

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BEYİN İŞLEVSEL YAKIN KIZILÖTESİ  
ÖLÇÜMÜNÜ ETKİLEYEN ETMENLERİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MERVE TETİK**

**BİYOFİZİK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS  
PROGRAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İZMİR-2012**

DEÜ.HSI.MSc-2010970029

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BEYİN İŞLEVSEL YAKIN KIZILÖTESİ  
ÖLÇÜMÜNÜ ETKİLEYEN ETMENLERİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**BİYOFİZİK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS  
PROGRAMI**

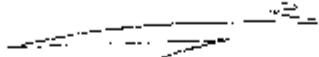
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERVE TETİK**

Danışman Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Murat ÖZGÖREN


DEÜ.HSI.MSc-2010970029

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyofizik Anabilim Dalı,  
Yüksek Lisans programı öğrencisi Merve Totik "**Beyin İşlevsel Yakın  
Kızılötesi Ölçümünü Etkileyen Etmenlerin Değerlendirilmesi**"  
konulu Yüksek Lisans tezini 10.08.2012 tarihinde başarılı olarak  
tamamlamıştır.

  
Prof. Dr. Murat ÖZGÖREN

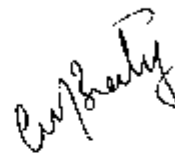
(DEÜ Tıp F. Biyofizik AD.)

BAŞKAN

  
Doç. Dr. Adile ÖNİZ

(DEÜ Tıp F. Biyofizik AD)

ÜYE

  
Prof. Dr. Cem Şeref BEDİZ

(DEÜ Tıp F. Fizyoloji AD)

ÜYE

Prof. Dr. Mustafa Güvencer

(Anatomi AD)

YEDEK ÜYE

Prof. Dr. Vesile Öztürk

(Nöroloji AD)

YEDEK ÜYE

## İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ii
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	v
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>DENKLEMLER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>KISALTMALAR</b> .....	ix
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	x
<b>ÖZET</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1. GİRİŞ ve AMAÇ</b> .....	5
1.1. Problemin Tanımı ve Önemi .....	6
1.2. Araştırmanın Amacı .....	6
1.3. Yanıtlanması Beklenen Sorular .....	6
1.4. Araştırmanın Hipotezleri.....	7
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	8
2.1. Beyin ve Nörogörüntüleme Yöntemleri .....	8
2.1.1. Beyin ve Hemoglobin Konsantrasyonları .....	8
2.1.2. Beynin Kanlanması ve fNIRS.....	10
2.1.3. Nörogörüntüleme ve Optik Dağılım.....	11
2.2. Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS).....	13
2.3. Pozisyonel Değişimler ve Hemodinamik Yanıtlar .....	20
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b> .....	23
3.1. DENEYSEL ÇALIŞMA I:.....	23
3.1.1. Araştırmanın Tipi.....	23
3.1.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	23
3.1.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi .....	23

3.1.4. Çalışma Materyali .....	23
3.1.5. Araştırmanın Değişkenleri.....	23
3.1.6. Veri Toplama Araçları .....	24
3.1.7. Uygulanan Paradigma.....	24
3.1.8. Veri İşleme Öncesi Ham Veriden Gürültü Temizleme .....	25
3.1.9. Araştırma Planı ve Takvimi: .....	25
3.1.10. Verilerin Değerlendirilmesi.....	27
3.1.11. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	27
3.1.12. Etik Kurul Onayı .....	27
3.2. DENEYSEL ÇALIŞMA II: .....	28
3.2.1. Araştırmanın Tipi.....	28
3.2.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	28
3.2.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi .....	28
3.2.4. Çalışma Materyali .....	28
3.2.5. Araştırmanın Değişkenleri.....	28
3.2.6. Veri Toplama Araçları .....	28
3.2.7. Uygulanan Paradigma.....	29
3.2.8. Veri İşleme Öncesi Ham Veriden Gürültü Temizleme .....	30
3.2.9. Araştırma Planı ve Takvimi .....	30
3.2.10. Verilerin Değerlendirilmesi.....	31
3.2.11. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	31
3.2.12. Etik Kurul Onayı .....	31
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>32</b>
4.1. DENEYSEL ÇALIŞMA I .....	32
4.1.1. Birinci Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	32
4.1.2. Sekizinci Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	33
4.1.3. Onaltıncı Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	35

4.2.	DENEYSEL ÇALIŞMA II .....	37
4.2.1.	Eğik Masa Testi Eksenlerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	37
4.2.2.	Tansiyon, Nabız ve Oksijen Satürasyonunun İstatistiksel Değerlendirilmesi ....	40
<b>5.</b>	<b>TARTIŞMA</b> .....	<b>48</b>
5.1.	Doğal Vücut Pozisyon Değişimlerinin fNIRS ile İncelenmesi (Deneyisel Çalışma I) ..	49
5.2.	Eğik Masa Testi Eksenlerinin fNIRS ile İncelenmesi (Deneyisel Çalışma II) .....	50
<b>6.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYIN ve BİLDİRİLER</b> .....	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b>TEZLE İLİŞKİLİ ÖDÜLLER</b> .....	<b>56</b>
<b>9.</b>	<b>BİLGİ</b> .....	<b>57</b>
<b>10.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>58</b>
<b>11.</b>	<b>EKLER</b> .....	<b>63</b>
11.1.	Pozisyon Değişimlerinde fNIRS Kaydı .....	63
11.2.	Eksen Pozisyon Değişimlerinde fNIRS Kayıt Bilgi Formu .....	65
11.3.	Etik Kurul Formu .....	66
11.4.	Özgeçmiş .....	69

## **TABLolar DİZİNİ**

<b>Tablo 1.</b> NIRS'ın 3 Temel Kullanım Çeşidi ve Özellikleri .....	14
<b>Tablo 2.</b> Araştırma Planına Ait Çalışma İzlem Şeması.....	26
<b>Tablo 3.</b> Birinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı .....	32
<b>Tablo 4.</b> Birinci Kanaldaki Hb Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi.....	33
<b>Tablo 5.</b> Sekizinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı .....	34
<b>Tablo 6.</b> Sekizinci Kanaldaki Hb ve HbO <sub>2</sub> Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi.	35
<b>Tablo 7.</b> Onaltıncı Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı .....	36
<b>Tablo 8.</b> Onaltıncı Kanaldaki Hb ve HbO <sub>2</sub> Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi. .....	36
<b>Tablo 9.</b> Eğik Masa Testi Eksen Pozisyonlarının Ortalamalarına ve Standart Sapmalarına Göre Dağılımı.....	37
<b>Tablo 10.</b> Eğik Masa Testi Eksen Pozisyonlarının Paired Sample t-testi Sonuçları.....	39
<b>Tablo 11.</b> Tez Çalışmasında Test Edilen Hipotezler Ve Sonuçları .....	55

## **SEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil 1.</b> Yüksek Lisans Tezinin Amaç Kurgusu Şeması .....	5
<b>Şekil 2.</b> Yüzde Olarak Beyin-Beden İlişkileri.....	8
<b>Şekil 3.</b> Mosso deneyi .....	9
<b>Şekil 4.</b> Prefrontal Korteksin Histolojik Yapısı. ....	11
<b>Şekil 5.</b> Nörogörüntüleme Yöntemlerinin Uzamsal ve Zamansal Dağılımı .....	13
<b>Şekil 6.</b> Elektromanyetik Spektrumda Yer Alan Kızılötesi Işığın Dalga Boyu.....	15
<b>Şekil 7.</b> Optik Penceredeki (NIR) Emilme Spektrumu.....	17
<b>Şekil 8.</b> Hemoglobın Konsantrasyonlarının Emilme ve Saçılma Yöntemiyle Elde Edilmesi .....	17
<b>Şekil 9.</b> Modifiye Edilmiş Beer Lambert Yasası .....	18
<b>Şekil 10.</b> Bu Tez Çalışmasında Kullanılan fNIRS Prototipi.....	19
<b>Şekil 11.</b> Dikey Pozisyondayken Kan Sütununun Kesintiye Uğraması.....	20
<b>Şekil 12.</b> Deneysel Çalışma I'de Kullanılan Oturumlar ve Uygulanan Paradigma.....	24
<b>Şekil 13.</b> Vücut Pozisyon Değişimleri .....	25
<b>Şekil 14.</b> Tez Çalışmasına Ait Akış Şeması .....	27
<b>Şekil 15.</b> Deneysel Çalışma II'de Kullanılan Paradigma ve Oturumlar .....	29
<b>Şekil 16.</b> Deneysel Çalışma II'de Kullanılan Eğik Masa Testi.....	29
<b>Şekil 17.</b> Deneysel Çalışma II'nin Vücut Pozisyon Değişimleri.....	30
<b>Şekil 18.</b> Birinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı.....	33
<b>Şekil 19.</b> Sekizinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı.....	34
<b>Şekil 20.</b> Onaltıncı Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı .....	36
<b>Şekil 21.</b> Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden Sirtüstü Pozisyonu .....	38
<b>Şekil 22.</b> Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 45 <sup>0</sup> Pozisyonu.....	38
<b>Şekil 23.</b> Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 90 <sup>0</sup> – 0 <sup>0</sup> – 90 <sup>0</sup> Pozisyonlar Arası Dinamik Değişim.....	39
<b>Şekil 24.</b> Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 90 <sup>0</sup> – 0 <sup>0</sup> Pozisyonlar Arası Dinamik Değişim.....	40



<b>Şekil 25.</b> Tansiyonun Eğik Masa Testi Değişimlerine Göre Dağılımı.....	41
<b>Şekil 26.</b> Oksijen Satürasyonunun Eğik Masa Testi Değişimlerine Göre Dağılımı .....	42
<b>Şekil 27.</b> Deneysel Çalışma I'e Ait Bulgular Özeti .....	43
<b>Şekil 28.</b> Deneysel Çalışma II'ye Ait Bulgular Özeti.....	44
<b>Şekil 29.</b> Vücut Pozisyon Değişimlerindeki Dinamik Kararlılık Süreci .....	45
<b>Şekil 30.</b> Bulgular Kavram Haritası I .....	46
<b>Şekil 31.</b> Bulgular Kavram Haritası II.....	47

## DENKLEMLER DİZİNİ

**Denklem 1.** Hemoglobin Doygunluk (Satürasyon) Yüzdesi Formülü.....10

$$\text{HbO}_2 / \text{HbO}_{2\text{max}} \times 100$$

**Denklem 2.** Total Hemoglobin.....14

$$\text{tHb} = \text{HbO}_2 + \text{Hb}$$

**Denklem 3.** Modifiye Edilmiş Beer Lambert Yasası.....18

$$\text{Optik Yoğunluk} \leftarrow \text{OD} = -\log \frac{I}{I_0} = \epsilon \Delta c d \text{DPF} + G \rightarrow \text{Ölçüm geometrisi için hesap faktörü}$$

Saptanan ışık yoğunluğu (final)  $I$

Başlangıçtaki ışık yoğunluğu  $I_0$

Kromofor konsantrasyonu  $\epsilon$

Sönme katsayısı  $\Delta c$

Differansiyel yol uzunluğu  $d$

Optik yol uzunluğu (LED ile dedektör arasındaki mesafe)  $\text{DPF}$

Optik Yoğunluk

Ölçüm geometrisi için hesap faktörü  $G$

**Denklem 4.** Newton'un İkinci Hareket Kanunu .....21

$$F = m (d^2y/dt^2)$$

## **KISALTMALAR**

**fNIRS:** *Functional Near Infrared Spectroscopy*

**NIRS:** *Near Infrared Spectroscopy*

**NIR:** *Near Infrared*

**HbO<sub>2</sub>:** *Oksihemoglobin*

**Hb:** *Deoksihemoglobin*

**tHb:** *Total Hemoglobin*

**MR:** *Magnetic Resonance*

**EEG:** *Electroencephalography*

**SPECT:** *Single Photon Emission Computed Tomography*

**PET:** *Positron Emission Tomography*

**MEG:** *Magnetoencephalography*

**fMRI:** *Functional Magnetic Resonance Imaging*

**EKG:** *Elektrokardiyografi*

**SpO<sub>2</sub>:** *Pulse Oksimetri*

**OxyHb:** *Oksihemoglobin*

**DeoxyHb:** *Deoksihemoglobin*

**COBI:** *Cognitive Optical Brain Imager Studio*

**µm:** *mikrometre*

**ml:** *mililitre*

**g:** *gravity*

**max:** *maksimum*

**nm:** *nanometre*

**KÖ:** *Kızılötesi*

**Hz:** *Hertz*

**LED:** *Light Emitting Diode*

**µmolar:** *mikromolar*

**mBL:** *Modified Beer Lambert*

**kPa:** *Kilopascal*

**mmHg:** *milimetre civa*

**H<sub>1-2</sub>:** *Hipotez*

**S<sub>1-2-3</sub>:** *Soru*

**ms:** *milisaniye*

**BOS:** *Beyin Omurilik Sıvısı*

## **TEŞEKKÜR**

Danışmanım Prof. Dr. Murat Özgören'e bana bu tez çalışmasında öncülük ettiği, yol gösterdiği, bilgi birikimini bizlere aktararak gelişmemizi sağladığı ve farklı bir perspektiften bakmayı öğrettiği için çok teşekkür ederim.

Her türlü desteği, paylaşımları ve yol göstericiliği için Hocam Doç. Dr. Adile Öniz'e,

Teorik desteği ve bilgi paylaşımı için Hocam Prof. Dr. Cem Şeref Bediz'e,

Bilgi birikimlerini tüm içtenliği ile paylaşan ve bir abi olan Yard. Doç. Onur Bayazit ile bir abla olan Yard. Doç. Sibel Kocaaslan Atlı'ya,

Daima yanımda oldukları ve bana destek verdikleri için çalışma arkadaşlarım Özlem Tuğçe Bezircioğlu, Çağdaş Güdücü, Serhat Taşlıca, Gonca İnanç, Uğraş Erdoğan, Nur Evirgen, Ecem Olçum ve Hilmi Öğüt'e,

fNIRS ile başlangıç kapısını Murat Hocam ile birlikte açmama yardımcı olan Doç. Dr. Kurtuluş İzzetoğlu ve Prof. Dr. Banu Onaral'a,

Her türlü yardımı ve desteği için Başhekim Yardımcısı Prof. Dr. Necati Gökmen'e

Bölümümüz çalışanı olan ve bize bir büyüğümüz gibi destek veren, yol gösteren Sezayir Can, Canan Yeğin ve Mehmet Oral'a

Tezimi uygulama alanında yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi Kardiyoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Özhan Göldeli'ye ve uygulamada yardımcı olan Assistan Doktor Zeynep Yıldız'a,

Bu çalışmada emeği geçen ve geçtiğini düşünen herkese çok teşekkür ederim.

Bana hep destek olan, bilgi sahibi olmadan fikir sahibi olamayacağımı gösteren her zaman yanımda olan Mustafa Gürel'e,

Akademik yaşamda atmış olduğum bu ilk adımda yanımda daima olan ve beni her zaman destekleyen aileme çok teşekkür ederim. Uzakta olmalarına rağmen bu tezin her satırını yaşadıklarına inandığım aileme bu tezi armağan etmekten mutluluk duyarım.

Merve Tetik

İzmir, Ağustos 2012

# BEYİN İŞLEVSEL YAKIN KIZILÖTESİ ÖLÇÜMÜNÜ ETKİLEYEN ETMENLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Merve Tetik

Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyofizik Anabilim Dalı, 35340, Balçova / İzmir

merve.tetik@ogr.deu.edu.tr

## ÖZET

**Amaç ve Hipotez:** Bu tezin amacı vücut pozisyon değişimlerinde fNIRS yöntemi kullanılarak hemodinamik sınırlarının saptanmasıdır. Aynı zamanda dinamik kararlılığın vücut pozisyon değişimlerindeki etkisinin incelenmesidir. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde vücut pozisyon değişimlerinin uyku, anestezi ve çeşitlik mesleksi uygulama alanlarına uyarlanması hedeflenmiştir.

**Yöntem:** Bu tez çalışması ile yapılan iki deneysel çalışmaya toplam 28 kişi gönüllü olarak katılmıştır (deneysel çalışma I = 11; deneysel çalışma II = 17). Deneysel çalışma I'de uyaran parametrelerini incelediğimizde katılımcılar beş vücut pozisyon değişimine (sırtüstü, sağ yan, sol yan, yüzüstü, oturma) ve dört oturma (ışık var, ışık yok, kısa nefes, uzun nefes) maruz bırakılmıştır. Deneysel çalışma II'de uyaran parametrelerini incelediğimizde katılımcılar üç vücut pozisyonu değişimine ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ) ve iki dinamik vücut pozisyon değişimine ( $90^{\circ}-0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}-90^{\circ}$ ) maruz bırakılmıştır. Deneysel çalışma II'de fNIRS yönteminin yanında tansiyon, nabız ve oksijen satürasyonu ölçümü de yapılmıştır. Elde edilen veriler COBI Studio programı ile ham veri olarak alınmanın ardından MATLAB programı yardımıyla Butterworth filtresi ile temizlenmiştir ve istatistiksel analiz yapılmıştır.

**Bulgular:** Elde edilen sonuçlara göre, vücut pozisyon değişimleri ön beyin bölgesinde hemoglobin konsantrasyonları açısından farklılaşma yaratmaktadır. Vücut pozisyon değişimlerinin hemoglobin konsantrasyonları üzerinde anlamlı açıdan hareket/ivmeye bağlı farklılaşma yarattığı sonucu elde edilmiştir.

**Sonuçlar:** fNIRS ile yapılan bu çalışma, vücut pozisyon değişimlerinde çok kanallı işlevsel görüntüleme yöntemiyle görüntülenmesine yönelik yapılan öncü çalışma özelliği taşımaktadır. Bulgular, vücut pozisyon değişimlerinde fNIRS'ın uyku ve anesteziye uygulanabilirliğinin yararlı olabileceğini göstermiştir. Benzer şekilde kafa/vücut hareket değişimleri açısız dönüşüm içeren mesleksel etkinliklerde (pilotlar vb) fNIRS'ın uygulanabilirliğini de göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Hemoglobin Konsantrasyonları, Vücut Pozisyon Değişimleri, Eğik Masa Testi, Prefrontal Oksijenizasyon*

# THE DYNAMIC EFFECTS OF BODY POSITIONS ON fNIRS

Merve Tetik

Dokuz Eylül University, Institute of Health Sciences, Department of Biophysics, 35340,  
Balcova/Izmir

merve.tetik@ogr.deu.edu.tr

## **ABSTRACT**

**Aim and Hypothesis:** This study focuses on the positional effects on hemodynamic changes for hemodynamic limits monitored by the functional near infrared (fNIR) spectroscopy. By administering two consecutive experimental protocols, we investigated effects of the potential body-head positions that may be the cases during sleep, anesthesia, and applications areas of occupational recordings.

**Method:** We examined two experimental protocol in this thesis. We studied 28 volunteers (experiment 1= 11, experiment 2 = 17). Changes of body positions of both experiment were obtained significant differences. In experiment 1 was worked body's natural different positions, and this measured in terms of HbO<sub>2</sub> and Hb. In experiment 2 was obtained on the hemoglobin concentrations significantly changes the dynamic tilt table test-axis angle movement/acceleration. Measurements in parallel with the axis of the blood pressure, oxygen saturation changes were obtained from a significant point of differentiation. There is no significant differences between HbO<sub>2</sub> and Hb about pulse.

**Results:** This study is the preliminary work for displaying multi-channel method has the characteristics of structural imaging with fNIRS of body positions changes. This study focuses on the positional effects on hemodynamic changes monitored by the functional near infrared spectroscopy (fNIRS). The motivation behind this exploratory study is to provide a standard approach for a number of bedside and postural applications where the body-head position can influence the fNIRS signal readings. The deoxygenated hemoglobin values seem to be the least effected component of fNIRS recordings across all different positions.

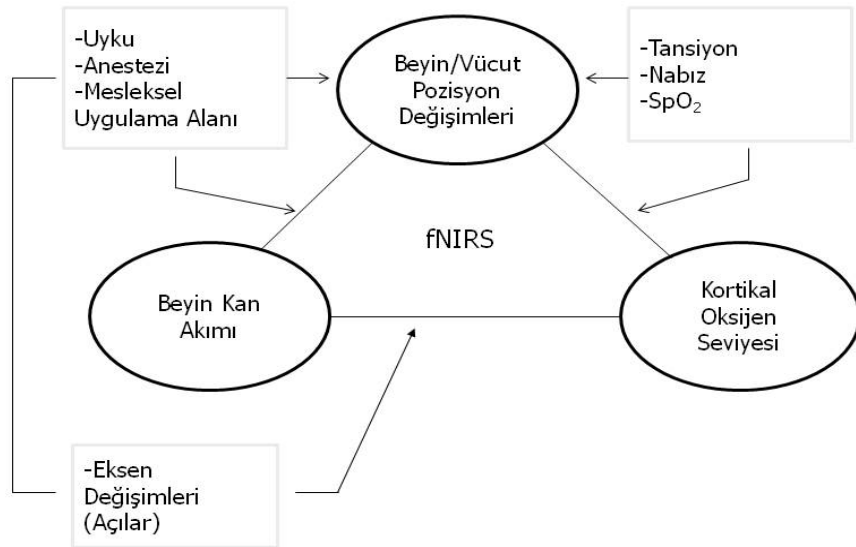
**Keywords:** *Hemoglobin Concentrations, Body Positions, Tilt Table Test, Prefrontal Oxygenation*



## 1. GİRİŞ ve AMAC

İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS), girişimsel olmayan bir yöntem olup beyin biyofiziği, psikofizyoloji ve klinik sahaya yeni kazandırılmaya çalışılan bir görüntüleme ve işlev ölçüm yöntemidir. fNIRS, ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını (HbO<sub>2</sub>, Hb) ölçmektedir (1, 2). fNIRS'ın üzerine etki eden etmenlerin değerlendirilmesi ve beyin yanıtılığı ölçütünün irdelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Vücut pozisyon değişimleri ile hemodinamik yanıtlar değişebilir. Bu gibi değişimlerin fNIRS ile ölçülen parametreleri etkileyip etkilemediği bilinmemektedir. fNIRS'ı etkileyen etmenler arasında; kullanılan düzeneklerin ölçüme olan hassaslığı, laboratuvar ortamının yöntem ile olan uyumu, vücut pozisyonlarının fNIRS ile ilişkisi yer almaktadır. Kullanılan yöntemin hassaslığını ölçmek için (Deneysel Çalışma I) sağ, sol ve merkezde yer alan fNIRS kanal farklılaşmaları incelenmiştir. Bu etkenlerin değerlendirilmesi ile birlikte fNIRS'ın laboratuardan kliniğe uygulanabilirliğini belirlemek açısından gereklidir.

