

TEMASSIZ FOTOPLETİSMOGRAFİ İLE NABIZ KESTİRİMİNDE HEMOGLOBİN SEVİYESİNİN ETKİSİ

(EFFECT OF HEMOGLOBIN LEVEL ON HEART RATE ESTIMATION WITH NON-CONTACT PHOTOPLETHYSMOGRAPHY)

Ufuk BAL¹, Alkan BAL²

ÖZ

Temassız fotoplethysmografinin oksimetrelerle daha ucuz bir alternatif olarak kullanılabilmesi için olası hata kaynaklarının araştırılması önemlidir. Temassız nabız tahmini yapan çalışmaların pek çoğu sağlıklı gönüllüler üzerinde gerçekleştirmiş ve hareket kaynaklı sorunların çözümüne odaklanmıştır. Çalışmamızda çocuk yoğun bakım ünitesindeki hastalar ile deneyler gerçekleştirilmiş ve temassız nabız kestiriminde hemoglobin seviyesinin etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Daha önce yayınladığımız yüz görüntülerinden nabız kestirimi yapan yöntem kullanılmıştır. Yöntem kestirim hatasını azaltmak için dalgacık dönüşümü tabanlı bir gürültü atma algoritması içermektedir. Kestirim hata oranları ile hemoglobin seviyeleri arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Sonuçlar yöntemin, anemik hastaların ortalama nabız tahmininde kabul edilebilir doğruluk sağlayabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Temassız PPG, Hemoglobin, Oksimetre

ABSTRACT

It is important to study possible artifact sources in non-contact photoplethysmography in order to use them as a cheaper alternative to pulse oximeters. Most of the work on non-contact heart rate estimation performed experiments with healthy volunteers and focused to solve motion artifacts. We performed experiments with patients in pediatric intensive care units and investigated whether hemoglobin level is a corruption factor or not in non-contact estimation of heart rate. Our previously reported heart rate estimation from face videos method is used. Our method involves a Wavelet Transform based denoising algorithm to reduce estimation errors. We did not observe a meaningful correlation between estimation errors and hemoglobin levels. Our results revealed that our method can provide acceptable accuracy to estimate mean heart rate of anemic patients.

Keywords: Non-contact PPG, Hemoglobin, Oximeter

¹ MSKÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, MUĞLA, ufukbal@mu.edu.tr (sorumlu yazar)

² İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Kliniği, İZMİR, balalkan@hotmail.com

1. GİRİŞ

Nabız, hekimlerin fizyolojik durum hakkında karar vermek için kullandıkları, insan vücudunun önemli fizyolojik sinyallerinden birisidir. Örneğin dinlenme durumundaki nabız değeri kalp hastalığı için bağımsız bir risk faktörü olarak belirlenmiştir [1].

Altın standart olarak kullanılan EKG dışında, nabızı ölçmek için en çok kullanılan diğer bir yöntem de Fotopletismografi (PPG) 'dir. Fotopletismografi nabız, oksijen saturasyonu, kan basıncı gibi parametreleri ölçmek için kullanılan ve deri üzerindeki ışık şiddeti değişimlerini gözlemlemeye dayalı optik bir tekniktir [2, 3]. Fotopletismografi teknolojisi, kızıl ve kızılötesi dalgaboylarındaki ışık kaynaklarını kullanan pulse oksimetre gibi pek çok medikal cihazda 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.

Diğer yandan, örneğin çocuk yoğun bakım ünitelerindeki hastalar enfeksiyonlara karşı çok duyarlıdır. Temassız yöntemlerle herhangi bir enfeksiyona neden olmadan nabız izlenmesi mümkündür. Ortam ışığının aydınlatma kaynağı olarak kullanılıp yüksek duyarlılıklı kameralar ve web-kameralarla temassız ölçüm mümkündür [4]. Ancak bu yöntemlerin klinik kullanımı henüz mevcut değildir. Literatürdeki çalışmaların pek çoğu algoritmalarını sağlıklı gönüllüler üzerinde denemiştir [5-8]. Bu çalışmalarda genelde hareket kaynaklı hataların düzeltilmesine odaklanılmıştır [4]. Oksimetreler uzunca bir süredir klinik olarak kullanıma sahip olduğundan olası hatalı ölçümleri bilinmektedir. Temassız yöntemlerinde ilerde klinik olarak kullanılabilmesi için olası hata kaynaklarının araştırılması oldukça önemlidir.

