 1 dakikalık kayıt alınmış ve bu kısım temel seviye olarak kabul edilmiştir. Sonrasında Stroop renk/kelime testi [7], geriye doğru sayma ve sesli uyarı durumları altında sinyal alınmıştır. Sesli uyarı kısmında kişiden gözlerini kapatması istenmiş ve kulaklık ile gerilim müzikleri dinletilmiş ayrıca kişinin stres seviyesini artırmak için herhangi bir anda hafifçe iğne batırılacağı söylenmiştir. Her bir aşama arasında 1 dakikalık dinlenme durumları yer almaktadır. Deneye ait prosedür Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 6 gönüllü katılımcıya uygulanan test prosedürü ve süreleri

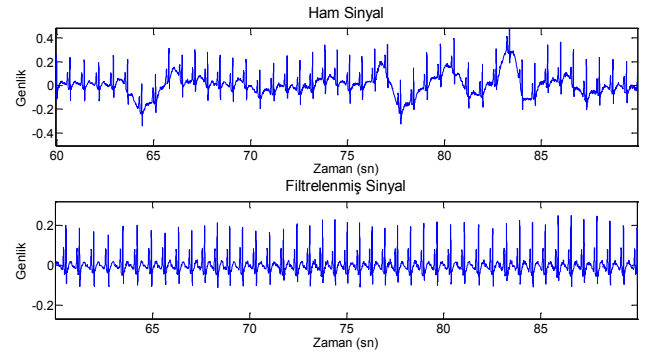
B. Sinyal Analizi

EKG kayıtları alındıktan sonra KHD analizlerine geçmeden önce sinyaldeki gürültüleri ve taban hattındaki kaymayı gidermek için filtreleme işlemi yapılmıştır. Tüm sinyal işleme aşamaları MATLAB (The Mathworks Inc., Natick, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Filtreleme için öncelikle kayan ortalama (moving average) filtre kullanılarak gürültü elimine edilmeye çalışılmış sonrasında taban hattı kaymasını gidermek için sonlu dürtü yanıtına sahip FIR (finite impulse response) yapıda yüksek geçiren filtre kullanılmış ve son olarak şebeke gürültüsünü

gidermek için de çentik (notch) filtre kullanılmıştır. Sinyale ait işlem adımları Şekil 2'deki blok diyagramda gösterilmiştir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi filtreleme sonrası sinyaldeki taban hattı kayması giderilmiş ve gürültü elimine edilmiştir.



Şekil-2 EKG sinyal analizi için işlem adımları



Şekil 3. Ham ve filtrelenmiş EKG sinyali

KHD analizleri için EKG sinyalindeki başarılı atımlar arası aralıkların (iki R dalgası arası) süreleri hesaplanır ve analizler zaman ya da frekans eksenli analizleri olarak iki aşamada gerçekleştirilir. Bazı önemli zaman ve frekans eksenli parametreleri ve açıklamaları tablo 1'de gösterilmiştir. Zaman eksenli ölçümleri hesaplama için çok basittir fakat otonomik denge miktarını ya da otonom sinir sisteminin farklı dallarındaki gücünün temporal dağılımı üzerine bilgi sağlamaz. Frekans eksenli analizleri ile verilen herhangi bir zamanda otonomik denge miktarı belirlenebilir.

Tablo 1. KHD zaman ve frekans eksenli parametreleri

Kalp Hızı Değişkenliği Parametreleri ve Tanımları		
Parametre	Birim	Tanım
Zaman eksenli Parametreleri		
Mean RR	ms	Ortalama RR aralığı
SDNN	ms	Normal normal aralıkların standart sapması
RMSSD	ms	Normal normal aralıkların ortalama karesel farklarının karekökü olup asıl olarak vagal aktiviteyi yansıtır.
pNN50	%	Aralarındaki fark 50 ms'den daha büyük normal normal aralıkların yüzdesi
Frekans Eksenli Parametreleri		
VLF	ms ²	0.003-0.04 Hz aralığında güç spektrum bandıdır
LF	ms ²	0.04-0.15 Hz aralığındaki bölge olup hem sempatik hem parasempatik aktiviteyi yansıtmakla birlikte genel olarak sempatik aktivitenin göstergesidir.
HF	ms ²	0.15-0.4 Hz aralığındaki bölgedir ve parasempatik aktiviteyi yansıtır.
LF/HF		Sempatik ve parasempatik sistemler arasındaki dengeyi gösterir.