Bu tezde fNIRS'ı etkileyen etmenlerin incelenmesinde saha olarak uyku, anestezi ve mesleksi uygulama alanları düşünülerek uyaran parametreleri uygulanmıştır. Uyaran parametresi olarak ise vücut pozisyon değişimleri ele alınmıştır. Vücut pozisyon değişimlerinin beyin yanıtılığı ile oluşan etkileşimi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Yüksek Lisans Tezinin Amaç Kurgusu Şeması

Pozisyona bağlı ölçümlerin beyin oksijenlenmesindeki dinamiklerini belirlemeye çalıştığımız bu tez çalışması ile pozisyonun vücut değişimine etkisi olduğu sonucunun incelenmesi hedeflenmiştir. Çok kanallı hemodinamik görüntüleme yönteminin kullanılması bu çalışmayı farklı kılan ayırt edici bir unsurdur.

### **1.1. Problemin Tanımı ve Önemi**

Uyku ve anestezi çalışmalarında yapılan nörogörüntüleme yöntemleri ile alınan verilerin vücut pozisyon değişimi gibi bir değişkenin gözardı edilerek ölçülmesi çalışmalara olan güvenilirliği azaltmaktadır. Bu tez çalışması ile gerçekleştirilmek istenen fNIR görüntüleme yönteminin beyin yanıtılığı ölçütü olarak kazandırılması ve yapılan çalışmalara bir norm basamağı oluşturmaktır. Bu tez çalışmasının önemi; beyin dinamiği ölçümleri açısından ön beyin bölgesi kullanılarak ilgili değişkenlerin ışığında düzenlenerek uyku, anestezi ve diğer iş ortamı temelli uygulama süreçlerine (pilotlar, vb) dahil olabileceği sonucudur. fNIRS'ın bu üç temel alanda kullanılması hedeflenmektedir.

### **1.2. Araştırmanın Amacı**

Araştırmadaki temel amaç; fNIRS yöntemi kullanılarak uyku, anestezi ve iş ortamı temelli çoklu uygulama alanlarına (sürüş, pilotlar, vb.) etkisi olabileceği düşünölen pozisyona bağlı farklılaşma süreçlerinin incelenmesidir. Tez çalışmasında, vücut pozisyon değişimleri sonucunda oluşan hemodinamik yanıtların nedenleri ve dinamik kararlılık süresi araştırılmıştır. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen yatay düzlem uygulamasında, kişiler bir yana yattığında sağ ön beyin bölgesinde kanlanma oranlarının değişeceği varsayımı düşünülmüştür. Burada kanlanma artışı ve beyin iş yükü/işlev ilişkisi çatallanmaktadır. Bu durum değişik pozisyon parametreleri için değerlendirilmiş ve kullanılan yöntemin hassaslığı bu tez çalışması ile incelenmiştir. Böylelikle uyku ve anestezi gibi yatay düzlem çalışmalarında uygulanabilirliği açısından fNIRS'ın klinik sahaya kazandırılması çalışmanın genel hedefidir.

### **1.3. Yanıtlanması Beklenen Sorular**

**S1:** Oturma, yatma gibi doğal vücut pozisyonlarından beyin ne kadar etkilenir?

**S2:** Vücut pozisyon değişimlerinin hemodinamik sınırların saptanmasındaki rolü nedir?

**S3:** Sınırların saptanmasıyla kognitif çalışmalarda yöntemsel kararlılık sağlamak üzere kullanılabilir hale getirilebilir mi?

**S4:** Ortamın ışılandırılmasının ve solunum değişiminin hemodinamik yanıtların ölçülmesinin üzerinde etkisi var mıdır?

#### **1.4. Araştırmanın Hipotezleri**

**Ana Hipotez:** Vücut-beyin pozisyon değişimleri beyinde hemodinamik değişimlere neden olur. Bu değişimler fNIRS yöntemiyle saptanabilir.

**H1:** Doğal vücut pozisyon değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir.

**H2:** Eğik masa testindeki eksen değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir.

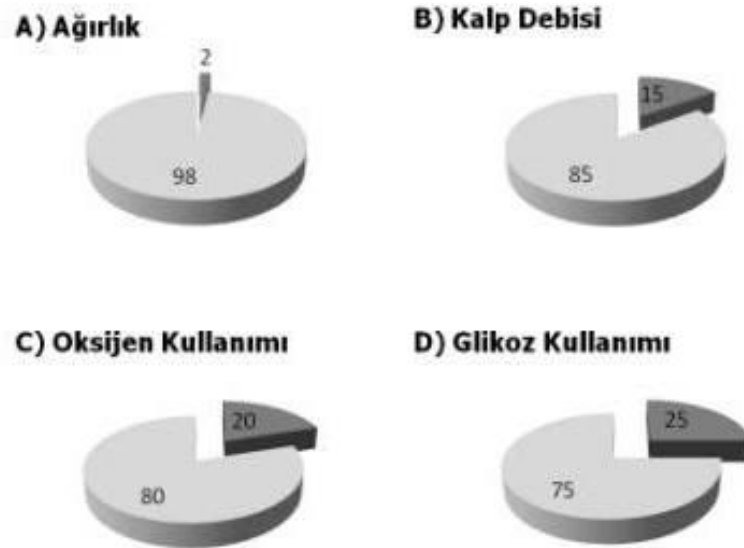
## 2. GENEL BİLGİLER

Bu tez çalışmasında işlevsel yakın kızılötesi işaretleme yöntemi ile vücut pozisyon değişimlerine göre ön beyindeki hemodinamik değişimler incelenmiştir. Bu tez çalışmasında yer alan vücut pozisyon değişimleri ve kullanılan yöntem olan fNIRS'a dair literatür bilgileri gözden geçirilmiş ve aşağıda sunulmuştur.

### 2.1. Beyin ve Nörogörüntüleme Yöntemleri

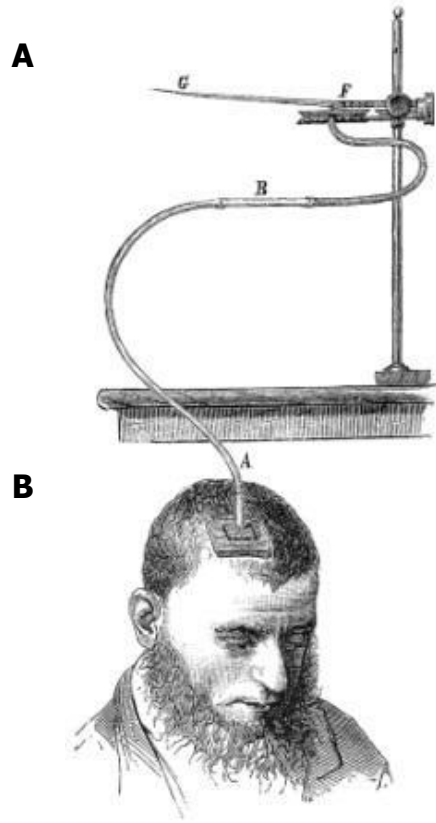
#### 2.1.1. Beyin ve Hemoglobin Konsantrasyonları

İnsan beyni evrendeki en karmaşık yapılardan bir tanesidir. Beyin, vücudun küçük bir bölümünü oluşturduğu halde oldukça yüksek oranda oksijen ve glikoz harcamaktadır. Şekil 2'de beyin vücuda göre oksijen ve glikoz kullanım alanları gösterilmektedir.



**Şekil 2.** Yüzde Olarak Beyin-Beden İlişkileri: A) Beden kütlesi, B) Kalp debisi, C) Oksijen kullanımı, D) Glikoz kullanımı (koyu renk beyin; açık renk beden yüzdelelerini göstermektedir)

Beynin aynı bir makine gibi çalışması için enerjiye gereksinimi vardır. Enerji alışverişi sırasında oksijen gereksinimi ve işle orantılı olarak enerji girdisi artar. Enerjiyi içeren sıvıyı sağlayan önemli kaynak ise kan dolaşımıdır (6). Buna göre, çalışma sırasında beyinde 'kanlanma' oranı artar. Bu alanda yapılan ilk gözlemler Angelo Mosso tarafından 1881 yılında yapılmıştır (bkz., Şekil 3).



**Şekil 3.** Mosso deneyinde kullandığı hastanın kafatasındaki deliğe (B) monometrik bir düzenek (A) sağlamıştır. Buradaki basınç dalgalanmalarının uyarılarla ve duygusal durumla değiştiğini saptamıştır (Dror, 2001'den uyarlanmıştır).

Mosso'nun yaptığı bir başka çalışmada deneyde hassas bir masaya dengede yatırılan kişinin beyindeki kanlanması değişince, kafa tarafına doğru dengenin bozulduğu gösterilmek istenmiştir. Kan dolaşımı serebral termometre ile ölçülmüştür (7).

Kan; dolaşım sisteminde dolaşarak organizmadaki tüm organlara ulaşır ve bu organlara metabolizma için gerekli besin ve oksijeni götürmektedir. Kan, plazma ve çeşitli özellikler gösteren katı cisimlerden oluşur. Plazma, mineral tuzlar, proteinler, glikoz ve üre içerir. Katı cisimler ise *eritrositler* (alyuvarlar), *lökositler* (akyuvarlar) ve *trombositler* (kan pulcukları)'den oluşur. fNIRS'ın ölçmüş olduğu yapılardan yola çıkarak kanın yapısını incelediğimizde eritrositlerin en önemli fonksiyonları akciğerler tarafından alınan oksijen ile hücreler tarafından oluşturulan karbondioksiti taşımaktır. *Eritrositler*, hemoglobin bulundurlar ve bu molekül geri dönüşlü olarak oksijen ve de daha az oranda karbondioksit bağlar. Hemoglobinin ortalama konsantrasyonu kadında 14g/100ml, erkekte 16g/100ml'dir. Ortalama bir insan alyuvarının çapı 6-8 µm'dir. Tek bir insan alyuvarı yaklaşık 270

milyon hemoglobin molekülü, ve her bir hemoglobin molekülü ise dört hem grubu içerir. Oksijeni bağlayan hem grubudur. Her hem grubu bir oksijen molekülü bağlar, yani her hemoglobin molekülü dört adet oksijen molekülü bağlayabilir. Dört tane oksijen molekülü bağlayan hemoglobin bütünüyle doymuştur ve **oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>)** olarak adlandırılır. Oksihemoglobin parlak kırmızı renktedir. Oksihemoglobin bağladığı 4 oksijen molekülünden bir veya daha fazlasını yitirse, **deoksihemoglobin (Hb)** olarak adlandırılır. Deoksihemoglobin koyu kırmızı renktedir. Bu nedenle söz konusu zincir iki formdan biri şeklinde bulunur. Örneğin; oksihemoglobin soluk alırken akciğerlerde, kandaki hemoglobinin oksijenle birleşmesiyle oluşan bileşiktir. Birçok hemoglobin molekülü içeren kan, oksihemoglobin durumunda olan tüm hemoglobinin oranı hemoglobinin doygunluk (satürasyonu) yüzdesi olarak tanımlanır:

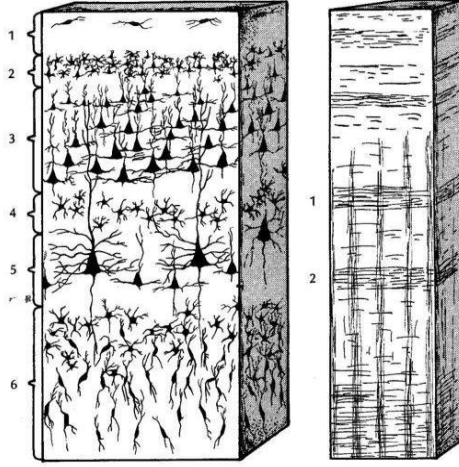
$$\text{HbO}_2 / \text{HbO}_{2\text{max}} \times 100 \quad (\text{Denklem 1})$$

Örneğin; hemoglobine bağlanmış oksijen miktarı maksimum kapasitenin yüzde 40'ı ise yüzde 40 doygun (satüre) olduğu söylenir. Bu denklem *oksijen taşıma kapasitesi* olarak da adlandırılır. Hemoglobinin kanda taşıyacağı oksijenin toplam miktarı sadece hemoglobinin doygunluk yüzdesi ile değil aynı zamanda bir litre kanda ne kadar oksijen bulunduğu ile de ilgilidir (24).

### 2.1.2. Beynin Kanlanması ve fNIRS

fNIR görüntüleme yöntemi ile ön beyin bölgesinden kızılötesi ışık yardımıyla bilgi alınabilmektedir. Kızılötesi ışık yardımıyla hemoglobin konsantrasyonları (Hb, HbO<sub>2</sub>) ölçülmektedir. Hemoglobin konsantrasyon oluşumunu sağlayan arter ve ven damarları beyin arteriyel beslenmesini sağlar. Arterler ilk çıkış yerlerinde beyin ön yüzüne (*prefrontal korteks*) oldukça yakındırlar. Besleyecekleri *parankime* girmeden önce *subaraknoid* bölgede seyrederek. Her bir ana damar belli bölgeyi sınır bölgesi diye adlandırılan (watershed zone) yere kadar besler. fNIRS, daha derinde olan beyin dokusuna ait ön *serebral arter* ile orta serebral arterin aynı zamanda birleşme yeri olan *watershed zone* bölgesinden olan yansımaları algılamaktadır. Beynin ön yüzü olan prefrontal korteks (ön beyin ön yüzü/ön beyin bölgesi) bu çalışmada ölçüm sahası olarak kullanılmıştır. Prefrontal korteks, hemisferlerin lateral yüzünde premotor sahanın (Brodmann 6-8) önünde yer alan frontal lob kısmına denir. *Gyrus frontalis superior*, *gyrus frontalis medius* ve *gyrus frontalis inferiorun* büyük bir kısmı ile *gyrus orbitales* ve *gyrus cingulinin* ön yarısını kapsar. Prefrontal korteks

histolojik olarak altı tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalar yüzeysel alandan derine doğru Şekil 4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Prefrontal Korteksin Histolojik Yapısı: 1) Moleküler tabaka, 2) Eksternal granüler tabaka, 3) Piramidal hücreler, 4) İnternal granüler tabaka, 5) Büyük piramidal hücreler tabakası, 6) Fusiform hücreler tabakası (Bu tabakaların toplam kalınlığı 2 ila 6 mm'dir. Yaklaşık 0,25 m<sup>2</sup> lik yüzey alanına sahip, koyu renkli bir örtüdür.

fNIRS'tan çıkan kızılötesi ışıklar ilk olarak deriyi geçerek Şekil 4'teki altı tabakayı geçer ve BOS'u da geçerek prefrontal kortekste serebruma ulaşır. Prefrontal korteks, bireyin kişilik ve davranışları ile ilgili hayati rol oynayan merkezler içerir. Prefrontal alanların; dikkatin sürdürülmesi, yazılan sözcüklerin tanınması, çalışan bellek, anlamsal bellek, kısa süreli bellek, planlama, kontrol etme gibi birçok kognitif fonksiyonu vardır. Zihinsel faaliyetlerin amaca yönelik sıralanmasında prefrontal korteks önemli rol oynar. Bu faaliyetler arasında geleceği tahmin etme, gelen duyuşal sinyallere cevabı geciktirerek en iyi olduğuna karar verilen cevabın hazırlanması, motor hareketlerin uygulanmadan sonucunun kestirilmesi, komplike matematik ve karmaşık soyut problemlerin çözülmesi vardır (10).

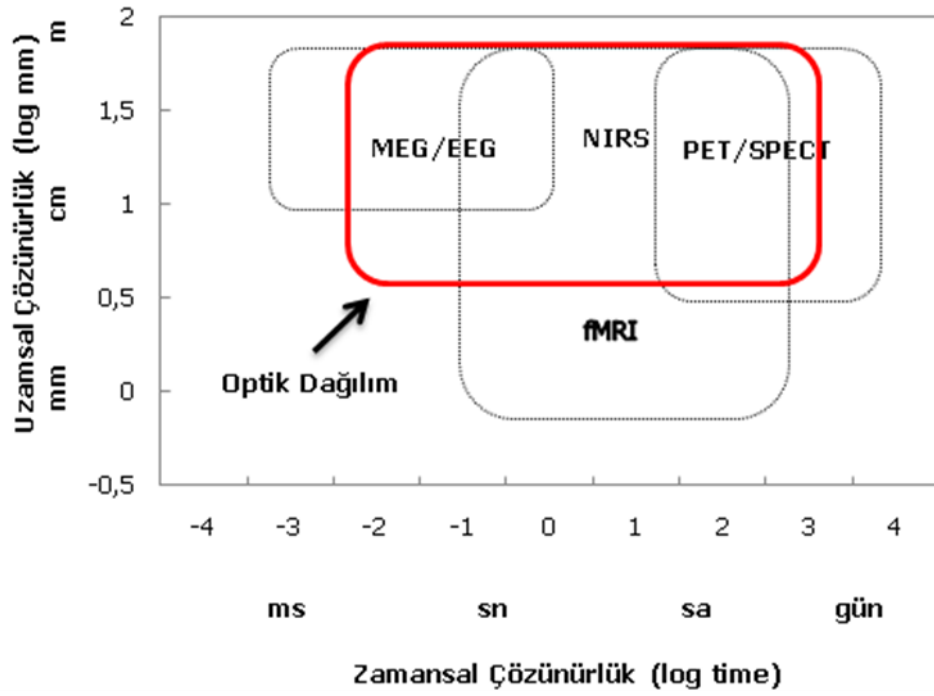
### 2.1.3. Nörogörüntüleme ve Optik Dağılım

Mosso'nun çalışmasında kan dolaşımını ölçtüğü serebral termometreden bu yana bu yaklaşımların günümüzdeki son kullanılan teknikleri Transkraniyal Doppler, MR, Near Infrared Spektroskopi (NIRS/fNIRS) ve işlevsel MR görüntüleme teknikleridir. MR görüntüleme yöntemi, nükleer manyetik rezonans görüntülemedir. Dokudaki hidrojen atomlarının yoğunluklarına ve hareketlerine göre görüntü oluşturur. fMRI, beyin fonksiyonunun görüntülenmesini sağlar. Bu teknik, kandaki oksihemoglobin (oksijen bağlı hemoglobin) ile deoksihemoglobinin manyetik özelliklerindeki farklılığa dayalıdır ve bu nedenle fMRI sinyali *Kan Oksijenizasyon Düzeyine Bağımlı Sinyal* (Blood-Oxygenation-Level-Dependent signal –

BOLD) olarak adlandırılır. PET, organ ve dokuların fonksiyon ve metabolizmalarındaki değişiklikleri anatomik detaylarla birlikte gösteren etkinliği kanıtlanmış bir görüntüleme tekniğidir. SPECT, kesitsel görüntüler ile beyin dokusunun kanlanması (perfüzyonu) hakkında bilgi sunan görüntüleme yöntemidir. EEG, beyin elektriksel aktivitesinin görüntülenmesidir. Nörogörüntüleme tekniklerini ve diğerlerini tarihsel olarak incelediğimizde ilk olarak EEG ve sonra sırasıyla PET, SPECT, MEG ve fMRI'dir. Tüm bu nörogörüntüleme tekniklerinin uzamsal ve zamansal çözünürlüğü Şekil 5'te gösterilmiştir. Uzamsal çözünürlük, yan yana iki farklı yapının gösterilebilmesidir. Bir görüntünün birim alanda birbirinden ayırt edilebilir yapı sayısı ne kadar çok ise uzamsal çözünürlüğü o kadar yüksek demektir. Zamansal çözünürlük ise belirli bir alan için görüntü kaydetme zaman aralığıdır. MEG ve EEG güçlü zamansal ve zayıf uzamsal çözünürlüğe sahiptir. fMRI, PET ve SPECT güçlü uzamsal ve zayıf zamansal çözünürlüğe sahiptir. Yüzeysel ölçümlerde ise optik dağılım teknolojisi içeren ve yüzeysel dokuların ölçüldüğü nörogörüntüleme yöntemi olarak NIRS kullanılmaktadır. Optik dağılım ölçümlerinde kaydedilen genliğin sinyali iki faktör tarafından belirlenir: 1) doku tarafından emilen ışık, 2) dokudan saçılan ışık. Diffüz optik ölçümlerinin amacı bu değişiklikleri algılamak ve bu değişimin neye bağlı olarak olduğunu belirlemektir. Bu emilim değişimleri ağırlıklı olarak hemoglobin konsantrasyonlarındaki değişimler tarafından belirlenir. Diffüz optik ölçüm ucu kafaya yerleştirildiğinde gözlenen hemoglobin değişimleri beyin aktivitesini yansıtmaktadır (28, 47). Diffüz optik ölçümler üç ana kategoride geliştirilmiştir. Bunlar; zaman alanı, frekans alanı ve sürekli dalga ölçümüdür (bkz., Tablo 1).

fNIRS kızılötesi ışığın emilme ve saçılma yöntemiyle elde edilen beyin aktivitesi hakkında bilgi sağlar. Bu optik dağılım yöntemlerinden fNIRS'ın uzamsal ve zamansal çözünürlüğünü incelediğimizde hem uzamsal hem de zamansal çözünürlüğü açısından uygun bir görüntüleme yöntemidir. fNIRS'da ışık yardımıyla doku örnekleme hakkında spektroskopik bir bilgi alabilmekte bununla beraber hemoglobin konsantrasyonları (oksihemoglobin, deoksihemoglobin) elde edilebilmektedir (8).