Hemoglobin ışığın soğurulmasında baskın bir etkidir ve kalp atımı kaynaklı deri rengi değişiminde ana katkıyı sağlar. Bizde çalışmamızda temassız PPG'de hareket kaynaklı hataların dışında hemoglobinin seviyesinin bir etken olup olmadığını araştırdık. Çalışmamızda web-kamera PPG sinyalleri belirli bir mesafeden, 18 çocuk yoğun bakım hastasından kaydedilmiştir.

2. MATERYALLER VE YÖNTEMLER

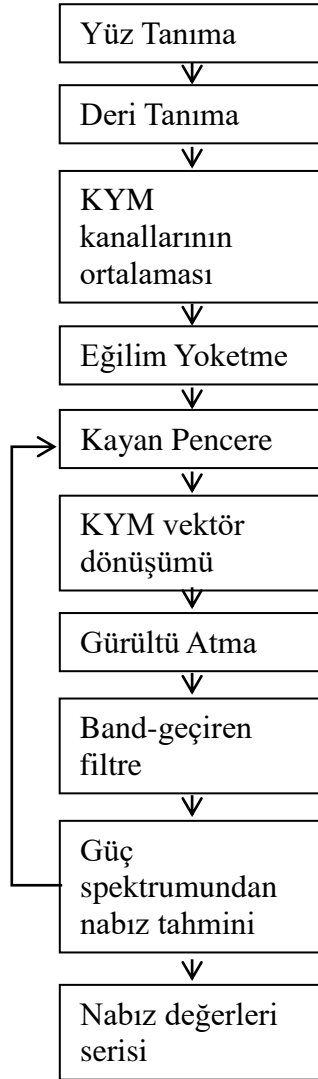
Çocuk yoğun bakım ünitesindeki hastaların nabız değerlerinin belirlenmesi daha önceki çalışmamızda önerdiğimiz, sağlıklı ve hasta gönüllüler üzerinde gerçekleştirilen toplam 31 deney ile test ettiğimiz, yöntem ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1) [9]. Özet olarak kaydedilen hasta görüntülerinden yüz bölgelerinin belirlenmesi, deri rengi filtrelemesi ve resim çerçevelerinin KYM (Kırmızı Yeşil Mavi) renk uzayında ortalamaları alındıktan sonra elde edilen tek boyutlu sinyaller üzerinde uygulanan sinyal işleme adımlarını içermektedir. Bu adımların ilki gürültü atma algoritmasının uygulanmasıdır. Dalgacık dönüşümü, durağan olmayan sinyallerin analizi için uygun olduğundan biyolojik sinyal analizinde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ancak sinyaldeki küçük kaymalar tekil noktalarda salınan dalgacık katsayılarını önemli ölçüde etkilediği için sinyal modellemesinde sorunlara neden olabilmektedir. Dalgacık dönüşümünün bu sorunlarını gidermek için analitik filtreler kullanan Çift-Ağaç Karmaşık Dalgacık Dönüşümü (ÇA-KDD) önerilmiştir. Bu nedenle önerdiğimiz yöntem nabız kestirim hatasını azaltmak için ÇA-KDD tabanlı bir gürültü atma algoritma içermektedir. Gürültü atma işleminden sonra sonlu darbe cevaplı band-geçiren filtre ile nabız aralığı 42-240 bpm (atım/dakika) olacak (0.7-4 Hz) şekilde sinyal filtrelenmiştir. Sinyalin

fourier dönüşümü tabanlı periodogram yöntemi ile güç spektrumu elde edilip, en yüksek güce denk gelen frekans nabız frekansı olarak değerlendirilmiştir. Nabız ise 60.ftepe olarak hesaplanmıştır.