Sinyal İşleme 2

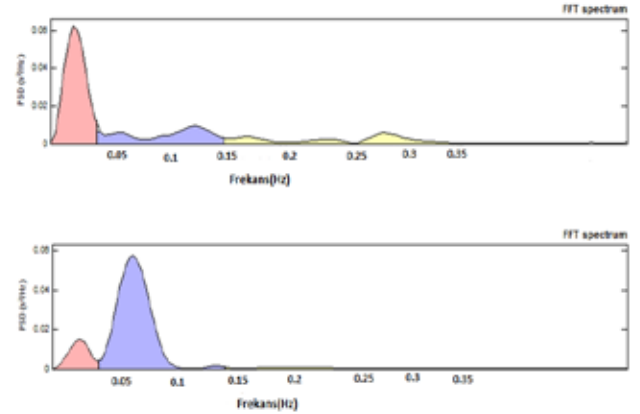
1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

III. ÖLÇÜM VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada gönüllü katılımcılardan farklı test işlemleri ile alınan toplamda 7 dakikalık EKG sinyalleri analiz edilmiştir. Bu sinyallerin ilk bir dakikalık kısmı referans (temel seviye) olarak kabul edilmiş ve stres durumundaki parametrelerin değişimi bu referans sinyal ile kıyaslanarak sonuçlar yorumlanmıştır.

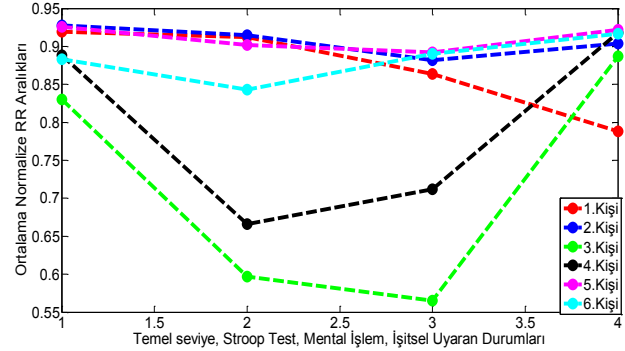
Kişide stres oluşturan her bir duruma ait zaman ve frekans eksenli parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'de kullanılan zaman ve frekans eksenli parametreleri, literatürde stresin ölçümü ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda en fazla başvurulan parametrelerdendir. Tabloya bakıldığında ortalama RR aralıklarının temel seviyeye kıyasla (737,4±91,1) Stroop renk/kelime testi (691±47,8) ve mental işlem (686,2±64,9) sırasında düştüğü görülmektedir ki buradan da kalp atımlarının hızlandığı bilgisine ulaşabiliriz. Önemli frekans eksenli parametrelerinden olan ve sempatik ve parasempatik gücü yansıtan LF ve HF değerlerine bakıldığında temel seviyede LF gücü 427,8±442,3 iken stroop test ve mental işlem durumlarında bu banttaki güç sırasıyla 813,4±1154 ve 1432,8±1029 seviyesine çıkarak stres durumlarında beklenildiği şekilde sempatik aktivitede önemli bir artış meydana gelmiştir. Aynı şekilde sempatik ve parasempatik sistemler arasındaki dengeyi gösteren LF/HF oranında LF gücündeki artıştan dolayı stroop test ve mental işlem sırasında ciddi bir artış meydana gelmiştir. Kişiyi gerilim durumuna sokacak işitsel uyarının kişinin stres seviyesinde önemli bir değişim meydana getirmediği görülmektedir.

Şekil 3'te katılımcılardan birine ait frekans ekseninde yapılan analiz sonucu görülmektedir. İlk şekil kişinin dinlenme durumundaki ikinci şekil ise mental test sırasındaki güç spektral yoğunluk grafiğini göstermektedir. Dinlenme durumunda LF bandındaki güç 580.1 ms² ve HF bandındaki güç 451.4 ms² iken mental test sırasında LF bandındaki güç 1945.4 ms² 'ye artarken ve HF bandındaki güç ise 91.2 ms² seviyesine düşmüştür. Kişiyi strese sokan mental test sırasında sempatik aktivite arttığından dolayı sempatik aktiviteyi yansıtan LF bandındaki güç de artmıştır.



Şekil 3. Dinlenme durumu ve mental test esnasındaki bir katılımcıya ait güç spektral yoğunluk grafiği

Zaman eksenli analizlerinden olan ortalama RR aralıklarının; temel seviye, stroop renk/kelime testi, mental işlem ve işitsel uyarın durumlarında nasıl değiştiğine ait grafik Şekil 4'te verilmiştir. Stroop renk/kelime testi ve mental işlem sırasında neredeyse tüm katılımcılarda ortalama RR aralığı azalırken işitsel uyarın durumundayken temel seviye ile arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 4. Katılımcılara ait temel seviye, stroop test, mental aktivite ve işitsel uyarın durumlarındaki ortalama RR aralığı değişimi

Tablo 2. Zaman ve frekans eksenli parametrelerine ait ortalama±standart sapma değerleri