**Şekil 5.** Nörogörüntüleme Yöntemlerinin Uzamsal ve Zamansal Dağılımı (Strangman ve ark., 2002'den uyarlanmıştır)

## 2.2. Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS)

fNIRS, korteksin işlevlerini işaretlemeye bir nörogörüntüleme teknolojisidir. NIRS'ın prensiplerinden yararlanmaktadır. fNIRS ile NIRS arasındaki farkları incelediğimizde, fNIRS çok kanallı (16) işlevsel özelliğe sahip olurken NIRS sadece 2 kanala sahiptir. Aynı zamanda NIRS'tan dalgaboyuyla total hemoglobin ölçülebilirken, fNIRS'tan Hb ve HbO<sub>2</sub>'nin toplanmasıyla total hemoglobin elde edilmektedir. NIRS prensip olarak 3 ayrı teknolojiye oluşmaktadır (bkz. Tablo 1). Bu uygulama alanını diffüz optik ölçümler oluşturmaktadır. Uygulama olarak NIRS diffüz optik ölçümlerde olduğu gibi; zaman alanlı görüntüleme (time domain spectroscopy), frekans alanlı görüntüleme (frequency domain spectroscopy) ve sürekli dalga görüntüleme (continuous wave spectroscopy) şeklinde ayrılmaktadır (8, 50).

NIRS'ın tarihsel olarak gelişimini incelediğimizde; Frans Jöbsis, 1977 yılında in vivo NIRS yöntemini ilk olarak hayvan hücrelerinde çalışmıştır. 700-1000 nm arasında kızılötesi ışık kullanarak hayvan hücreleriyle penetrasyonu sağlamıştır. Jöbsis hiperventilasyon sırasında kortikal oksijenlenme değişimlerini saptayarak uyarılmış serebral değişimlerin NIRS ile görüntülenmesini yapmıştır (11, 12, 16).

**Tablo 1.** NIRS'in 3 Temel Kullanım Çeşidi ve Özellikleri (Strangman ve ark., 2002'den uyarlanmıştır, \*Bu tez çalışmasında kullanılan görüntüleme yöntemi)

<b>NIRS ve ÖZELLİKLERİ</b>			
<b>Ölçüm Çeşidi</b>	<b>Avantajları</b>	<b>Dezavantajları</b>	<b>Kullanım Alanları</b>
<b>Zaman Alanı</b>	Uzamsal çözünürlük	Örnekleme oranı	Serebral oksijenlenme, yenidoğanlarda kanama, göğüs görüntüleme
	Penetrasyon derinliği	Cihaz ağırlığı, boyutu	
	En doğru emilme ve saçılma ayrışması	Stabilizasyon/soğutma Fiyat	
<b>Frekans Alanı</b>	Örnekleme oranı	Penetrasyon derinliği	Serebral ve kas oksimetresi, göğüs görüntüleme
	Doğru olarak emilme ve saçılmanın ayrışması		
<b>*Sürekli Dalga Ölçümü</b>	Örnekleme oranı	Penetrasyon derinliği	Parmak oksijen satürasyonu, yapısal beyin deneyleri (fMRI)
	Cihaz boyutu, ağırlığı ve sadeliği	Emilme ve saçılmanın ayrışmasındaki zorluk	
	Fiyat		

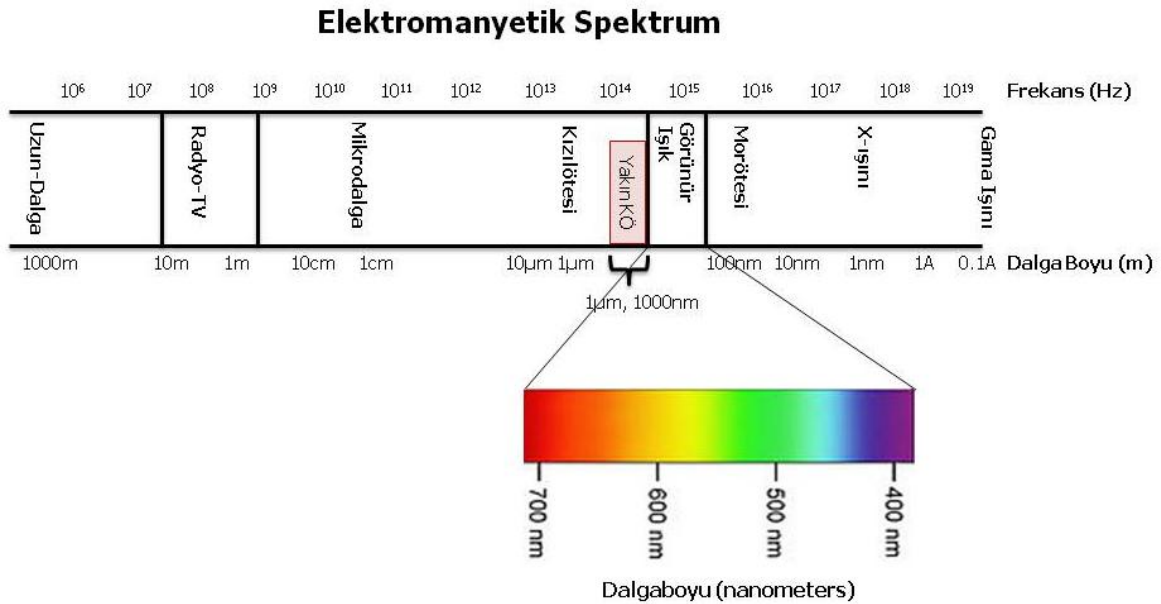
David Delpy, 1984 yılında birçok NIRS cihazı geliştirmeye başlamıştır. Üç yıl sonra Delpy ilk kez nicelikli oksihemoglobin ( $HbO_2$ ), deoksihemoglobin (Hb), total hemoglobin (tHb =  $HbO_2 + Hb$ , Denklem 1), serebral kan hacmi ve serebral kan akışı ölçümlerini hasta yeni doğanlarda ölçmüştür (15). 1985 yılında Ferrari ve Brazy ayrı ayrı yapılan çalışmalarda yeni doğan (13) ve yetişkin (14) serebrovasküler hastalarda ilk klinik NIRS ölçümünü yapmışlardır.

fNIRS, NIRS'in temel prensipleri üzerine kurulmuş ve geliştirilmiştir. 1991 yılında ilk fNIRS çalışması bağımsız olarak yürütülmüştür (17) ve ardından 1993 yılında 5 kanallı cihaz ile bölgesel farklılıklara bakılmıştır (18). fNIRS'in yapısal özelliklerini incelediğimizde her kuruluşun sahip olduğu cihazın özellikleri değişmektedir. 1980'den 1995 e kadar uzanan dönemde 9 kuruluş NIRS'in gelişmiş prototiplerine sahiptir (19). Bunlar:

1. American Edwards Laboratories in collaboration with Duke University (NC),

2. Critikon (UK) and Johnson & Johnson (Bridgewater, NJ) with Zurich University (Switzerland),
3. Hitachi Ltd. Central Research Laboratories (Tokyo, Japan),
4. Near Infrared Imaging Inc. with the University of Pennsylvania (both in Philadelphia, PA),
5. NIRSystems, Inc. (Laurel, MD) and Edwards Lifesciences Corp. (Irvine, CA) with Johns Hopkins University (Baltimore, MD),
6. Radiometer (Copenhagen, Denmark) with Copenhagen University (Denmark),
7. Sclavo (Siena, Italy) with the "Istituto Superiore di Sanità" (Rome, Italy),
8. Shimadzu (Kyoto, Japan) with Hokkaido University (Sapporo, Japan),
9. Somanetics Corporation (Troy, MI).

fNIRS'in temel özelliklerini incelediğimizde 650-1000 nm dalga boyunda ışık kullanılmaktadır. fNIRS'ta kullanılan kızılötesi ışık elektromanyetik spektrumda yer alan dalga boylarındandır. Elektromanyetik dalgalar, geniş bir frekans veya dalgaboyu aralığını kapsar, kozmik kaynaklarına göre sınıflandırılabilir. Elektromanyetik spektrum adı verilen bu sınıflandırma, kesin sınırlar sergilemez. Çünkü dalga kaynakları, çakışan frekans aralıklarında dalgalar üretebilirler.



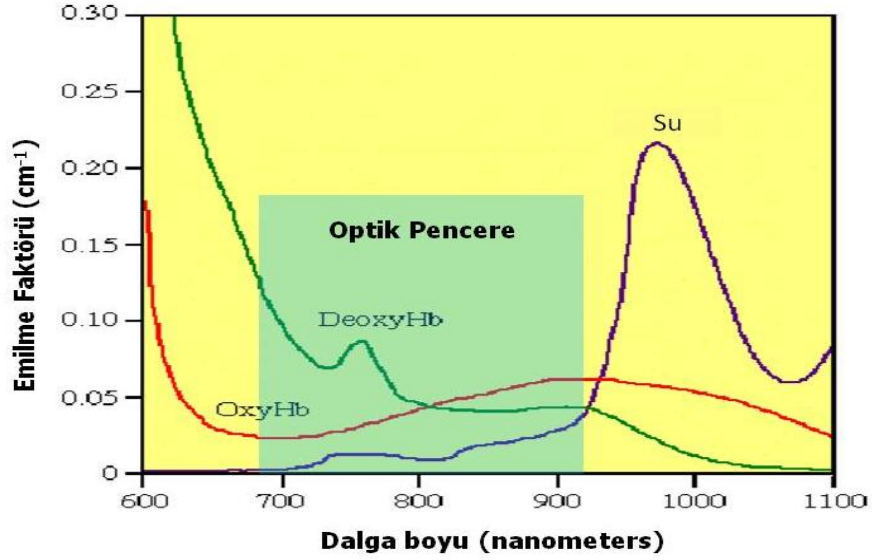
**Şekil 6.** Elektromanyetik Spektrumda Yer Alan Kızılötesi Işğın Dalga Boyu

Elektromanyetik spektrumda yer alan kızılötesi ışık,  $10^{-3}$  m'den  $7,8 \cdot 10^{-7}$  m'ye kadar dalga boylarına ve  $3 \cdot 10^{11}$  Hz'den  $4 \cdot 10^{14}$  Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Bu bölge üçe ayrılır:  $10^{-3}$  m'den  $3 \cdot 10^{-5}$  m'ye (uzak kızılötesi),  $3 \cdot 10^{-5}$  m'den  $3 \cdot 10^{-6}$  m'ye (orta kızılötesi),  $3 \cdot 10^{-6}$  m'den  $7,8 \cdot 10^{-7}$  m'ye (yakın kızılötesi) adı verilir. fNIRS'ta ışık olarak yakın kızılötesi dalga boyu kullanılmaktadır (20). Pigmentli bileşimler (kromoforlar) tarafından NIR ışığın her ikisi de emilir. NIR ışığı insan dokularına nüfuz eder ve taşınan dokulardaki NIR ışığı saçılır. Dokudaki NIR ışığının yüksek oranda zayıflamasının nedeni kromofor hemoglobininindir (oksijen taşıyan kırmızı kan hücre proteini, moleküllerde ışığın soğurulmasından sorumlu fonksiyonel grup). fNIRS yöntemi özellikle venöz bölme içinde meydana gelen değişikliklerin oksijenlenme ile ilgili olan kısmı hakkında bilgi edinme imkanı sunmaktadır (19). Hemoglobin emilme spektrumu oksijenizasyonun seviyesine bağlıdır.

Bu tez çalışmasında kullanılan fNIR görüntüleme yöntemi daha önce bahsedilen dokuz kuruluştan dördüncüsüdür ve Drexel Üniversitesi Optik Beyin Görüntüleme Laboratuvarı'na aittir. Bu görüntüleme sisteminde fNIRS sürekli dalga olarak veri almaktadır. fNIRS'ın esnek sensörünün yapısal özelliklerini incelediğimizde 4 LED, 10 dedektör ve 16 kanaldan oluşmaktadır. LED ölçüm uçları  $18\text{cm} \times 6\text{cm} \times 0,8\text{cm}$ 'ten oluşmaktadır. 730 - 850 nm dalga boyu ile kızılötesi ışık yardımıyla katılımcıların ön beyin bölgesinden veri almaktadır. LED ve dedektörler arasındaki mesafe 2.5 cm'dir. Her dalga boyunda toplam 16 ölçüm yeri (voxel, kanal) vardır. 16 kanalın tümünden toplam 320 ms'de veri almaktadır. fNIR görüntüleme yöntemiyle kullanılan dalga boylarıyla dokulardan elde edilen iki tane analog veri vardır. Bunlar; oksihemoglobin ( $\text{HbO}_2$ ) ve deoksihemoglobindir (Hb). Toplam hemoglobin (tHb) ise ikisinin toplamından elde edilmektedir.  $\text{HbO}_2$  ve Hb kızılötesi ışıktan elde edilir ve karakteristik özelliğe sahiptir. Hemoglobin konsantrasyonları 'optik pencere' aralığındaki dalga boylarından elde edilmektedir. Bu spektral bant beyin aktivasyonunun girişimsel olmayan yöntemlerle değerlendirilmesi için 'optik pencere' olarak adlandırılmaktadır. Optik pencerede yer alan 730nm - 850nm dalga boyundaki kızılötesi ışık kullanılır ve biyolojik dokulardaki veri elde edilirken dokuların en önemli bileşeni olan su bu veriler içerisinde yer almakta ve de aynı zamanda ışığın enerjisinin de minör bir veri olarak ölçüldüğü bilinmektedir (21, 36, 38, 44) (bkz., Şekil 6).

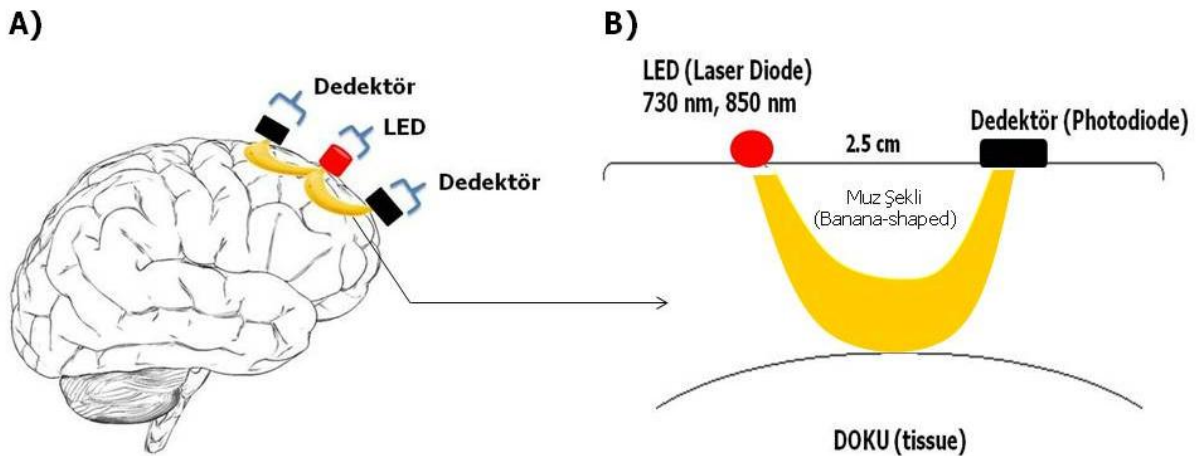
Kanser ve diğer hastalıkların tedavisinde ışık-doku etkileşimi ile aktif fotodinamik terapi uygulanmaktadır. Bu ışık doku etkileşimi fNIRS'ta hemoglobin konsantrasyonlarını ölçmede kullanılmaktadır. Biyolojik dokulardaki ışık yayılması hem emilme hem de saçılma

yöntemiyle değerlendirilmektedir. Emilim, moleküler grup (kromofor) tarafından ışıktan enerji alınmasıdır. Soğurma yapılırken bir ışına veya ışık saçma yolu aracılık eder. Bu nedenle, ışığın dokuya nüfuz etme yeteneği, dokuların ışığı emme gücünü bağlıdır (22).



**Şekil 7.** Optik Pencere'deki (NIR) Emilme Spektrumu (Izzetoğlu, 2008'den uyarlanmıştır)

fNIRS'ta kişinin ön beyin bölgesinden giden fotonlar doku katmanları üzerinden kafa derisini geçerler oksihemoglobin ve deoksihemoglobin molekülleri tarafından emilirler ve saçılırlar. Fotonlar öngörülebilir miktarda 'muz şekli' biçiminde yol izlerler (bkz., Şekil 7). Bu fotonlar dokular tarafından emilip tekrar geri saçıldıkları için fotodedektörler tarafından ölçülebilir (21).



**Şekil 8.** Hemoglobin Konsantrasyonlarının Emilme ve Saçılma Yöntemiyle Elde Edilmesi: A) LED'ten gelen kızılötesi ışık dokuyla temas ederek dedektör yardımıyla kanallara veri sağlamaktadır, B) LED ile

dedektör arasında veri alımı sırasında muz şeklinde bir görüntü ortaya çıkar. fNIRS'ın veri alımının muz şeklinde (banana-shaped) olduğu literatürde yer almaktadır.

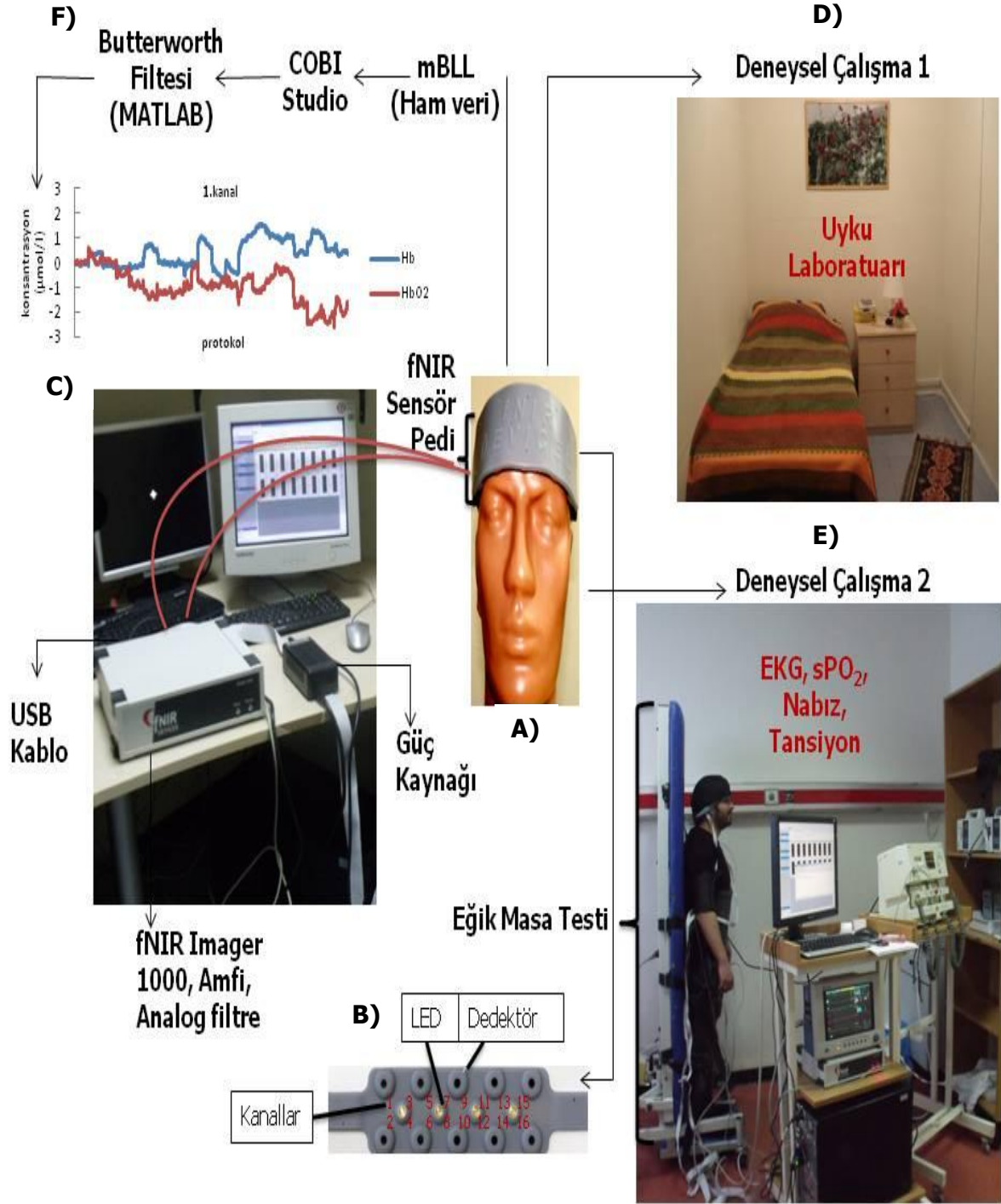
fNIRS'ın çalışma prensibini incelediğimizde; emici tür için hemoglobin konsantrasyon değişikliklerini ölçmek amacıyla doku içinde dağılan bir ışık modeli gerekmektedir. Geleneksel bir yaklaşım olan tüm fotonların yer değiştirme teorisi olarak bilinen modifiye edilmiş Beer Lambert (mBL) yasası, ışığın soğurulmasını ışığın içinden geçtiği maddenin özelliğine bağlar. İki dalga boyundaki (730nm - 850nm) emilme ve saçılma ölçümü, kromoforların bağlantılı olduğu konsantrasyonların değişimi ile hesaplanır. mBL yasası iki temel kavramsal parçadan oluşur: 1) dokuya yolculuk eden ve saçılan ışığın yol uzunluğu ölçüsü, 2) emici türlerin sönme katsayısıdır. fNIRS'ta hemoglobin konsantrasyonları değişimi mBL yasasına göre yapılmaktadır. Bu yasa yakın kızılötesi ışığının HbO<sub>2</sub> ve Hb tarafından emilmesi üzerine temellendirilmiştir. Kromoforlardaki konsantrasyonların değişim miktarı mBL yasası kullanılarak ölçülür. Doku emilme ve saçılması bu yasaya göre yapılmaktadır. mBL yasası şu şekildedir (23, 45, 48):

$$OD = -\log \frac{I}{I_0} = \epsilon \Delta c d DPF + G$$

The diagram shows the equation  $OD = -\log \frac{I}{I_0} = \epsilon \Delta c d DPF + G$  with arrows pointing to various components:   
-  $I$  points to 'Saptanan ışık yoğunluğu (final)'   
-  $I_0$  points to 'Başlangıçtaki ışık yoğunluğu'   
-  $\epsilon$  points to 'Sönme katsayısı'   
-  $\Delta c$  points to 'Kromofor konsantrasyonu'   
-  $d$  points to 'Optik yol uzunluğu (LED ile dedektör arasındaki mesafe)'   
-  $DPF$  points to 'Differansiyel yol uzunluğu'   
-  $G$  points to 'Ölçüm geometrisi için hesap faktörü'   
- The entire equation is labeled 'Optik Yoğunluk' on the left.