Sonuçları değerlendirirken ise normal dağılım göstermeyen veriler için uygun olan Spearman korelasyon katsayısı hesaplaması ve parametrik olmayan hipotez testi, Matlab İstatistik Araç Kutusu (Toolbox) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.1. Deney Yöntemi

Temassız nabız tespitindeki hata miktarı ile hemoglobin seviyeleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesinde farklı yaş ve cinsiyetlerdeki çocuk yoğun bakım ünitesindeki 18 hasta üzerinde, etik kurul onayı ve hastaların rızası alınmak suretiyle, ölçümler gerçekleştirilmiştir. Hastaların yüz görüntüleri 60sn süreyle, katılımcılar yüzüstü biçimde yatakta yatarken, web-kamera ön yüzü görecektir şekilde ayarlanmak suretiyle kaydedilmiştir. Referans nabız değerleri eşzamanlı olarak alınan EKG ölçümleri ile belirlenmiştir. Ayrıca hemoglobin değerleri kan analizi ile tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen 18 ölçümde aynı klinikten aynı ortam şartları altında alınmıştır.



Şekil 1. Kullanılan yöntemin akış şeması

3. SONUÇLAR

Kullandığımız yöntem ile bulunan nabız değerleri, EKG ile ölçülen nabız değerleri ve hastaların hemoglobin seviyeleri Çizelge 1’de verilmiştir. Ayrıca ortalama karesel hataların karekökü (OKHK), korelasyon ve doğruluk değerleri de çizelgenin altında belirtilmiştir. Kestirim hata değerleri ile hemoglobin arasındaki ilişki Çizelge 3’de gösterilmiştir. Oldukça düşük bir korelasyon gözlenmiştir. Bazı hastalarda hata değerinin daha fazla olması yüzün daha kapalı olması ve hastanın daha fazla hareket etmesi gibi bilinen olası hata kaynaklarından dolayı olduğu düşünülmektedir. Hata değeri 4’ün üzerindeki ölçümlerin elenmesi ile de yine düşük bir korelasyon ($|r| < 0.3$) elde edilmiştir.

Ayrıca hastalar Çizelge 2’de verilen referans hemoglobin değerleri kullanılarak normal ve düşük hemoglobine sahip olanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çizelge 3’te normal hemoglobin seviyesinden düşük hastalar belirtilmiştir. İki grubun hata değerleri Wilcoxon sıralama toplamı testi ile karşılaştırılmıştır. Wilcoxon sıralama toplamı testi popülasyondan çekilen iki bağımsız örneğin aynı dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için kullanılan parametrik olmayan testtir. Sıfır hipotez iki grubun medyan değerleri eşittir olarak kurulmuştur. Test sonucunda %95 güven aralığında sıfır hipotezinin reddedilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca P-değerinin 0.8088 gibi yüksek bir değer çıkması sıfır hipotezini reddedebilecek yeterli kanıt olmadığını göstermektedir. Bu da daha önce sınırlı hasta ile gerçekleştirilen çalışmamızda öne sürdüğümüz hemoglobinin temassız ölçümlerde olası bir hata faktörü olabileceği varsayımını doğrulamamıştır.