	Temel Seviye	Stroop Renk/Kelime Testi	Dinlenme1	Mental Aktivite	Dinlenme2	İşitsel Uyarın	Dinlenme3
Mean RR	737,4±91,1	691±47,8	751,12±78,7	686,2±64,9	742,65±66	753,7±102,6	740±68,8
SDNN	33,1±11,1	37,8±19	45,3±22,1	45,7±13,9	53,67±31	29,7±9,5	42,1±12,5
RMSSD	20±9,9	22±13,5	26,8±14,3	25,14±12,2	41,67±27	25,5±11,4	26,8±10,5
pNN50	4,7±6,4	6,6±9,8	7,6±6,5	8,4±9,9	9,05±9,9	6,2±8,9	6,3±7
Mean HR	82,5±9,2	87,4±5,6	81±7,8	88,4±7,4	81,7±6,7	80,9±10	81,9±7,1
LF	427,8±442,3	813,4±1154	972±1377	1432,8±1029	1385±2200	349±278,8	836±675
HF	271,8±275	287,4±275	312±374	381±322	538,42±768	179±162,7	295±255
LF/HF	1,8±1	3,7±3,4	3,5±4,7	6,7±7,6	2,7±2,27	2,76±2,3	7,9±11,1



IV. TARTIŞMA

Stres günlük yaşamın her anında karşımıza çıkabilen bir durumdur ve vücuttaki pek çok yapıyı etkilediği için ölçümü oldukça karmaşık bir süreç içerir. Yapılan çalışmada kişide meydana gelen stres durumunun ölçümü, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik dallar vasıtasıyla atım hızına etki ettiği kalp atımları arasında meydana gelen süre farkından yararlanılarak hesaplanması hedeflenmiştir. Temel seviye olarak isimlendirilen dinlenim ve kişiyi strese sokacak üç farklı durum altında EKG sinyalleri alınarak zaman ve frekans eksenli analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman eksenli parametrelerinden olan ortalama RR aralığı (mean RR) ve ortalama kalp atımı (mean HR) değerinde temel seviyeye kıyasla stroop renk/kelime testi ve mental işlem sırasında bir düşüş meydana gelirken işitsel uyarın durumunda önemli bir değişim görülmemiştir. Bu durum işitsel uyarının kişiyi strese sokacak bir durum oluşturmadığını göstermektedir. Ayrıca değişimin işitsel uyarın durumunda değil de işitsel uyarın durumundan hemen sonraki dinlenme kısmında meydana geldiği görülmektedir. Bu kaymanın sebebinin kişinin işitsel uyarından ziyade iğne batırılacağı olayından etkilenip bu aşamanın sonuna doğru iyice strese girmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Frekans eksenli analizlerinde de yine dinlenim durumuyla kıyaslandığında kişiyi strese sokan stroop renk/kelime testi ve mental işlem sırasında sempatik aktiviteyi yansıtan LF bandında gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. İşitsel uyarın durumunda ise LF bandında herhangi bir artış görülmeyip artışın meydana geldiği kısım yine dinlenme kısmına kaymıştır.

Çalışmanın sonraki aşamalarında veri toplanacak sistem tasarımı kendimiz tarafından gerçekleştirilecek ve sinyal alınacak katılımcı sayısı artırılarak sonuçların istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak daha genel bir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Oh, B. S., Yeo, Y. K., Wan, F. Y., Wen, Y., Yang, Y., & Lin, Z., "Effects of noisy sounds on human stress using ECG signals: An empirical study", In *2015 10th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)* (pp. 1-4). IEEE, 2015, December.
- [2] Taelman, J., Vandeput, S., Spaepen, A., & Van Huffel, S., "Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability", In *4th European conference of the international federation for medical and biological engineering* (pp. 1366-1369). Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] Wu, W., & Lee, J., "Development of full-featured ECG system for visual stress induced heart rate variability (HRV) assessment", In *The 10th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology* (pp. 144-149). IEEE, 2010, December.
- [4] Wu, W., Lee, J., & Chen, H., "Estimation of heart rate variability changes during different visual stimulations using non-invasive continuous eeg monitoring system", In *Bioinformatics, Systems*

Biology and Intelligent Computing, 2009. IJCBS'09. International Joint Conference on (pp. 344-347). IEEE.

- [5] Mayya, S., Jilla, V., Tiwari, V. N., Nayak, M. M., & Narayanan, R., "Continuous monitoring of stress on smartphone using heart rate variability", In *Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2015 IEEE 15th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- [6] Vandeput, S., Taelman, J., Spaepen, A., & Van Huffel, "Heart rate variability as a tool to distinguish periods of physical and mental stress in a laboratory environment", In *Proceedings of the 6th international workshop on biosignal interpretation (BSI), New Haven, CT* (pp. 187-190), 2009.
- [7] Renaud, P., & Blondin, J. P., "The stress of Stroop performance: Physiological and emotional responses to color-word interference, task pacing, and pacing speed", *International Journal of Psychophysiology*, 27(2), 87-97, 1997.
- [8] Reisman, S., "Measurement of physiological stress", In *Bioengineering Conference, 1997., Proceedings of the IEEE 1997 23rd Northeast* (pp. 21-23). IEEE.