**Şekil 9.** Modifiye Edilmiş Beer Lambert Yasası (Denklem 2)

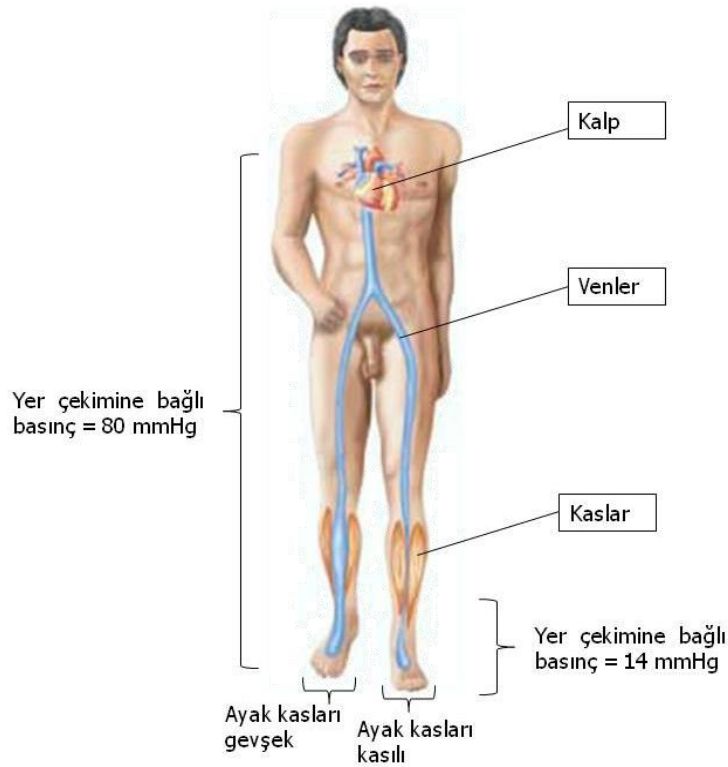
Bu tez çalışmasında fNIRS'ın kullanım alanı ve prototipi incelendiğinde Şekil 9'da her iki deneysel çalışmada nasıl çalıştığı görülmektedir.



**Şekil 10.** Bu Tez Çalışmasında Kullanılan fNIRS Prototipi: A) fNIRS'a ait ön beyin bölgesine yerleştirilen sensör pedi, B) fNIRS sensörüne ait 16 kanal, 4 LED ve 10 dedektör, C) fNIRS çalışma sistemine ait donanımlar, D) Deneysel çalışma 1'de kullanılan uyku laboratuvarı, E) Deneysel çalışma 2'de kullanılan ekip donanımı (fNIRS, EKG, SpO<sub>2</sub>, Nabız, Tansiyon), F) fNIRS'tan çıkan ham verinin COBI Stüdyo programı ile elde edilmesi ve Butterworth filtresiyle temizlenip gürültüden arınması.

### 2.3. Pozisyonel Değişimler ve Hemodinamik Yanıtlar

İnsan vücudunda yer alan kardiyovasküler ve kardiyopulmoner sistemler yerçekimi değişikliklerinden etkilenirler. Uzanırken, yatay pozisyondan ayağa kalkıp dikey pozisyona geçince dolaşım sisteminde etkin olarak dolaşan kan hacminde azalma meydana gelmektedir. Kalp ve ayaklar arasındaki damarlarda kanın, kan sütununun üzerinde yerçekimi etkisi yaratmaktadır. Yatay pozisyonda kanın ağırlığı ihmal edilebilir bir basınç oluşturmaktadır. Dikey pozisyonda ise damar içi basınç kan sütununun ağırlığı üzerinde eşit basınç eklenerek oluşan basınca eşit hale gelir. Ortalama bir erişkinde, örneğin, kalpten ayaklara uzanan kan sütununun ağırlığı 80 mmHg kadardır. Bundan ötürü ayak kapillerinde basınç, kan sütun ağırlığı nedeniyle ekstradan 80 mmHg ile 25 mmHg'dan (kalp kasılmalarından sonuçlanan ortalama kapiller basınç) 105 mmHg'a artar. Yerçekimi nedeniyle basınçtaki bu artış, çeşitli bölgelerde dolaşan etkin kan hacmini etkiler.



**Şekil 11.** Dikey Pozisyondayken Kan Sütununun Kesintiye Uğraması (Vander, 2001'den uyarlanmıştır)

Basınçtaki bu artış, kişi ayağa kalktığı zaman fazlaca gerilebilen ven duvarlarını dışarı doğru iterek belirgin şekilde gerime neden olur ve bacaklarda artan durumda hidrostatik basınç meydana gelir. Uzun süre ayakta duran askerlerin bayılmasındaki neden bu basınç artışıdır. Bayılma durumunda, yerçekimi ile oluşan ven ve kapiller basınç değişimleri sırtüstü



pozisyondaki bir kişiden elde edildiği için, adaptif olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Gölgenmiş ven kanı hareket ettirilir ve filtre olmuş sıvı kapillere geri emilir. Böylece bayılmış bir kişi için yanlış yapılan şey onu tutmak veya ayağa kaldırmaktır (24). Diğer bir ifadeyle, kalbin periyodik pompalamaları nedeni ile aortta kan basıncı periyodik olarak değişir. Aort kan basıncının ortalaması 100 mmHg (13.3 kPa) dolaylarındadır. Çapı 3 mm'den büyük olan atardamarlarda (arter) iç sürtünmeler (viskozluk) nedeni ile basınç düşmesi önemsizdir. Bu dolaşımında hidrostatik faktördür. Yerçekiminden daha büyük ivmeler etkisinde iken, ayakta duran bir insan için beyne giden atardamar içi basıncı daha da düşebilir ve hatta ölçü basıncı negatif olabilir. Bu nedenle 3g (yerçekimi ivmesi/gravity)'den büyük ivmeler insan için tolerans sınırının üstünde sayılır (26).

fNIRS'ın kanlanmayı ölçmedeki rolü göz önüne alındığında yatay ya da dikey pozisyonda olan bir kişinin kanlanma/oksijenlenme oranlarında farklılaşma olması beklenmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Edlow ve ark. (25) fNIRS ile yapmış oldukları bir çalışmada sırtüstü pozisyondan dikey pozisyona geçildiğinde HbO<sub>2</sub> oranında önemli derece düşüş olduğu sonucu elde edilmiştir. Hb oranının da arttığı sonucu bulunmuştur. Pozisyona bağlı değişimlerin ön beyin bölgesindeki kanlanma üzerinde bir etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bir insan veya hayvan, bir salıncak veya bir doğrultuda hareket edebilen bir yatak üzerine yatırılırsa, kalp faaliyetlerinden kaynaklanan sarsıntılar yazdırılabilmektedir. Kütleli "m" olan bir kan paketçisine "y" kadar bir yer değiştirme yaptırmak için; kalp tarafından  $F = m (d^2y/dt^2)$  (Denklemler 3) büyüklüğünde bir kuvvet uygulanırken, kan paketçisi de 'kalp + insan + yatak' sistemine aynı büyüklükte, zıt yönlü bir kuvvet uygular (26). Bu ölçüm yöntemi balistokardiyografidir. Balistokardiyografi, kalbin vücuda pompaladığı kan miktarını hesaplayabilmek için, kalbin atım hacminin grafik halinde kaydedilmesine dayanan bir yöntemdir. Balistokardiyografi alınacak kişi, havada asılı duran özel bir masaya ya da yatağa yatırılır. Kalp atışları vücutta hafif bir sarsıntıya, bu sarsıntı da asılı durumdaki masanın hafifçe sallanmasına ya da titremesine neden olur. Bu hareketlerin fotoğraflarının çekilmesiyle de bir dizi dalga görünümündeki balistokardiyograf ya da balistokardiyogram (BKG) elde edilir. BKG, kalbin atım gücünü ölçmekte kullanılan en duyarlı yöntemlerden biridir. fNIRS ile yapılan oksijenlenme ölçümlerinde 'kan + insan + yatak + vücut pozisyonu' ilişkisi bu tez çalışmasında incelendiğinden dolayı kalp atımının ve vücut pozisyonlarının kan basıncı üzerindeki etkisi tartışma kısmında yer almaktadır. fNIRS ölçümlerinde vücut pozisyon

değişimlerinin oksijenlenmede yarattığı etkinin araştırıldığı bu çalışmada çıkan sonuçlar neticesinde vücut pozisyon değişimlerinin uyku, anestezi ve çeşitli mesleki uygulama alanlarına uygulanabilirliği tartışma kısmında yer verilmiştir.

### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

**3.1. DENEYSEL ÇALIŞMA I:** Vücut Pozisyon Değişimlerinin Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS) Üzerindeki Etkisi

#### *3.1.1. Araştırmanın Tipi*

Yüksek lisans tez kapsamında yapılan bu araştırma deneysel nitelikte bir çalışmadır.

#### *3.1.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı*

Araştırmanın verileri Dokuz Eylül Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı Uyku Laboratuvarında (*Deneysel Çalışma I*) gönüllü katılımcılardan alınmıştır. Veri toplama süreci 2011 yılı ocak ayı ile 2011 yılı haziran ayı aralığını kapsamaktadır.

#### *3.1.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi*

Araştırmanın örneklemini sağlıklı katılımcılar oluşturmaktadır. Çalışmanın evrenini; 18 – 41 yaş aralığında yer alan [5 kadın ( $\bar{X} = 25.67 \pm 6.83$ ), 6 erkek ( $\bar{X} = 22.2 \pm 1.78$ )] 11 kişi oluşturmaktadır.

#### *3.1.4. Çalışma Materyali*

Araştırmada kullanılan materyal girişimsel olmayan bir yöntem çerçevesinde katılımcıların ön beyin bölgesidir. İşlevsel yakın kızılötesi işaretleme yöntemi kullanılarak kişinin ön beyin bölgesinden hemogloblin konsantrasyonları hakkında bilgi alınmaktadır.

#### *3.1.5. Araştırmanın Değişkenleri*

Bu araştırmadaki Deneysel Çalışma I'nin değişkenlerini incelediğimizde;

***Bağımsız Değişkenler:*** Vücut pozisyon değişimleri (sırtüstü, sağ yan, sol yan, yüzüstü, oturma), Oturum (ışık var, ışık yok, kısa nefes, uzun nefes)

***Bağımlı Değişkenler:*** Hemogloblin konsantrasyonları (Hb, HbO<sub>2</sub>, tHb)

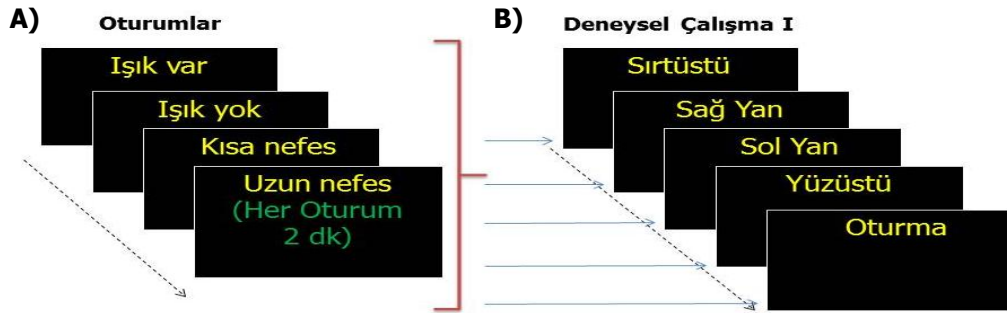
***İlgili Değişkenler:*** Ölçüm cihazının hassaslığı'dır.

### 3.1.6. Veri Toplama Araçları

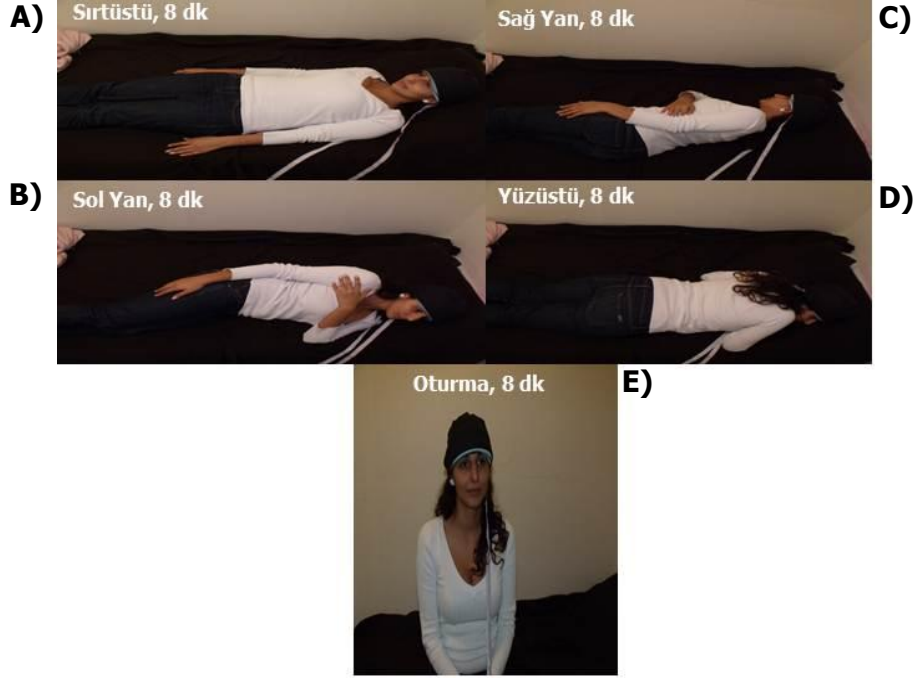
Katılımcıların vücut pozisyon ve oturma değişimlerine bağlı hemoglobin konsantrasyon değişimlerini ölçmek için 'İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS) kullanılmıştır. fNIRS yönteminde esnek bir sensör yardımıyla kişinin ön beyin bölgesinden veri alınmaktadır. Sensör, 4 ışık kaynağına (LED), 2 dalga boyuna ve 10 dedektöre sahiptir. Dedektör ışık kaynağı arasındaki mesafe 2.5 cm olup toplam 16 kanaldan oluşmaktadır. Verileri fNIR yöntemi ile elde ederken Cognitive Optical Brain Imager (COBI) (37, 46) programı kullanılmaktadır. Sürekli dalga fNIR yöntemi ile edilen veriler modifiye edilmiş Beer Lambert Yasası'na göre alınmaktadır. Katılımcılardan protokole başlamadan önce gönüllü onam formlarını doldurmaları istenir. Katılımcıların ön beyin bölgesinden veri alınmadan önce ön beyin bölgeleri abraziv jel (Nuprep) ve saf alkol ile temizlendi. Ardından katılımcıya protokol anlatıldı ve gerektiğinde oturumu sonlandırabileceği hakkında bilgi verildi.

### 3.1.7. Uygulanan Paradigma

Deneyel çalışma I'de her bir katılımcı için 5 pozisyon gerçekleştirildi (bkz., Şekil.1). Bütün katılımcılar öncelikle 8 dakika boyunca sırtüstü yatarak 2'şer dakikadan oluşan oturumlar (ışık var, ışık yok, kısa nefes, uzun nefes) boyunca verilen görevleri yerine getirdiler. Ardından diğer vücut pozisyonları içinde aynı oturumlar gerçekleştirilmiştir (bkz., Şekil.2).



**Şekil 12.** Deneyel Çalışma I'de Kullanılan Oturumlar ve Uygulanan Paradigma: Katılımcılar her vücut pozisyonuna (A) ve tüm oturumlara (B) tümüne (ışık var, ışık yok, kısa nefes, uzun nefes) katılmışlardır.



**Şekil 13.** Vücut Pozisyon Değişimleri: A), B), C), D), E) Pozisyon değişimlerini uygulayan bireyler her pozisyonda aynı oturumları (ışık var, ışık yok, kısa nefes, uzun nefes) gerçekleştirmiştir.

### 3.1.8. Veri İşleme Öncesi Ham Veriden Gürültü Temizleme

Ham veri olarak 730 nm ve 850 nm dalga boylarından elde edilen veriler MATLAB (40) programı aracılığıyla Butterworth filtresi kullanılarak gürültüden temizlenir. Butterworth filtesi mümkün olduğunca düz bir frekans için tasarlanmış sinyal işleme türüdür (49). Elde edilen tüm veriler filtrelendikten sonra analize tabi tutulmuştur.

### 3.1.9. Araştırma Planı ve Takvimi:

Bu tez çalışmasının akış şeması Şekil 14'te yer almaktadır. Aynı zamanda araştırma planına ait izlem şeması da Tablo 2'de yer almaktadır.

Yıllar	2012											
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yapılanlar												
fNIR ve Değişkenler ile İlgili Literatür Taraması	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Etik Kurula Başvuru	*											
Paradigmaların Hazırlanması	*	*	*									
Ön Kayıtlar	*	*										
Ön Analizler		*	*									
Elde Edilen İlk Sonuçların Tartışılması			*	*								
fNIR Kayıtları			*	*								
Analizler					*	*						
Sonuçların Tartışılması						*	*	*				
İleri Analizler							*	*				
Ulusal ve Uluslararası Yayın Yazımı									*	*	*	*

**Tablo 2.** Araştırma Planına Ait Çalışma İzlem Şeması



**Şekil 14.** Tez Çalışmasına Ait Akış Şeması

### 3.1.10. Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesin SPSS 11.0.1 (39) programı kullanılmıştır. Ham verilere öncelikle filtre uygulanıp ardından analize tabi tutulmuştur. Verilerin değerlendirilmesinde **ilişkili ölçümler için Wilcoxon işaretli sıralar testi (Wilcoxon test)** kullanılmıştır. Hb ve HbO<sub>2</sub> puanları analize dahil edilmiştir. Analiz sonuçlarında  $p < .05$  olanlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

### 3.1.11. Araştırmanın Sınırlılıkları

İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi'nin uygulanabilirliğinin kısıtlı olmasından kaynaklı olarak sadece ön beyin bölgesinde kullanılması araştırmanın sınırlılığını oluşturmaktadır.

### 3.1.12. Etik Kurul Onayı

Yapılan tez çalışması Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'nun, 08.03.2012 tarih ve 466-GOA protokol numaralı yazısı ile etik açıdan uygun bulunmuştur.

## **3.2. DENEYSEL ÇALIŞMA II:** Eğik Masa Testinin Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi (fNIRS) Üzerindeki Etkisi

### *3.2.1. Araştırmanın Tipi*

Yüksek lisans tez kapsamında yapılan bu araştırma deneysel nitelikte bir çalışmadır.

### *3.2.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı*

Araştırmanın verileri Dokuz Eylül Üniversitesi Kardiyoloji Bölümü Eğik Masa Testi uygulama alanında (*Deneysel Çalışma II*) gönüllü katılımcılardan alınmıştır. Veri toplama süreci 2012 yılı Ocak ayını kapsamaktadır.

### *3.2.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi*

Araştırmanın örneklemini sağlıklı katılımcılar oluşturmaktadır. Çalışmanın evrenini; 23 – 46 yaş aralığında yer alan [11 kadın ( $\bar{X} = 28.81 \pm 8.28$ ), 6 erkek ( $\bar{X} = 32.17 \pm 11.27$ )] 17 katılımcı oluşturmaktadır.

### *3.2.4. Çalışma Materyali*

Araştırmada kullanılan materyal, katılımcıların girişimsel olmayan bir yöntem ile ölçülen ön beyin bölgesidir. Katılımcıların nabzını, tansiyonunu ve oksijen satürasyonunu ölçmek için kolları ve parmakları kullanılmıştır.

### *3.2.5. Araştırmanın Değişkenleri*

Deneysel Çalışma II'nin değişkenlerini incelediğimizde;

*Bağımsız Değişkenler:* Eksen değişimleri ( $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $90^0-0^0-90^0$ ,  $90^0-0^0$ )

*Bağımlı Değişkenler:* Hemogloblin konsantrasyonları (Hb, HbO<sub>2</sub>, tHb)

*İlgili Değişkenler:* Ölçüm cihazının hassaslığı'dır.