Anemik hastalarda da temassız nabız tahmini yapılabilmesi bu yöntemlerin klinik olarak kullanılabilme olasılığını arttırmıştır. Ayrıca kamera temelli temassız yöntemlerle nabız değerinin yanısıra oksijen satürasyonu kestirimi de yapılabilmektedir. Bundan sonraki aşamada denek sayısı arttırılmak suretiyle nabız değerinin yanısıra özellikle oksijen satürasyonu kestirimine yoğunlaşılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma MSKÜ BAP birimi tarafından 13/108 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Cook S vd. High Heart Rate: A Cardiovascular Risk Factor?, *European Heart Journal*, Cilt. 27, No. 20, 2006, s.2387-2393.
- [2] Kamal AAR vd. Skin Photoplethysmography-A Review, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Cilt. 28, No. 4, 1989, s.257-269.
- [3] Allen J. Photoplethysmography and Its Application in Clinical Physiological Measurement, *Physiol Meas.*, Cilt. 28, No. 3, 2007, s.R1-39.
- [4] Ming-Zher P, McDuff DJ, Picard RW. Advancements in Noncontact, Multiparameter Physiological Measurements Using a Webcam, *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, Cilt. 58, No. 1, 2011, s.7-11.
- [5] Bousefsaf F, Maaoui C, Pruski A. Continuous Wavelet Filtering on Webcam Photoplethysmographic Signals to Remotely Assess Tte Instantaneous Heart Rate, *Biomedical Signal Processing and Control*, Cilt 8, No. 6, 2013, s.568-574.
- [6] Sun Y vd. Noncontact Imaging Photoplethysmography to Effectively Access Pulse Rate Variability, *Journal of Biomedical Optics*, Cilt. 18, No. 6, 2013, s.061205.
- [7] Lewandowska M vd. Measuring Pulse Rate With A Webcam; A Non-Contact Method for

Evaluating Cardiac Activity, *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 2011.

[8] Sun Y. Motion-Compensated Noncontact Imaging Photoplethysmography to Monitor Cardiorespiratory Status During Exercise, *Journal of Biomedical Optics*, Cilt. 16, No. 7, 2011, s.077010-077010-9.

[9] Bal U. Non-Contact Estimation of Heart Rate and Oxygen Saturation Using Ambient Light, *Biomedical Optics Express*, Cilt. 6, No. 1, 2015, s.86-97.

[10] Marks GB. "Approach to Anemia in the Adult and Child, in *Hematology: Basic Principles and Practice*", (Ed.) B. E. Hoffman, S. J. Shattil, 2009, s.439-46.

ÖZGEÇMİŞ/CV

Ufuk BAL; Yrd.Doç.Dr. (Assist.Prof)

Lisans derecesini 1999'da İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünden, Yüksek Lisans derecesini 2003'de Işık Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümünden, Doktora derecesini 2012 yılında Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden aldı. Halen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Temel çalışma alanları: Biyomedikal Optik, Görüntü ve Sinyal İşleme üzerinedir.

He got his bachelors' degree in the Electronics and Communication Engineering Department at Istanbul Technical University, Istanbul/Turkey in 1999, his master degree in the Electronics Engineering Department at IşıkUniversity, Istanbul/Turkey in 2003, PhD degree in the Electrical and Electronics Engineering Department at Ege University, İzmir/Turkey in 2012. He is still an academic member of the Electrical and Electronics Engineering Department at Muğla Sıtkı Koçman University. His major areas of interests are: Biomedical Optics, Image and Signal Processing.

Alkan BAL; Uzm.Dr. (M.D.)

Lisans ve yüksek lisans derecesini 2004'de Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Doktora derecesini 2011 yılında Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları alanından aldı. Halen Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Çocuk Acil alanında Yan Dal yapmaktadır.

He got his bachelors' and master degree in the Faculty of Medicine at Ege University, İzmir/Turkey in 2004, PhD degree in the Pediatrics Field at Tepecik Training and Research Hospital, İzmir/Turkey in 2011. He is still an Clinical Fellow of the Pediatric Emergency Clinic at Tepecik Training and Research Hospital.