### *3.2.6. Veri Toplama Araçları*

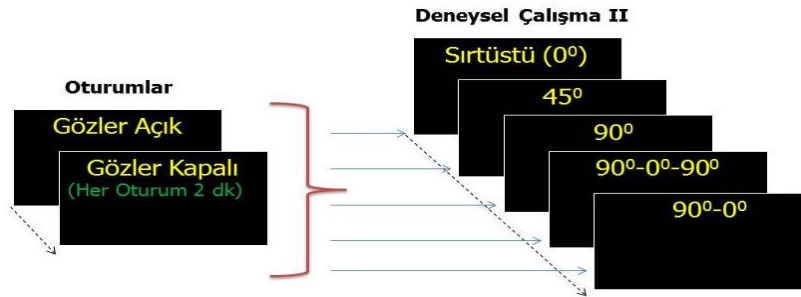
Deneysel Çalışma I'de yer alan aynı fNIRS sistemi kullanılmıştır. Katılımcıların eksen değişimlerini ölçmek için DEU Kardiyoloji Bölümü'nde yer alan Eğik Masa Testi kullanılmıştır. Eğik masa testi protokolü sırasında katılımcılardan nabız, tansiyon ve oksijen satürasyonuna



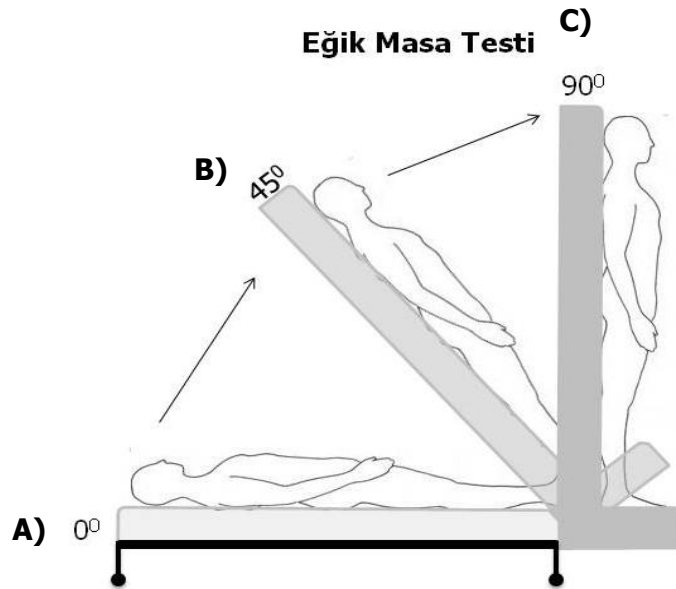
ait ölçüm, görüntüleme cihazı (Mindray PM9000 monitor) ile alınmıştır. Ayrıca katılımcıların elektrokardiyografisi (ECG, Burdick Medic) kaydedilmiştir.

### 3.2.7. Uygulanan Paradigma

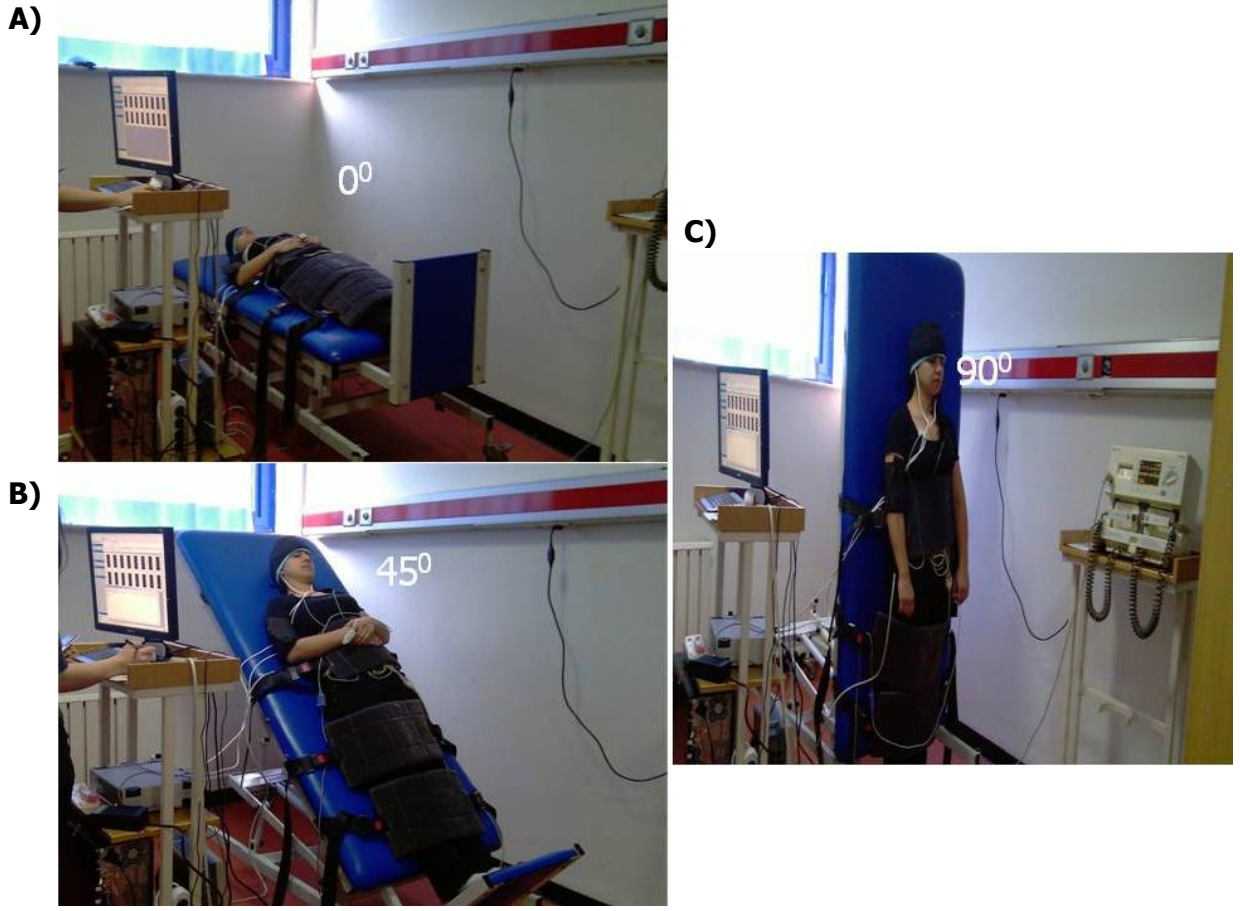
DeneySEL Çalışma II'de eğik masa testi ile ölçülen eksen değişimleri 3 vücut pozisyon değişimi ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ) ile elde edilmiş ve 2 dinamik vücut pozisyonu değişimleri ( $90^{\circ}-0^{\circ}-90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}-0^{\circ}$ ) gerçekleştirilmiştir (bkz., Şekil 3). Her eksen de katılımcılardan oturumları gerçekleştirilmeleri istenmiştir (bkz., Şekil 3).



**Şekil 15.** DeneySEL Çalışma II'de Kullanılan Paradigma ve Oturumlar: Katılımcılar her eksen de gözler açık ve gözler kapalı oturumuna maruz bırakılmıştır. Örn.  $0^{\circ}$ 'de iken katılımcılar 2 dk boyunca gözleri açık ve 2 dk boyunca gözleri kapalı bir şekilde yatay düzlemde uzanmışlardır.



**Şekil 16.** DeneySEL Çalışma II'de Kullanılan Eğik Masa Testi: A)  $0^{\circ}$ 'de sırtüstü pozisyonu B)  $45^{\circ}$ 'de orta eğik pozisyonu C)  $90^{\circ}$  dikey tam ayakta pozisyonu betimlenmektedir. Her pozisyonda gözler açık ve gözler kapalı olmak üzere iki oturum yer almaktadır.



**Şekil 17.** Deneysel Çalışma II'nin Vücut Pozisyon Değişimleri: Katılımcıda fNIRS, Nabız, tansiyon, EKG, SpO<sub>2</sub> monitorizasyonu yer almaktadır. A) Katılımcı sırtüstü pozisyonda yer almaktadır, B) Katılımcı orta eğik pozisyonda yer almaktadır, C) Katılımcı dikey tam ayakta pozisyonunda yer almaktadır.

### 3.2.8. Veri İşleme Öncesi Ham Veriden Gürültü Temizleme

Deneysel Çalışma I'de kullanılan filtre bu çalışmanın verilerinde de kullanılmıştır ve aynı yöntem izlenilmiştir.

### 3.2.9. Araştırma Planı ve Takvimi

Deneysel Çalışma I'in çalışma takvimi içerisinde bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

### *3.2.10. Verilerin Değerlendirilmesi*

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesin SPSS 11.0.1 (39) programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde ***eşleştirilmiş örneklem t-testi (paired sample t-test)*** kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında  $p < .05$  olanlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

### *3.2.11. Araştırmanın Sınırlılıkları*

Vasovagal senkop tanısında kullanılan eğik masa testine herhangi bir kalp rahatsızlığı öyküsü olan ve/veya buna bağlı ilaç kullanımı olan bireyler çalışmaya katılmamıştır.

### *3.2.12. Etik Kurul Onayı*

Deneysel Çalışma I ile aynı etik kurul onayı ve numarasına sahiptir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. DENEYSEL ÇALIŞMA I

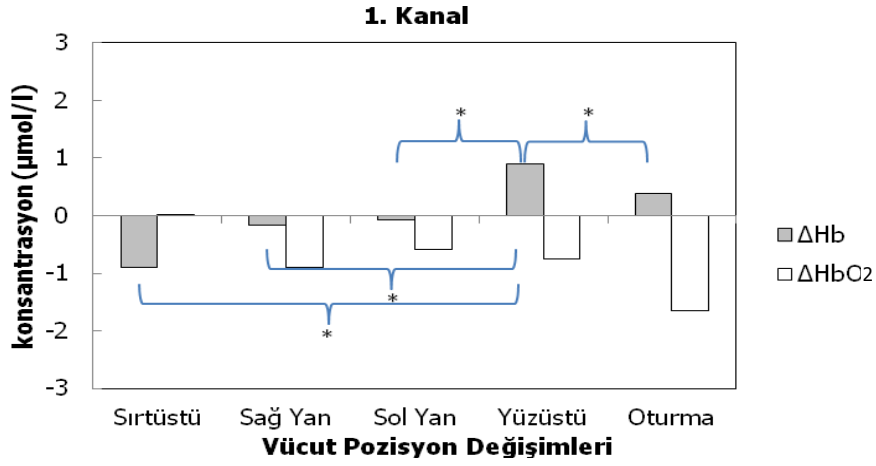
Vücut pozisyon değişimlerinin incelenmiş olduğu bu tez çalışmasında tüm kanalların istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Fakat pozisyona bağlı bir değişim incelendiği için sol tarafta yer alan 1. kanal, sağ tarafta yer alan 16. kanal ve merkezde yer alan 8. kanal sonuçları bulgular kısmında yer almaktadır.

#### 4.1.1. Birinci Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

fNIRS'tan elde edilen hemoglobin konsantrasyon değerleri (Hb, HbO<sub>2</sub>) ilişkili ölçümler için Wilcoxon işaretli sıralar testi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yüzüstü deoksijenlenme (Hb) değerleri diğer tüm pozisyonlarla (sırtüstü, sağ yan, sol yan, oturma) anlamlı açıdan farklılaşmaktadır,  $p < .05$  (bkz., Tablo 3). Yüzüstü pozisyondayken Hb oranı diğer pozisyonlara göre ortalama olarak daha yüksek bulunmuştur (bkz., Tablo 2; Şekil 18). Oksijenlenme değerinde (HbO<sub>2</sub>) vücut pozisyon değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı açıdan bir farklılaşma bulunmamaktadır.

**Tablo 3.** Birinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı

1. Kanal					
Vücut Pozisyon Değişimleri					
Hemodinamik Parametreler	Sırtüstü	Sağ Yan	Sol Yan	Yüzüstü	Oturma
$\Delta$ Hb ( $\mu$ molar)	-0.89 $\pm$ 1.90	-0.17 $\pm$ 0.78	-0.08 $\pm$ 1.62	0.90 $\pm$ 1.61	0.39 $\pm$ 1.64
$\Delta$ HbO <sub>2</sub> ( $\mu$ molar)	0.01 $\pm$ 0.33	-0.89 $\pm$ 1.90	-0.59 $\pm$ 1.86	-0.76 $\pm$ 2.43	-1.65 $\pm$ 4.06



**Şekil 18.** Birinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı: \* ile istatistiksel anlamlılık işaret edilmektedir. Beyaz sütunlar oksihemoglobin ve gri sütunlar deoksihemoglobini temsil etmektedir.

**Tablo 4.** Birinci Kanaldaki Hb Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi (n = 11, p < .05)

<b>1. Kanal</b>			
<b>Vücut Pozisyon Değişimleri</b>	<b>Konsantrasyonlar</b>	<b>p</b>	<b>z</b>
Sırtüstü – Yüzüstü	ΔHb	.033	-2.14
Sağ – Yüzüstü	ΔHb	.010	-2.58
Sol – Yüzüstü	ΔHb	.008	-2.67
Oturma – Yüzüstü	ΔHb	.041	-2.05

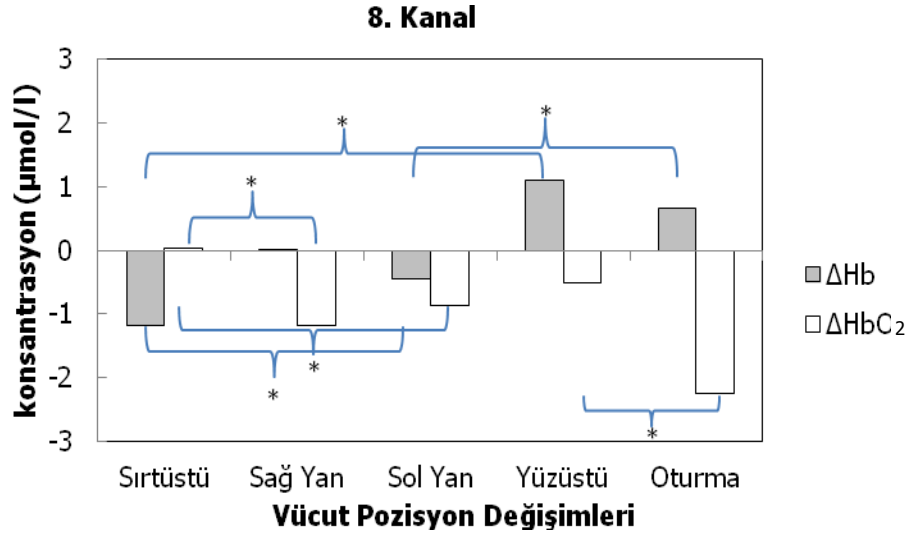
#### 4.1.2. Sekizinci Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

fNIRS'tan alınan hemoglobin konsantrasyonlarının istatistiksel değerlendirmesi 8. kanal için *ilişkili ölçümler için Wilcoxon işaretli sıralar testi* ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, vücut pozisyon değişimlerinde HbO<sub>2</sub> ve Hb oranlarında istatistiksel olarak anlamlı açıdan farklılaşma elde edilmiştir, p < .05 (bkz., Tablo 7). Sırtüstü pozisyondayken HbO<sub>2</sub> değerini sağ ve sol yan pozisyonlarındaki oksijenlenme değerine göre daha düşüktür. Sırtüstü pozisyondayken Hb değeri sol ve yüzüstü pozisyonlarındaki Hb

oranıyla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Sol yan pozisyonu oturma pozisyonu ile karşılaştırıldığında Hb değeri sol yandayken daha yüksektir. Yüzüstü pozisyonu oturma pozisyonu ile karşılaştırıldığında HbO<sub>2</sub> değeri yüzüstü pozisyonundayken daha yüksektir (bkz., Tablo 6; Şekil 19).

**Tablo 5.** Sekizinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı

8. Kanal					
Vücut Pozisyon Değişimleri					
Hemodinamik					
Parametreler	Sırtüstü	Sağ	Sol	Yüzüstü	Oturma
$\Delta\text{Hb}$ ( $\mu\text{molar}$ )	$0.05 \pm 0.45$	$1.54 \pm 2.59$	$1.97 \pm 2.53$	$2.84 \pm 3.72$	$1.43 \pm 3.61$
$\Delta\text{HbO}_2$ ( $\mu\text{molar}$ )	$0.03 \pm 0.86$	$0.86 \pm 0.94$	$1.85 \pm 2.28$	$0.67 \pm 2.92$	$-0.79 \pm 4.72$



**Şekil 19.** Sekizinci Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı: \* ile istatistiksel anlamlılık işaret edilmektedir. Beyaz sütunlar oksihemoglobin ve gri sütunlar deoksihemoglobini temsil etmektedir.

<b>8. Kanal</b>			
	<b>Konsantrasyonlar</b>	<b>p</b>	<b>z</b>
Sirtüstü – Sağ	$\Delta \text{HbO}_2$	.021	-2.31
Sirtüstü – Sol	$\Delta \text{Hb}$	.021	-2.31
Sirtüstü – Sol	$\Delta \text{HbO}_2$	.013	-2.49
Sirtüstü – Yüzüstü	$\Delta \text{Hb}$	.016	-2.40
Sol – Oturma	$\Delta \text{Hb}$	.008	-2.67
Yüzüstü – Oturma	$\Delta \text{HbO}_2$	.004	-2.84

**Tablo 6.** Sekizinci Kanaldaki Hb ve HbO<sub>2</sub> Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi (n = 11, p < .05)

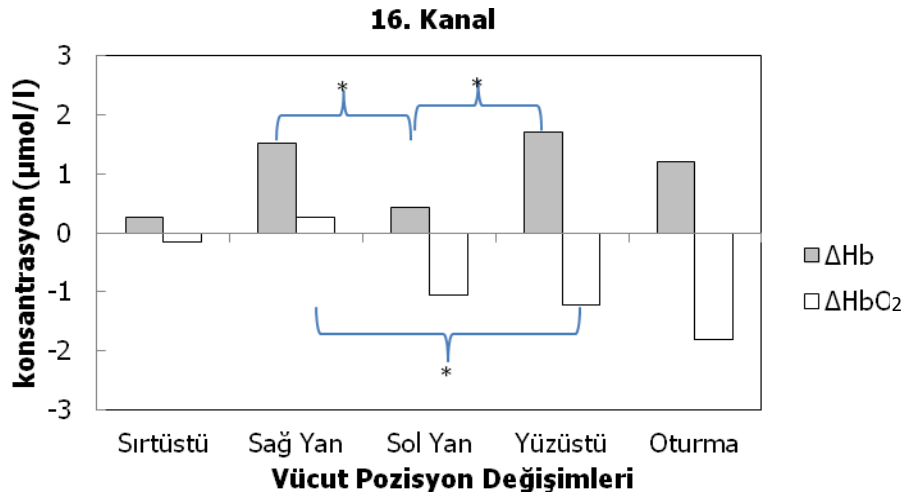
#### 4.1.3. Onaltıncı Kanala Ait Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

fNIRS'tan alınan veriler sonucunda vücut pozisyon değişimlerinin 16. Kanal verilerine istatistiksel değerlendirilmesi *ilişkili ölçümler için Wilcoxon işaretli sıralar testi* ile yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, Hb değeri sağ-sol yan pozisyon değişiminde ve sol-yüzüstü pozisyon değişiminde istatistiksel olarak farklılaşmaktadır, p < .05 (bkz., Tablo 9). Sağ yan pozisyonda elde edilen Hb ortalaması sol yan pozisyona göre daha yüksektir. Sol yan pozisyonda elde edilen Hb ortalaması yüzüstü pozisyonda elde edilen ortalamaya göre daha yüksektir (bkz., Tablo 8; Şekil 20).

Sağ pozisyonda elde edilen ortalama HbO<sub>2</sub> değeri yüzüstü pozisyonundayken elde edilen ortalama HbO<sub>2</sub> değeriyle anlamlı açıdan istatistiksel olarak farklılaşmaktadır, p < .05. Sağ yan pozisyondayken HbO<sub>2</sub> oranı yüzüstüne göre daha düşüktür (bkz., Tablo 8; Şekil 20).

**Tablo 7.** Onaltıncı Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalama ve Standart Sapmalarına Göre Betimsel Dağılımı

16. Kanal					
Vücut Pozisyon Değişimleri					
Hemodinamik					
Parametreler	Sırtüstü	Sağ	Sol	Yüzüstü	Oturma
$\Delta\text{Hb}$ ( $\mu\text{molar}$ )	$0.27 \pm 1.62$	$1.52 \pm 2.88$	$0.43 \pm 2.20$	$1.72 \pm 3.02$	$1.21 \pm 3.14$
$\Delta\text{HbO}_2$ ( $\mu\text{molar}$ )	$-0.16 \pm 0.41$	$0.27 \pm 1.62$	$-1.05 \pm 2.63$	$-1.23 \pm 2.76$	$-1.81 \pm 3.66$



**Şekil 20.** Onaltıncı Kanala Ait Vücut Pozisyon Değişimlerinin Ortalamalarının Dağılımı: \* ile istatistiksel anlamlılık işaret edilmektedir. Beyaz sütunlar oksihemoglobin ve gri sütunlar deoksihemoglobini temsil etmektedir.

**Tablo 8.** Onaltıncı Kanaldaki Hb ve HbO<sub>2</sub> Değerlerinin Wilcoxon Testi ile Değerlendirilmesi (n = 11, p < .05)

16. Kanal			
	Konsantrasyonlar	p	z
Sağ – Sol	$\Delta$ Hb	.006	-2.76
Sağ – Yüzüstü	$\Delta$ HbO <sub>2</sub>	.003	-2.94
Sol – Yüzüstü	$\Delta$ Hb	.010	-2.58



## 4.2. DENEYSEL ÇALIŞMA II

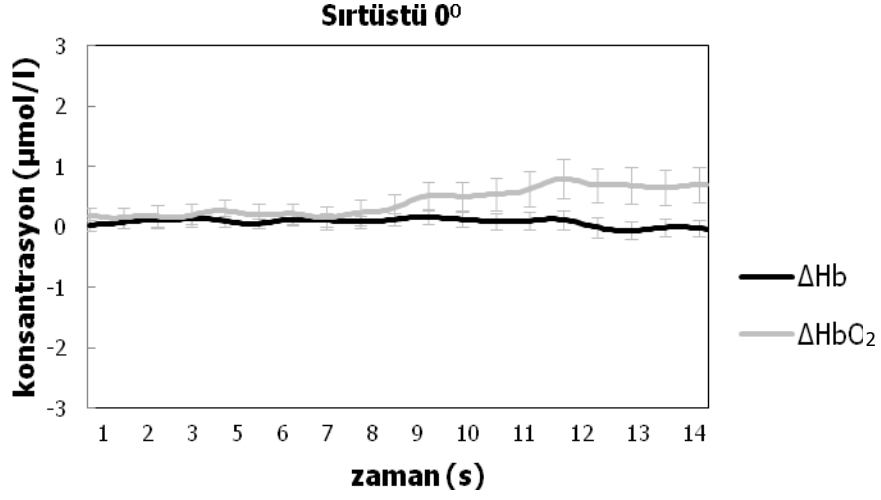
Bu çalışmada eğik masa testindeki eksenlerden elde edilen fNIRS'ın hemoglobin konsantrasyon oranları *ilişkili örneklemeler için t-testi (paired sample t-test)* ile değerlendirilmiştir.

### 4.2.1. Eğik Masa Testi Eksenlerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

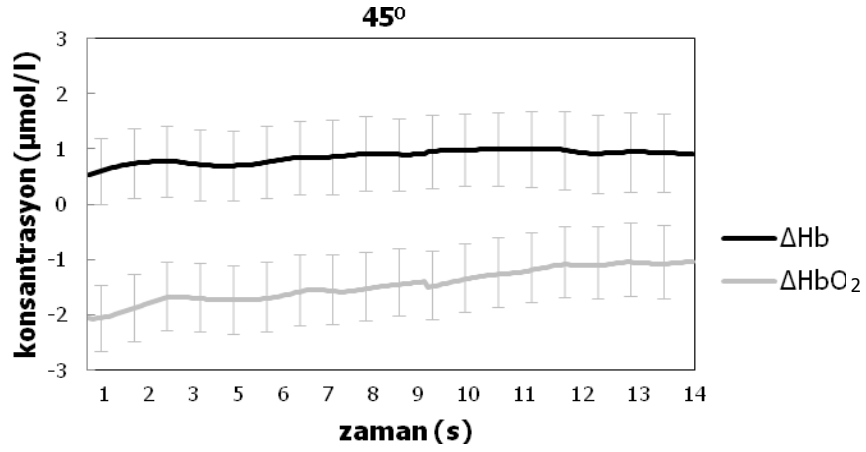
16 kanallı olan fNIRS verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi tüm kanallar için yapılmış olup sadece 8. kanal için istatistiksel değerlendirilmesi tez çalışmasında yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sırtüstü pozisyon ile 45° eksen HbO<sub>2</sub> konsantrasyonları açısından istatistiksel olarak farklılaşma elde edilmiştir,  $t_{(16)} = 3.78$ ,  $p < .05$  (bkz., Tablo 11). Sırtüstü pozisyondayken eğik masa testiyle katılımcılar 45° getirildiğinde HbO<sub>2</sub> oranları düşmektedir (bkz., Tablo 10; Şekil 21; Şekil 22). 90° – 0° – 90° dinamik vücut pozisyon değişimi ile 90° – 0° dinamik vücut değişimi arasında anlamlı açıdan istatistiksel olarak farklılaşma elde edilmiştir,  $t_{(16)} = -2.30$ .  $p < .05$  (bkz., Tablo 11). 90° ekseninden 0° eksenine indirilip tekrar 90° eksenine çıkartılan dinamik ekseninin HbO<sub>2</sub> konsantrasyonu daha düşükken 90° ekseninden 0° eksenine getirilen dinamik ekseninde HbO<sub>2</sub> konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur (bkz., Tablo 10; Şekil 23; Şekil 24).

**Tablo 9.** Eğik Masa Testi Eksen Pozisyonlarının Ortalamalarına ve Standart Sapmalarına Göre Dağılımı

Eğik Masa Testi Eksenleri					
Pozisyonlar					
Hemodinamik					
Parametreler	Sırtüstü 0°	45°	90°	90°- 0°- 90°	90°- 0°
ΔHb (μmolar)	0.08 ± 0.39	0.87 ± 2.76	0.71 ± 3.41	0.12 ± 3.33	0.44 ± 3.32
ΔHbO <sub>2</sub> (μmolar)	0.42 ± 0.83	-1.57 ± 2.56	-2.30 ± 3.98	-1.00 ± 2.71	0.55 ± 2.85



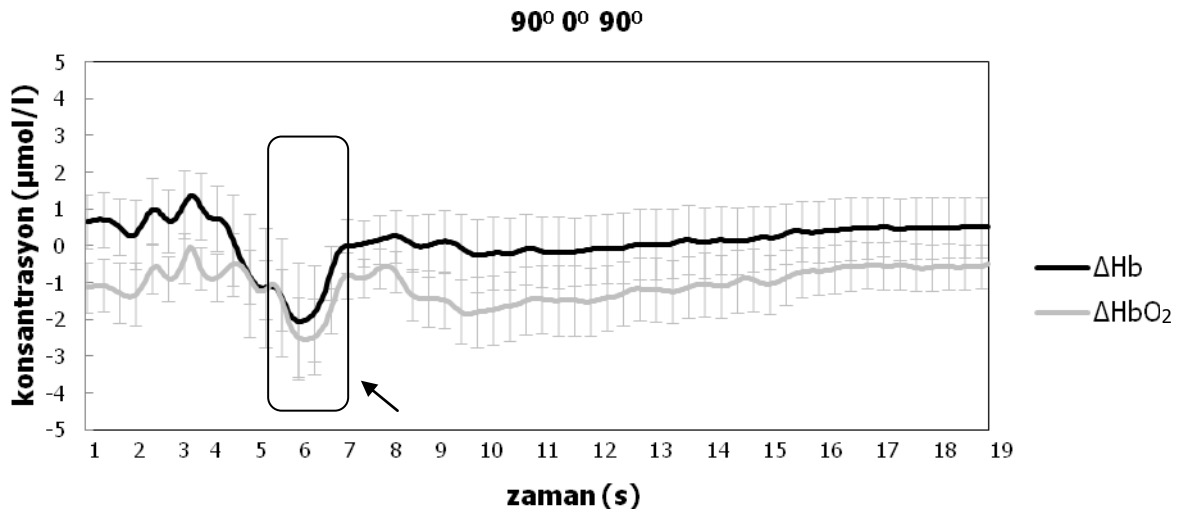
**Şekil 21.** Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden Sırtüstü Pozisyonu: Gri çizgi oksihemoglobin ve siyah çizgi deoksihemoglobindir. Dikey üstü kapalı çizgiler ise sürekli ölçümün standart hatalarını göstermektedir.



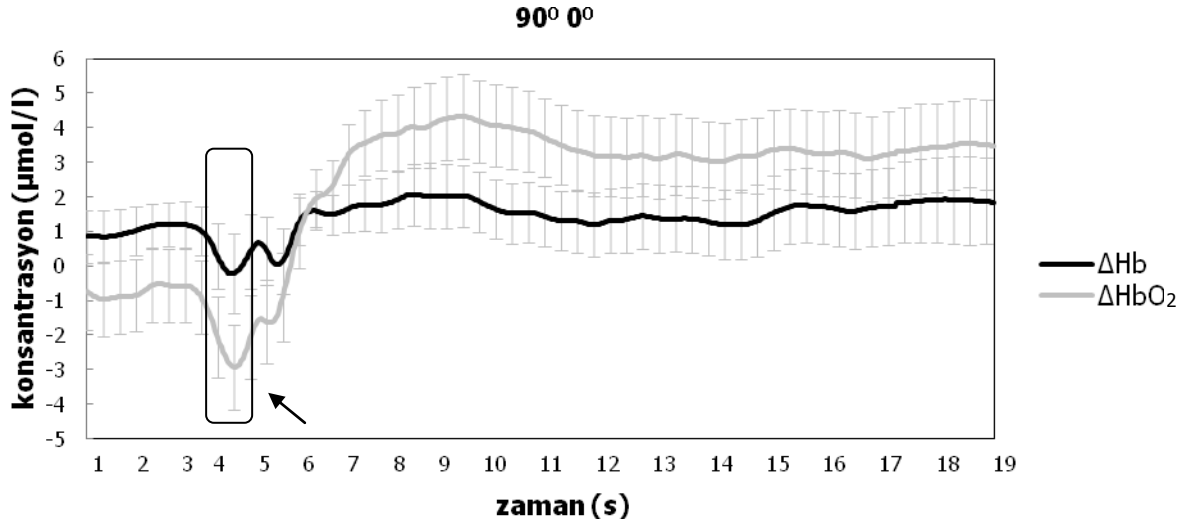
**Şekil 22.** Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 45° Pozisyonu: Gri çizgi oksihemoglobin ve siyah çizgi deoksihemoglobindir. Dikey üstü kapalı çizgiler ise sürekli ölçümün standart hatalarını göstermektedir.

**Tablo 10.** Eğik Masa Testi Eksen Pozisyonlarının Paired Sample t-testi Sonuçları (n = 17, p < .05)

<b>Eğik Masa Testi Eksenleri</b>			
	<b>Konsantrasyonlar</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
Sırtüstü 0 <sup>0</sup> – 45 <sup>0</sup>	Δ Hb	-1.29	.215
45 <sup>0</sup> – 90 <sup>0</sup>	Δ Hb	0.13	.894
Sırtüstü 0 <sup>0</sup> – 45 <sup>0</sup>	Δ HbO <sub>2</sub>	3.78	<b>.002*</b>
45 <sup>0</sup> – 90 <sup>0</sup>	Δ HbO <sub>2</sub>	0.59	.560
90 <sup>0</sup> 0 <sup>0</sup> 90 <sup>0</sup> – 90 <sup>0</sup> 0 <sup>0</sup>	Δ Hb	-0.72	.480
90 <sup>0</sup> 0 <sup>0</sup> 90 <sup>0</sup> – 90 <sup>0</sup> 0 <sup>0</sup>	Δ HbO <sub>2</sub>	-2.30	<b>.035*</b>



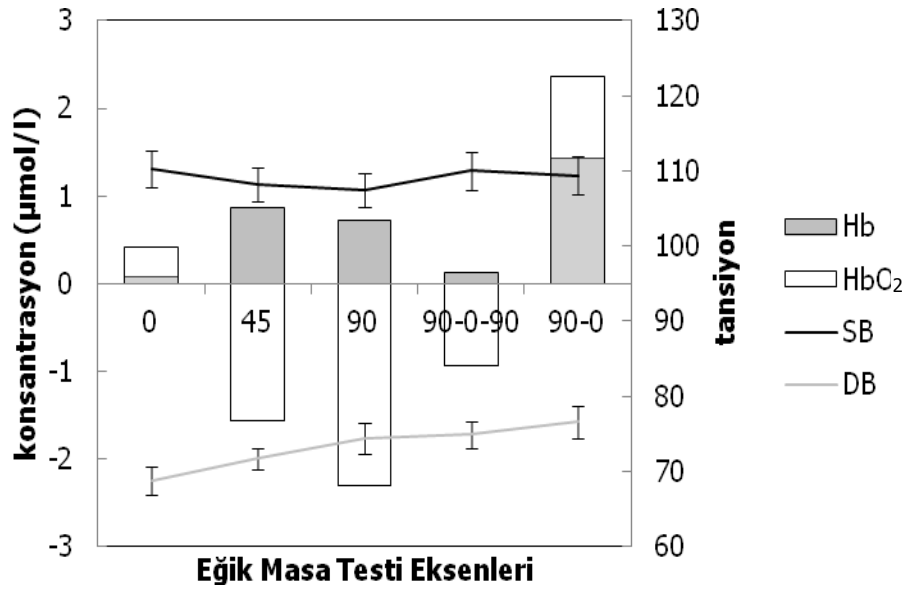
**Şekil 23.** Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 90<sup>0</sup> – 0<sup>0</sup> – 90<sup>0</sup> Pozisyonlar Arası Dinamik Değişim: Gri çizgi oksihemoglobin ve siyah çizgi deoksihemoglobindir. Dikey üstü kapalı çizgiler ise sürekli ölçümün standart hatalarını göstermektedir. Ok işareti ile gösterilen yanıt 90<sup>0</sup>'den 0<sup>0</sup>'ye getirilip ardından hemen 90<sup>0</sup> eksenine getirilen pozisyonlar arası dinamik değişimi göstermektedir.



**Şekil 24.** Eğik Masa Testinde Çalışılan Eksenlerden 90° – 0° Pozisyonlar Arası Dinamik Değişim: Gri çizgi oksihemoglobin ve siyah çizgi deoksihemoglobindir. Dikey üstü kapalı çizgiler ise sürekli ölçümün standart hatalarını göstermektedir. Ok işareti ile gösterilen yanıt 90°'den 0° eksenine getirilen pozisyonlar arası dinamik değişimi göstermektedir.

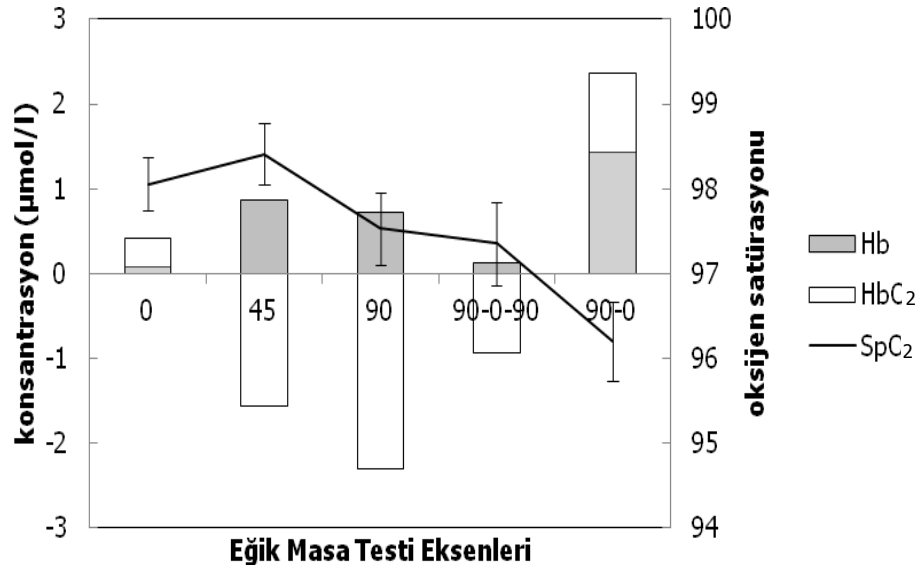
#### 4.2.2. Tansiyon, Nabız ve Oksijen Satürasyonunun İstatistiksel Değerlendirilmesi

fNIRS'tan alınan hemoglobin konsantrasyonlarının yanında diğer ölçüm yöntemleri olan tansiyon, nabız ve oksijen satürasyonu ( $SpO_2$ ) değerlerini incelediğimizde nabız değerlerinin eksenler arasında istatistiksel olarak farklılaşma yaratmadığı sonucu elde edilmiştir. Tansiyon değerlerini incelediğimizde 45° – 90° eksenleri arasında diyastolik basınç farkı anlamlı bir farklılaşma yaratmaktadır,  $t_{(16)} = -2.38$ ,  $p < .05$ . 45° eksenindeyken diyastolik basınç değeri ortalamasından ( $\bar{X} = 71.70 \pm 6.03$ ) 90° eksenine geçildiğinde diyastolik basınç değeri ortalaması ( $\bar{X} = 74.41 \pm 8.32$ ) artmaktadır (bkz., Şekil 25).



**Şekil 25.** Tansiyonun Eğik Masa Testi Değişimlerine Göre Dağılımı: Dikey sütunlar yatay eksendeki vücut pozisyon değişim değerlerine bağlı Hb ve HbO<sub>2</sub> değerleridir. Beyaz sütunlar HbO<sub>2</sub> değerine ait olup gri renkteki sütunlar ise Hb değerine aittir. Yatay eksende yer alan siyah çizgi dağılımı vücut pozisyon değişimine göre sistolik basıncı içermekte olup gri çizgi dağılımı ise diyastolik basıncı kapsamaktadır.

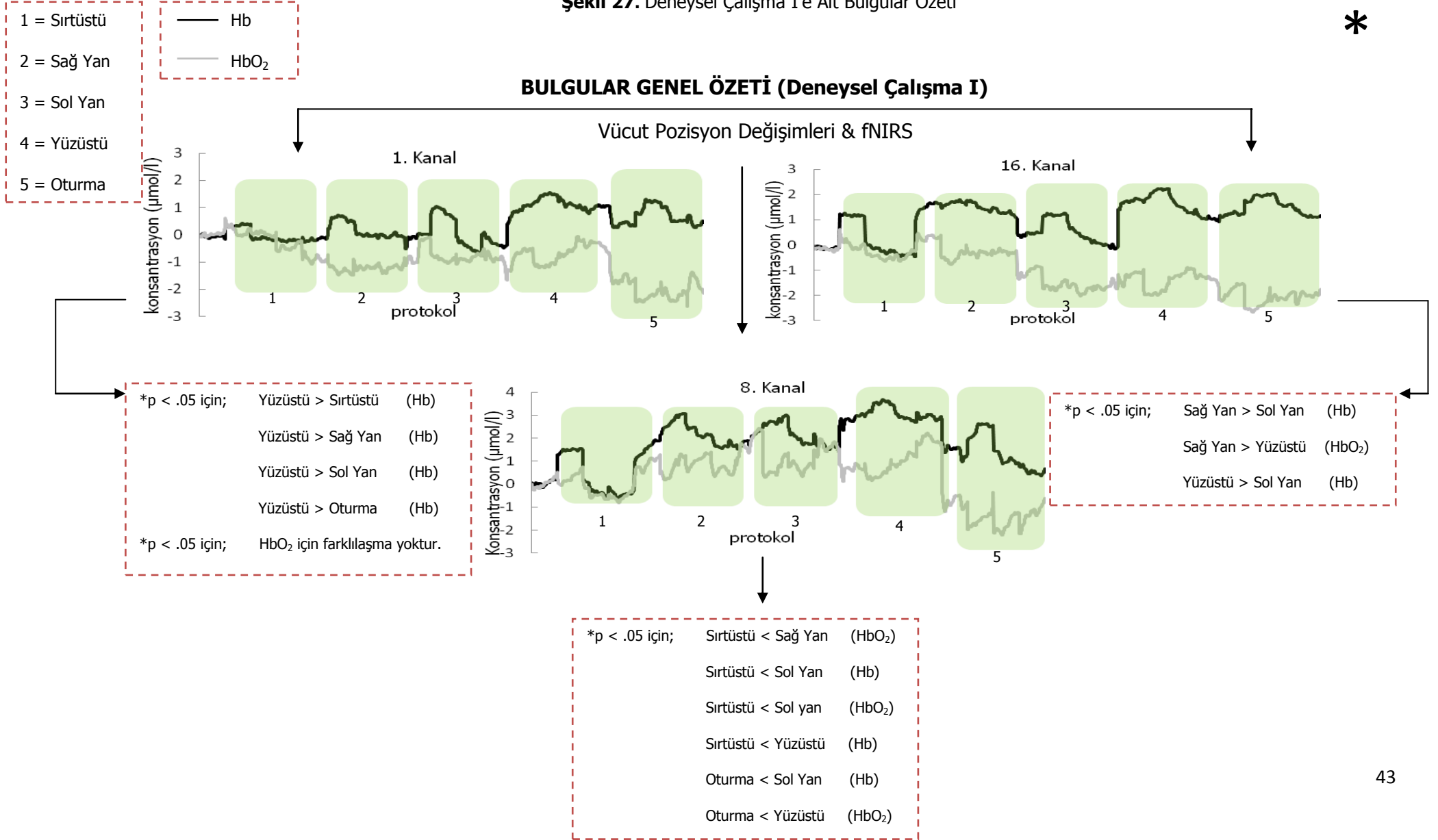
Oksijen satürasyonunun eğik masa testi eksenlerine göre değişimini incelediğimizde, 45<sup>0</sup> – 90<sup>0</sup> eksenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı açıdan farklılaştığı sonucu elde edilmiştir,  $t_{(16)} = 2.368$ ,  $p < .05$ . 45<sup>0</sup> eksenindeyken oksijen satürasyonu ortalamasından ( $\bar{X} = 98.41 \pm 1.50$ ) 90<sup>0</sup> eksenine geçildiğinde oksijen satürasyonu ortalaması ( $\bar{X} = 97.52 \pm 1.74$ ) düşmüştür (bkz., Şekil 26).



**Şekil 26.** Oksijen Satürasyonunun Eğik Masa Testi Değişimlerine Göre Dağılımı: Dikey sütunlar yatay eksenlerdeki vücut pozisyon değişim değerlerine bağlı Hb ve HbO<sub>2</sub> değerleridir. Beyaz sütunlar HbO<sub>2</sub> değerine ait olup gri renkteki sütunlar ise Hb değerine aittir. Yatay düzlemde yer alan siyah çizgi dağılımı ise vücut pozisyon değişimlerine göre nabız dağılımını göstermektedir.