Çizelge 1. Ölçüm sonuçları

Yaş	Cinsiyet	Hastalık	Hemoglobin (g/100ml)	EKG	Kestirilen Nabız
13 yaş	Kız	Diabetik Ketoasidoz	10.9	100	101.9531
14 yaş	Erkek	Bronkopnömoni	10.1	86	87.8906
1 yaş	Kız	ADEM	11.5	122	119.5313
8 yaş	Erkek	AVM	11.9	73	70.3125
6 aylık	Erkek	Kalp	8.7	135	130.0781
3 yaş	Erkek	Epilepsi + Sepsis	9.4	107	101.9531
2 aylık	Erkek	Menengokoksemi	8.6	130	123.0469
2 yaş	Erkek	Hipoksik-İshemik Encephalopathy	9.1	126	123.0469
2 yaş	Erkek	Serebral palsy + Epilepsi +Yüksek O ₂	10.3	126	123.0469
6 aylık	Erkek	Septik Şok + Çoklu Organ Yetmezliği	8.3	130	130.0871
2.5 yaş	Erkek	Serebral Palsy + Trakeostomi + Gastrointestinal Kanama	9.2	75	70.3125
3 aylık	Erkek	Bronkopnömoni + Respiratuar yetmezlik	8.9	138	140.625
6 aylık	Erkek	Omurilik Kas Erimesi + Trakeostomi	11.5	163	161.7188
6 aylık	Erkek	Septik Şok + Çoklu Organ Yetmezliği	8.3	137	137.1094
18 aylık	Erkek	Hemolitik üremik sendrom	7.5	142	144.1406
4.5 yaş	Erkek	Kronik böbrek yetmezliği + Dilate Kardiyomiyopati	9.9	81	80,8594
18 aylık	Erkek	Hemolitik üremik sendrom	7.5	146	144.1406
7 aylık	Erkek	Omurilik Kas Erimesi + Trakeostomi	9.5	121	119.5313
OKHK	3.1352	Korelasyon	0.9917 (p<0.001)	Doğruluk	0.9769

Çizelge 2. Yaşa göre normal hemoglobin seviyeleri [10]. Parantez içindeki-2SD'den düşük değerler anemiye işarettir.

Yaş	Normal hemoglobin değeri
0	ortalama 16.5 g/dL (-2SD: 13.5 g/dL)
1-3 gün	ortalama 18.5 g/dL (-2SD: 14.5 g/dL)
1 hafta	ortalama 17.5 g/dL (-2SD: 13.5 g/dL)
2 hafta	ortalama 16.5 g/dL (-2SD: 12.5 g/dL)
1 ay	ortalama 14.0 g/dL (-2SD: 10.0 g/dL)
2 ay	ortalama 11.5 g/dL (-2SD: 9.0 g/dL)
3-6 ay	ortalama 11.5 g/dL (-2SD: 9.5 g/dL)
0.5-2 yıl	ortalama 12.0 g/dL (-2SD: 11.0 g/dL)
2-6 yıl	ortalama 12.5 g/dL (-2SD: 11.5 g/dL)
6-12 yıl	ortalama 13.5 g/dL (-2SD: 11.5 g/dL)
12-18 yıl Kız	ortalama 14.0 g/dL (-2SD: 12.0 g/dL)
12-18 Erkek	ortalama 14.5 g/dL (-2SD: 13.0 g/dL)

Çizelge 3. Kestirim hata değerleri ile hemoglobin seviyeleri arasındaki ilişki

Hasta	Hb (Hemoglobin) (g/dL)	Normal Hb (N)/ Düşük Hb (D)	Hata
1	10.9	D	1.9531
2	10.1	D	1.8906
3	11.5	N	2.4687
4	11.9	N	2.6875
5	8.7	D	4.9219
6	9.4	D	5.0469
7	8.6	D	6.9531
8	9.1	D	2.9531
9	10.3	D	2.9531
10	8.3	D	0.0871
11	9.2	D	4.6875
12	8.9	D	2.6250
13	11.5	N	1.2812
14	8.3	D	0.1094
15	7.5	D	2.1406
16	9.9	D	0.1406
17	7.5	D	1.8594
18	9.5	D	1.4687
Hb-Hata Korelasyonu, Spearman : 0.0465 Pearson : 0.0748			