Şekil 27. Deneysel Çalışma I'e Ait Bulgular Özeti

\*



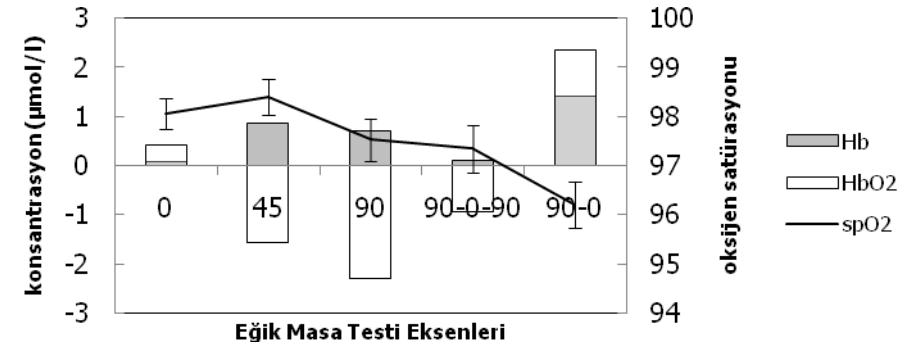
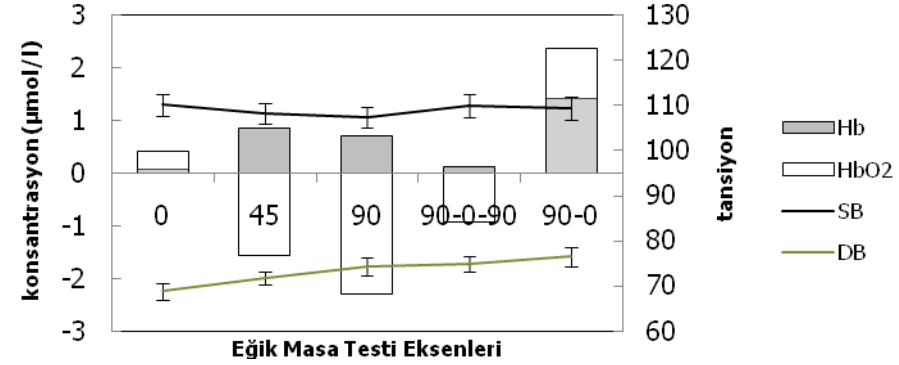
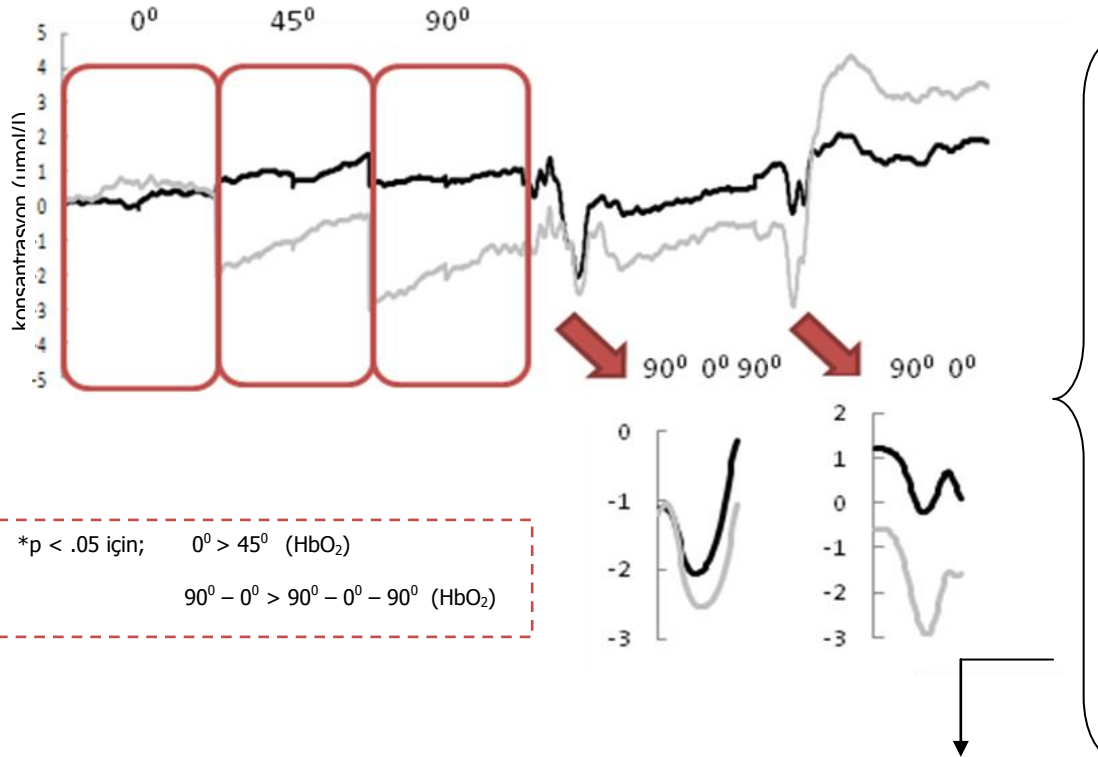
Şekil 28. Deneysel Çalışma II'ye Ait Bulgular Özeti

\*\*

### BULGULAR GENEL ÖZETİ (Deneysel Çalışma II)

Vücut Pozisyon Değişimleri & fNIRS

— Hb  
— HbO<sub>2</sub>



#### TANSİYON

\*p < .05 için; 45° < 90° (DB)

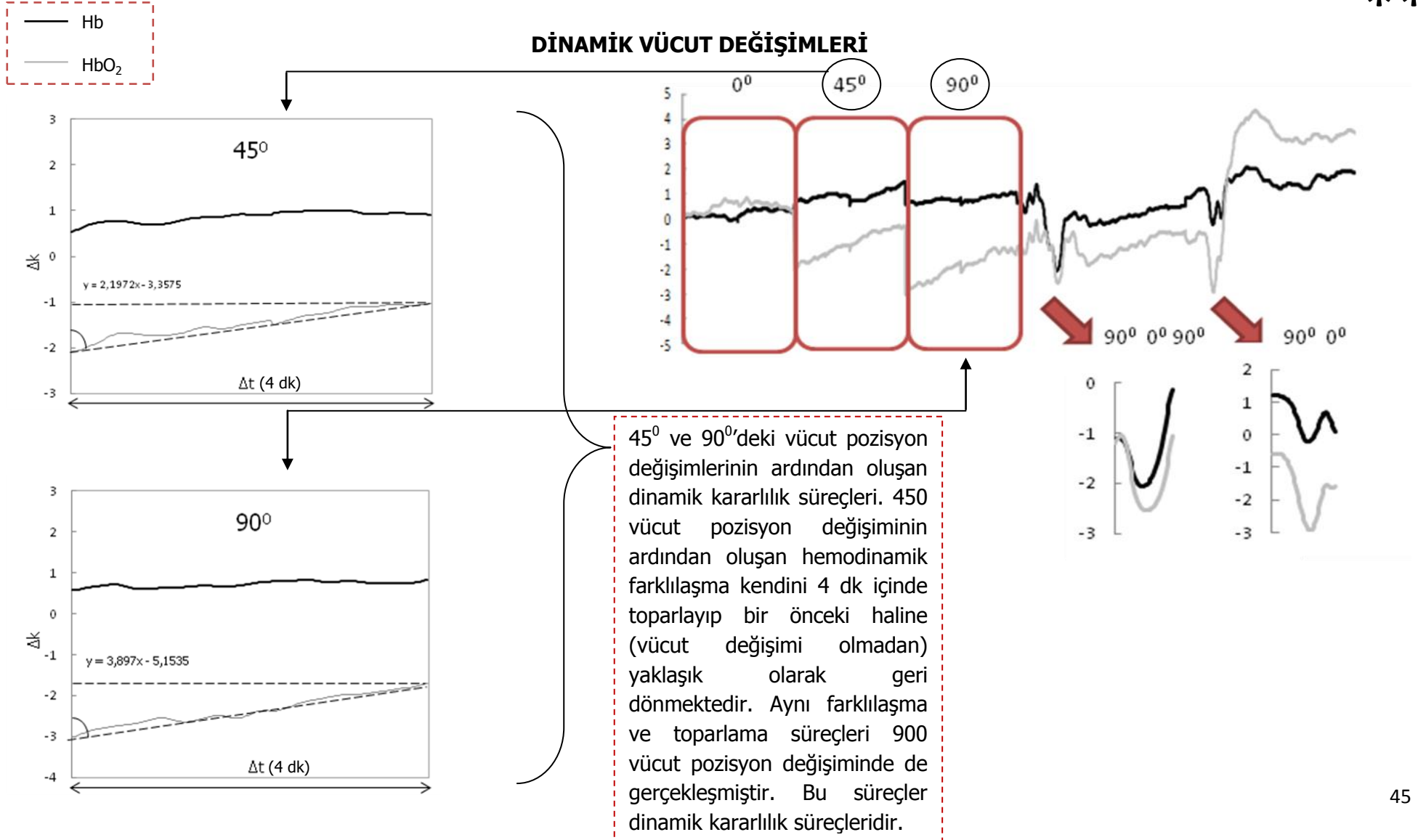
#### OKSİJEN SATÜRASYONU (SpO<sub>2</sub>)

\*p < .05 için; 45° > 90°



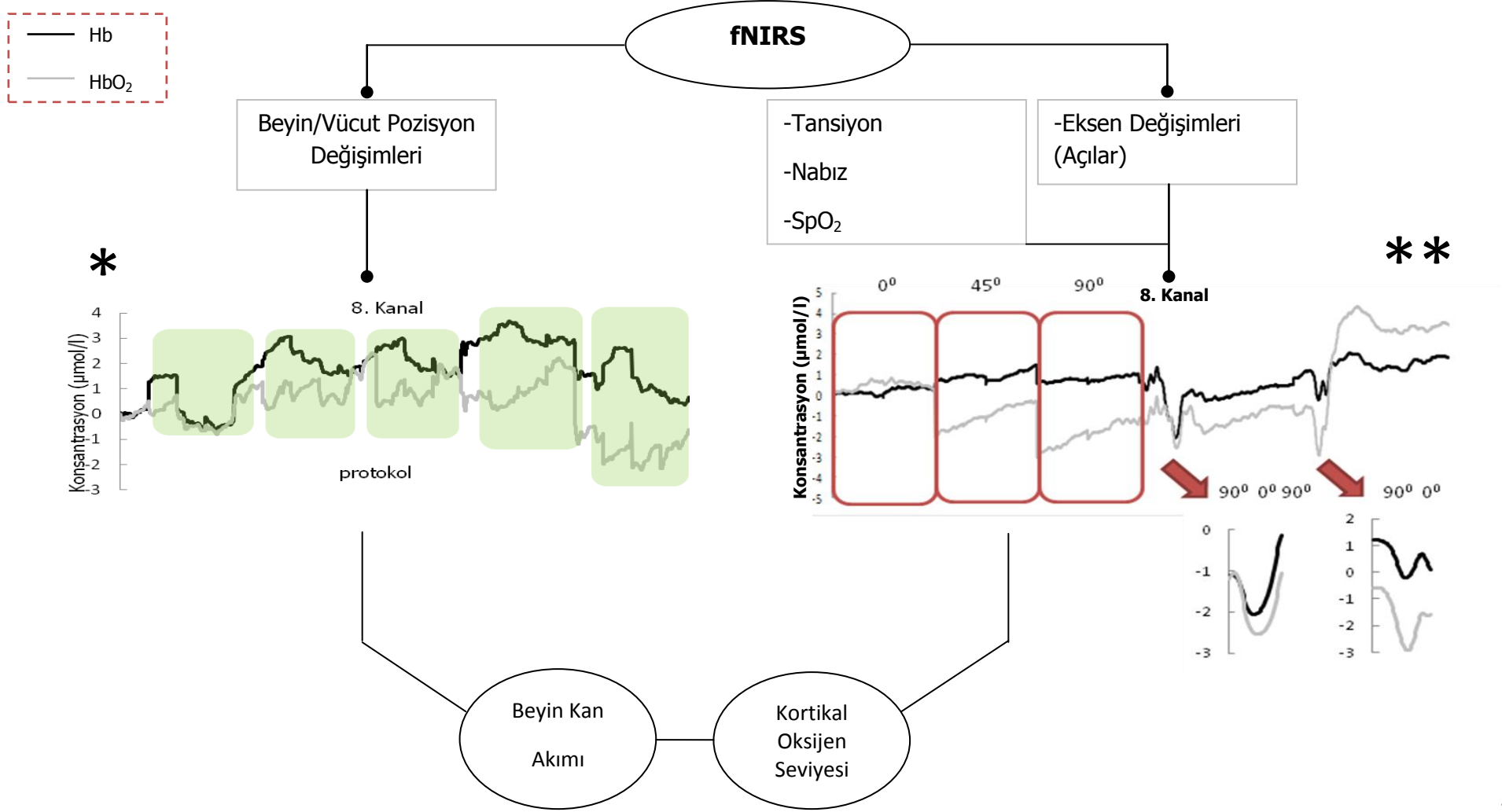
Şekil 29. Vücut Pozisyon Değişimindeki Dinamik Kararlılık Süreci

\*\*

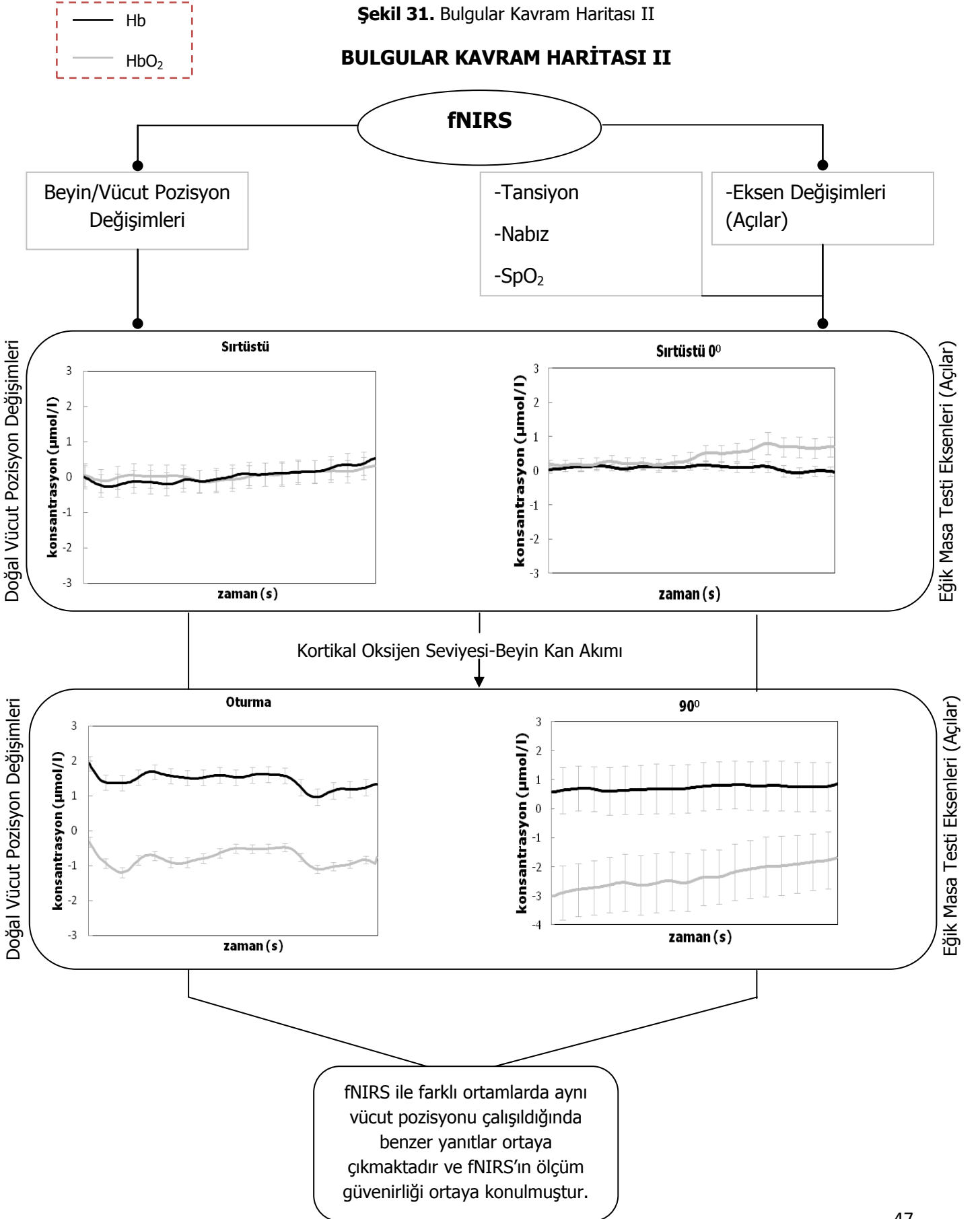


Şekil 30. Bulgular Kavram Haritası I

### BULGULAR KAVRAM HARİTASI I



Şekil 31. Bulgular Kavram Haritası II  
**BULGULAR KAVRAM HARİTASI II**



## 5. **TARTIŞMA**

Vücut pozisyon değişimlerinin fNIRS ile incelendiği bu tez çalışmasında, pozisyon değişimleri iki deneysel çalışmayla birden fazla eksen çalışılarak vücut pozisyon değişiminin hemoglobin konsantrasyonları (Hb, HbO<sub>2</sub>) üzerindeki etkisi gösterilmiştir (**TY1, TY2, TY3, TY4, TY5**). Bu tez çalışması, vücut pozisyon değişimlerinin yapısal olarak çok kanallı fNIRS sistemiyle incelenen öncü çalışma olma özelliği taşımaktadır. Deneysel çalışma I ve deneysel çalışma II'ye yönelik literatür bilgileri ayrı çalışmalar olarak iki bölümde tartışma bölümünde incelenmiştir.

İnsan vücudu kardiyovasküler ve kardiyopulmoner işlevler nedeniyle sürekli bir yer çekimi etkisi altındadır. Vücut pozisyon değişimlerine bağlı vücut yanıtları yer çekimine bağlı olarak gelişen yanıtlardır. Vücut pozisyonları ya da vücut pozisyon değişimleri kardiyovasküler ve kardiyopulmoner işlevlerin oksijen akışına ve oksijen hacmine etkisinden dolayı ortaya çıkan yer çekiminin, insan vücut pozisyon değişimlerine etkisi vardır (29). Aynı zamanda vücut pozisyon değişimlerinde ortaya çıkan değişimlerde vücut sıvılarında, kanda ve kanın dağılımını sağlayan pulmoner ve de venöz sisteminin dışında arteriyel sisteme de ait değişimler gözlenmektedir (33, 34). Oksijen değişimindeki yer çekimi etkisini ve vücut pozisyonuna bağlı kan basıncı değişimlerinin hemoglobin konsantrasyonları üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir ve bu tez çalışmasında yer alan ana hipotez ile birlikte vücut pozisyon değişimleri fNIRS ile çalışılmıştır.

**Ana Hipotez:** Vücut-beyin pozisyon değişimleri beyinde hemodinamik değişimlere neden olur. Bu değişimler fNIRS yöntemiyle saptanabilir.

Ana hipotezde yer alan varsayımdan yola çıkılarak fNIRS ile birlikte vücut pozisyon değişimleri ön beyin bölgesinde incelenmiş ve hemodinamik değişimler çalışma sonucunda anlamlı olarak tespit edilmiştir. Vücut pozisyon değişimlerinin birçok eksen incelendiği bu çalışmada pozisyon değişimini saptamak için iki farklı yöntem kullanılmıştır ve bu yöntemler iki deneysel çalışma olarak nitelendirilmiştir. Bu çalışmada fNIRS'ın ön beyin bölgesinde vücut pozisyon değişimlerinde bir işaretleme yöntemi olabileceği bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

## 5.1. Doğal Vücut Pozisyon Değişimlerinin fNIRS ile İncelenmesi (Deneysel Çalışma I)

**H1:** Doğal vücut pozisyon değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir.

Vücut pozisyon değişimleri, serebral oksijenlenme ve sistemik hemodinamiğin yer aldığı birçok çalışmada niceliksel olarak genç ve de yaşlı yaş gruplarıyla yaşın hemodinami üzerindeki etkisi çalışılmıştır (30, 31, 32). Normal ve sağlıklı bir örneklem grubunun yer aldığı bu tez çalışmasında yaş aralığı homojendir ve yaşın herhangi bir etkisi araştırılmamıştır. Bu tez çalışmasındaki amaç birçok eksenin hemodinami üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Fakat bu çalışmalarda sağlıklı gruplardan elde edilen sonuçlar bu tez çalışmasının sonuçları ile paralellik göstermektedir. Bulgular kavram haritasında yer alan hemodinami modelinde de görüldüğü gibi deoksijenlenme (Hb) oranı vücut pozisyon değişimlerinde artmaktadır ve oksijenlenme (HbO<sub>2</sub>) oranı düşmektedir. Deneysel çalışma I sonuçlarına baktığımızda vücut pozisyon değişimlerinde sırtüstü pozisyon hariç diğer pozisyonlarda (sağ yan, sol yan, yüzüstü, oturma) deoksijenlenme oranında artış olmuştur. Dik pozisyona geçildiğinde sırtüstü pozisyona göre nöral refleksler hızlı bir şekilde aktive olur ve kan basıncı regüle olur. Vücut pozisyon değişimlerindeki bu basit manevra kandaki değişime neden olur (35) ve aynı zamanda bu durumun görüntüleme yöntemleri ile gözlenen değişimlerin nedeni olabileceği söylenebilir.

1.kanal için yüzüstü pozisyondaki deoksijenlenme oranı diğer tüm pozisyonlarla anlamlı açıdan farklılaşmaktadır ve ortalaması Hb değeri için diğer pozisyonlardan (sırtüstü, sağ yan, sol yan, yüzüstü, oturma) daha yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir. 8. kanalda vücut pozisyon değişimlerinin etkisini incelediğimizde hemoglobin konsantrasyonlarında farklılaşma elde edilmiştir. Sırtüstü pozisyonda sağ yan, sol yan ve yüzüstü pozisyonları ile karşılaştırıldığında hemoglobin konsantrasyonları düşük bulunmuştur. 16. kanaldaki vücut pozisyon değişimlerinin etkisini incelediğimizde deoksihemoglobin miktarı vücut pozisyonları değiştikçe artmıştır ve pozisyon stabilliği açısından değişkendir, bulgular kısmında bahsedilmiştir. Bu üç kanalın güvenilir olarak verdiği paralel yanıtları incelediğimizde;

- 1. kanalda en yüksek Hb değeri **yüzüstü** pozisyonunda; en düşük Hb değeri **sırtüstü** pozisyonunda elde edilmiştir. En yüksek HbO<sub>2</sub> değeri sırtüstü pozisyonunda; en düşük HbO<sub>2</sub> değeri **oturma** pozisyonunda elde edilmiştir.
- 8. kanalda en yüksek Hb değeri **yüzüstü** pozisyonunda; en düşük Hb değeri **sırtüstü** pozisyonunda elde edilmiştir. En yüksek HbO<sub>2</sub> değeri sol yan pozisyonunda; en düşük HbO<sub>2</sub> değeri **oturma** pozisyonunda elde edilmiştir.
- 16. kanalda en yüksek Hb değeri **yüzüstü** pozisyonunda; en düşük Hb değeri **sırtüstü** pozisyonunda elde edilmiştir. En yüksek HbO<sub>2</sub> değeri sağ yan pozisyonunda; en düşük HbO<sub>2</sub> değeri **oturma** pozisyonunda elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre;

- Yüzüstü pozisyonundayken Hb değeri diğer pozisyonlara göre daha yüksek,
- Sırtüstü pozisyonundayken Hb değeri diğer pozisyonlara göre daha düşük,
- Oturma pozisyonundayken HbO<sub>2</sub> değeri diğer pozisyonlara göre daha düşük

olduğu sonuçları bu tez çalışmasında ortaya konulmuştur (**TY1, TY3, TY4, TY5**). H1 desteklenmiştir. Uyku ve anestezi çalışmalarında fNIRS yöntemi kullanıldığında katılımcılara uygulanacak paradigma ya da verilen uyarıların vücut pozisyon değişimlerine göre farklılık yaratacağı bu tez çalışmasının sonuçları değerlendirilerek söylenebilir.

## 5.2. Eğik Masa Testi Eksenlerinin fNIRS ile İncelenmesi (Deneysel Çalışma II)

**H2:** Eğik masa testindeki eksen değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir.

Vasovagal senkop tanısı koymada kullanılan eğik masa testinin normal sağlıklı bireylerde kullanımı bu tez çalışmasında eksen değişim amacı düşünülerek çalışılmıştır. Vasovagal senkop hastalarının dışında eğik masa testinin eksenlerinin yer aldığı hasta bakım odalarındaki yatan hastaların bakıldığı servislerdeki yataklardaki eksen değişimlerinin hastanın kan dolaşımı ve oksijen alımı açısından önemli bir değişken yarattığı sonucu olduğu ortaya konulmuştur. Hastaların, dik pozisyondan yatar pozisyona getirilmesi ile kardiyovasküler sisteme ilişkin olarak izlenen parametrelerde birkaç dakika içinde değişimler oluşturmaktadır.

Sırtüstü yatar pozisyona getirilen kişilerde akciğerin yerleşimi  $90^0$  değişerek karın içi organları ve içeriği diyaframa karşı itilir. İtilme sonucunda akciğer hacminde azalma olur. Azalma nedeniyle perfüzyon bozulur ve dokular yaklaşık % 26 kadar daha az oksijenlenir (43).

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen eksen çalışmaları, vücut pozisyon çalışmalarının devamı olma niteliğini taşımaktadır. Eğik masa testi sonuçlarına göre hemoglobin konsantrasyonlarını incelediğimizde;

- En yüksek Hb değeri  $45^0$ 'de
- En düşük Hb değeri  $0^0$ 'de sırtüstünde,
- En yüksek HbO<sub>2</sub> değeri  $90^0 - 0^0$ 'de
- En düşük HbO<sub>2</sub> değeri  $90^0$ 'de elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre;

- $45^0$ 'de Hb değerinin yükselmesi ve  $90^0$ 'lik dik bir pozisyona gelindiğinde HbO<sub>2</sub> değerinin düşmesi yer çekimi nedeniyle oluşmaktadır. Dik pozisyona gelindiğinde kan basıncının artması ve beyin ile kalp arasında artan bir mesafenin olması oksijenlenme oranının düşmesine neden olmaktadır. Literatürde benzer bulgular yer almaktadır. Edlow ve ark. (25) yapmış olduğu çalışmada sırtüstü pozisyondan dikey pozisyona geçildiğinde HbO<sub>2</sub> oranında önemli derece düşüş olduğu sonucu elde edilmiştir. Hb oranının da arttığı sonucu bulunmuştur. Vücut pozisyon değişimlerinin beyin ile olan ilişkisini incelediğimiz bu çalışmada hemoglobin konsantrasyonlarının bu değişimleri tespit etmede önemli bir etken olduğu sonucu elde edilmiştir.
- En yüksek HbO<sub>2</sub> değerinin  $90^0 - 0^0$  dinamik ekseninde elde edilmesinin nedeni sırtüstü pozisyondayken  $90^0$ 'ye getirilen bir kişinin  $0^0$ 'ye indirildikten sonra 5 dk bekletilmesinden kaynaklı olarak dinamik değişim sırasında değişen HbO<sub>2</sub> değerinin kendini toparladığı sonucu elde edilmiştir. HbO<sub>2</sub> değerinin eğik masa testiyle  $90^0$ 'ye getirildiğinde düştüğü sonucu elde edilmiştir. Bu sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir (51, 52, 53, 54, 55).

Tansiyon, nabız ve oksijen saturasyonunun eksen değişimleri sırasında fNIRS ile paralel ölçülmüştür. Bu sonuçları eksen değişimleri çerçevesinde incelediğimizde;

- En yüksek diyastolik basınç  $90^0-0^0$  dinamik ekseninde elde edilmiştir. Bu dinamik eksende katılımcıların sırtüstü pozisyona gelince 5 dk durmasının etkisinden kaynaklı oksijenin kendini toparlamasıyla diyastolik basıncın da kendini toparladığı sonucu düşünülmektedir.
- En düşük diyastolik basınç değeri  $0^0$ 'de sırtüstü pozisyondayken elde edilmiştir.
- En yüksek sistolik basınç değeri  $0^0$ 'de sırtüstü pozisyondayken elde edilmiştir.
- En düşük sistolik basınç değeri  $90^0$ 'de dikey pozisyondayken elde edilmiştir.
- Oksijen saturasyonunun en yüksek olduğu pozisyon  $45^0$ 'dir.
- Oksijen saturasyonunun en düşük olduğu pozisyon ise  $90^0 - 0^0$  dinamik eksenidir.

Eksen değişimlerinde elde edilen tansiyon ve oksijen saturasyonu değerlerinin farklılaşması hemoglobin konsantrasyonları değişimleri ile birlikte değişim göstermektedir. H2 hipotezi desteklenmiştir (**TY2, TY4, TY5**).

Colier ve ark. (42)'nin yapmış olduğu bir çalışmada NIRS yöntemi beyin oksijenizasyonunda ve vücut pozisyon değişimlerinde sağlıklı ve hasta gruplarında kullanılmıştır.  $80^0$ 'ye eğik masa testiyle vücut pozisyonu değiştirilen kişilerde  $HbO_2$  değerinde düşme meydana gelmiştir. Hb değeri de  $HbO_2$  değerinden daha yüksek bulunmuştur. Sırtüstü pozisyona getirilen kişilerde  $HbO_2$  değeri tekrar yükselerek kendini toparlamıştır. Ardından tekrar  $80^0$ 'ye getirildiğinde  $HbO_2$  değerinde tekrar bir düşüş meydana gelip Hb değeri tekrar yükselmiştir. Bu bulgular bu tez çalışmasının sonuçları ile paralellik göstermektedir. Bu tez çalışmasının bu çalışmadan farkı ise çok kanallı bir fNIR görüntüleme yöntemiyle bu değerlerin elde edilmesidir.

Kurihara ve ark. (5)'nin yapmış olduğu bir başka çalışmada NIRS sistemi kullanılmıştır. Eğik masa testiyle birlikte serebral oksijenizasyonun ölçüldüğü bu çalışmada eksen değişimi olarak sırtüstü,  $90^0$  ve  $-6^0$  vücut pozisyon değişimi olarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, sırtüstü pozisyondayken Hb ve  $HbO_2$  değerinde herhangi bir farklılaşma elde edilmemişken katılımcılar  $90^0$ 'ye getirildiğinde  $HbO_2$  değeri düşmüştür ardından tekrar sırtüstü pozisyona getirildiğinde  $HbO_2$  değeri yükselmiştir. Bu üç pozisyon değişiminin ardından katılımcılar  $-6^0$ 'ye getirildiğinde  $HbO_2$  değerinde sırtüstü pozisyonuna göre daha yüksek ortalama bir değer elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları bu tez çalışmasının



sonuçları ile paralellik göstermektedir. Bu tez çalışmasındaki sonuçlara göre, sırtüstü pozisyonundayken elde edilen HbO<sub>2</sub> değeri 90<sup>0</sup>'ye getirildiğinde ve 45<sup>0</sup>'ye getirildiğinde düşmektedir. Serebral oksijenizasyonun vücut pozisyonu değişimlerinden etkilendiği sonucu bu tez çalışması ile çok kanallı bir ölüm yöntemiyle ortaya konulmuştur.

## **6. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Vücut pozisyon değişimlerinin serebral oksijenizasyon üzerindeki etkisinin fNIRS ile incelendiği bu tez çalışmasında; vücut pozisyon değişimlerinin birçok ekseninde hemogloblin konsantrasyonları açısından farklılaştığı sonucu elde edilmiştir. Vücut pozisyon değişimleri bu tez çalışması ile birlikte birçok ekseninde incelenmiştir. Deneysel çalışma I ve deneysel çalışma II'nin sonuçlarına baktığımızda bu hemodinamik pozisyon değişimlerinden yola çıkarak vücudumuzda dolaşan kan dolaşımının dışarıdan gelen uyarılar dışında kişilerin kendi vücut pozisyonlarından etkilendiği sonucu ortaya konulmuştur. Dikey duran bir kişi ile sırtüstü yatay düzlemde duran bir kişinin kan basıncının farklı olabileceği ve bu pozisyon değişimlerine eşlik eden uyarıların öğrenilme düzeylerinin bu hemodinamik pozisyon değişimlerinin de etkisi olacağı öne sürülmektedir.

Eğik masa testinde yapılan eksen değişimlerinde eksenler arası oluşan hemodinamik yanıtların ardından  $HbO_2$ 'nin kendini toparlayıp 4 dk içinde değişimden önceki eski haline yaklaşık olarak döndüğü gözlenmiştir. Bu çalışma ile vücut pozisyon değişimlerinin yer aldığı çalışmalarda uyarı parametlerinin verilmesi gereken zaman aralığı diliminin vücut pozisyon değişiminin ardından 4dk beklenmesi gerektiğidir. Bu süre içerisinde hemodinamik yanıtın kendini topladığı sonucu elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar çerçevesinde vücut pozisyon değişiminin uygulanabilir ve kliniğe kazandırılabilir alanlarını tartıştığımızda uyku ve anestezi dışında pilotların uçuşlarındaki oksijen değişimlerinden yola çıkarak iş ortamı temelli bir uygulama alanı yaratılabilir. Hava trafiği kontrolleri ile yapılan fNIRS çalışmalarına baktığımızda (56), hemodinamik değişimlerin verilen iş yüküne göre değiştiği sonucu elde edilmiştir. Pilotlarda, toplam hava basıncı yükseklik ile azalır fakat oksijen oranı sabit kalır. Bu nedenle kısmi oksijen basıncı da yükseklik ile azalacaktır. Pilotlarda uçuş sırasında yükseklik arttıkça oksijen satürasyonu düşmektedir. Deniz seviyesine yaklaştıkça oksijen satürasyonu yükselmektedir (27). Böylelikle pilotlarda uygulanması düşünülen eksen çalışmalarının hemodinamik yanıtlar açısından değişik sonuçlar vermesi beklenmektedir.

**Tablo 11.** Tez Çalışmasında Test Edilen Hipotezler Ve Sonuçları

<b>Yanıtlanması Beklenen Sorular</b>	<b>Test Edilen Hipotezler</b>	<b>Sonuç/Yorum</b>
<b>S1:</b> Oturma, yatma gibi doğal vücut pozisyonlarından beyin ne kadar etkilenir?	<b>H1:</b> Doğal vücut pozisyon değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir. <b>H2:</b> Eğik masa testindeki eksen değişimleri ön beyin bölgesindeki hemoglobin konsantrasyonlarını değiştirmektedir.	Vücut pozisyon değişimlerinin ön beyin bölgesinde serebral oksijenizasyon üzerinde etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir ( <b>TY1, TY2, TY3, TY4, TY5</b> )
<b>S2:</b> Vücut pozisyon değişimlerinin hemodinamik sınırların saptanmasındaki rolü nedir?	<b>Ana Hipotez:</b> Vücut-beyin pozisyon değişimleri beyinde hemodinamik değişimlere neden olur. Bu değişimler fNIRS yöntemiyle saptanabilir.	fNIRS yöntemi ile vücut pozisyon değişimlerinde farklılaşmalara dair sonuçlar elde edildiği için bu sınırlar saptanabilir.
<b>S3:</b> Sınırların saptanmasıyla kognitif çalışmalarda yönetsel kararlılık sağlamak üzere kullanılabilir hale getirilebilir mi?	<b>Ana Hipotez:</b> Vücut-beyin pozisyon değişimleri beyinde hemodinamik değişimlere neden olur. Bu değişimler fNIRS yöntemiyle saptanabilir.	Vücut pozisyon değişimlerinin olduğu çalışmalarda uyaran verilmeden önce hemoglobin konsantrasyonlarının dinamik kararlılık süreci olduğu söylenebilir.

## **7. TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYIN ve BİLDİRİLER**

**Tez Yayını (TY) 1. Tetik, M.**, İzzetoğlu, K., Öviz A., Onaral, B. Özgören M. Pozisyonun Ölçüme Olan Etkisi: Uykuda Yakın Kızılötesi İşaretleme (fNIR) Yöntemi Yaklaşımı, 12. Ulusal Uyku Tıbbı Kongresi, 2011, Bodrum.

**TY2.** Ozgoren, M., **Tetik, M.**, Izzetoglu, K., Oniz, A., Onaral, B. Tilt Table Application Effects on Frontal Brain Oxygenation. 7th International Symposium on Health Informatics and Bioinformatics, 19-22 April, 2012, Cappadocia.

**TY3.** Derviş, A., Öncü, K., **Tetik, M.**, Özgören, M. fNIRS İle Beyin Oksijenlenmesinin Değerlendirilmesi. DEÜ Tıp Fakóltesi V. ÖÇM Sempozyumu, 2011, İzmir.

**TY4. Tetik, M.** Positional Effects of fNIR for sleep and anesthesia. International Symposium and Workshop on Frontiers in Sleep and Biological Rhythms Research, 30-2 April, 2012, İzmir.

**TY5.** Ozgoren, M., **Tetik, M.**, Izzetoglu, K., Oniz, A., Onaral, B. Effect of Body Position on NIRS Based Hemodynamic Measures from Prefrontal Cortex. H. Zhang et al. (Eds.): BICS 2012, LNAI 7366, pp. 138–146, 2012.

## **8. TEZLE İLİŞKİLİ ÖDÜLLER**

1. Poster Üçüncülük, Grup Ödülü (DEÜ Tıp Fakóltesi V. ÖÇM Sempozyumu-İzmir, 2011)
2. Sözlü Bildiri ilk 10 Ödülü (12. Ulusal Uyku Tıbbı Kongresi, Bodrum, Muğla, 2011)

## **9. BİLGİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Özhan Göldeli'nin, eğik masa testi uygulamalarında yardımcı olan Asistan Doktor Zeynep Yıldız'ın, çalışma sonuçlarını yordamada önerileri için Prof. Dr. Cem şeref Bediz'in, teknik destekte bulunan Uzman Müh. Uğraş Erdoğan'ın ve veri toplama destek olan Psk. Özlem Tuğçe Bezircioğlu'nun ve Ar. Gör. Çağdaş Güdücü'nün bu çalışmaya katkısı olmuştur.

## **10. KAYNAKLAR**

1. Villringer, A., Planck, J., Hock, C., Schleinkofer, L., Dirnagl, U. Near infrared spectroscopy (NIRS): A new tool to study hemodynamic changes during activation of brain function in human adults. *Neuroscience Letter*, 1993; 154 (1-2): 101-104.
2. Boushel, R., Langberg, H., Olesen, J., Gonzales-Alonzo, J., Bulow, J., Kjaer, M. Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Journal Medicine & Science in Sports*, 2001; 11 (4): 213-222.
3. Edlow, B.L., Kim, M.N., Durduran, T., Zhou, C., Putt, M.E., Yodh, A.G., Greenberg, J.H., Detre, J.A. The effects of healthy aging on cerebral hemodynamic responses to posture change. *Physiological Measurement*, 2010; 31: 477-495.
4. Schipper, J.M. Vloet, L.C.M., Colier, N.J.M., Hoefnagels, W.H.L., Jansen, R. Cerebral oxygenation declines in healthy elderly subjects in response to assuming the upright position. *Stroke*, 2000; 1615-1620.
5. Kurihara, K., Kikukawa, A., Kobayashi, A. Cerebral Oxygenation monitor during head-up and -down tilt using near-infrared spatially resolved spectroscopy. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2003; 23(4): 177-181.
6. Özgören, M. Beyin Biyofiziği. Edt: Sirel Karakaş. Kognitif Nörobilimler, MN Medikal & Nobel Tıp Kitap Sarayı, 2008.
7. Dror, O.E. Techniques of the brain and the paradox of emotions, 1880-1930. *Science in Context*, 2001; 14(4): 643-660.
8. Strangman, G., Boas, D.A., Sutton, J.P. Non-invasive neuroimaging using near-infrared light. *Biol Psychiatry*, 2002; 52: 679-693.
9. Arıncı, K., Elhan, A. Anatomi. Güneş Kitapevi Ankara, 1997; 386-389.
10. Ranganath, C., Johnson, M.K., D'Esposito M. Prefrontal activity associated with working memory and episodic long-term memory. *Neuropsychology*, 2003; 41: 378-389.
11. Jöbsis, F.F. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science*, 1977; 198(4323): 1264-1267.
12. Jöbsis, F.F. Discovery of the near infrared window into the body and the early development of near infrared spectroscopy. *J. Biomed. Opt.* 1999; 4 (4): 392-396.
13. Brazy, J.F., Lewis, D.V., Mitnick, M.H., Jöbsis, F.F. Noninvasive monitoring of cerebral oxygenation in preterm infants: preliminary observations. *Pediatrics*, 1985; 75: 217-225.

14. Ferrari, M., Giannini, I., Sideri, G., Zanette, E. Continuous non invasive monitoring of human brain by near infrared spectroscopy. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1985; 191: 873-882.
15. Delpy, D.T., Cope, M., van der Zee, P., Arridge, S., Wray, J. Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. *Phys. Med. Biol.* 1988; 33: 1433-1442.
16. Reynolds, E.O., Wyatt, J.S., Azzopardi, D., Delpy, D.T., Cady, E.B., Cope, M., Wray, S. New non-invasive methods for assessing brain oxygenation and haemodynamics. *Br. Med. Bull.* 1988; 44: 1052-1075.
17. Chance, B. Optical method. *Annu. Rev. Biophys. Chem.*, 1991; 20: 1-28.
18. Hoshi, Y., Tamura, M. Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity. *J. Appl. Physiol.*, 1993b; 75: 1842-1846.
19. Ferrari, M., Quaresima, V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*, In pres.
20. Orhun, Ö., Tanışlı, M. Elektromanyetik dalgalar. Anadolu Üniversitesi, 175-194
21. Izzetoglu, K. Neural Correlates of Cognitive Workload and Anesthetic Depth: fNIR Spectroscopy Investigation in Humans. Doctoral Thesis, Drexel University, 2008.
22. Sun, C.W., Chuang, C.C. Hemodynamics Study Based on Near Infrared Optical Assessment. *Hemodynamics – New Diagnostic and Therapeutic Approaches*, 2012; 3.
23. Boas, D.A., Gaudette, T., Strangman, G., Cheng, X., Marota, J.J.A., Mandeville, J.B. The accuracy of near infrared spectroscopy and imaging during focal changes in cerebral hemodynamics. *Neuroimage*, 2001; 13: 76-90.
24. Widmaier, E.P., Raff, H., Strang, K. *Vander İnsan Fiziyojisi*. Güven Bilimsel, 2001; 10. Baskı
25. Edlow, B.L., Kim, M.N., Durduran, T., Zhou, C., Putt M.E., Yodh, A.G., Greenberg, J.H., Detre, J.A. The effects of healthy aging on cerebral hemodynamic responses to posture change. *Physiol. Meas.*, 2010; 31: 477-495.
26. Pehlivan, F. *Biyofizik*. Pelikan Yayıncılık, 2011; 5. Baskı.
27. NORDIAN AS. *Human Performance and Limitations*. 2006; 3. Baskı.
28. Kleinschmidt A, Obrig H, Requardt M, Merboldt KD, Dirnagl U, Villringer A, et al. Simultaneous recording of cerebral blood oxygenation changes during human brain activation by magnetic resonance imaging and near-infrared spectroscopy. *J Cereb Blood Flow Metab* 1996; 16: 817–826.

29. Dean E. Oxygen transport deficits in systemic disease and implications for physical therapy. *Phys Ther*, 1997; 77: 187-202.
30. Mehagnoul-Schipper, D.J., Vloet, L.C., Colier, W.N., Hoefnagels, W.H., Jansen, R.W. Cerebral oxygenation declines in healthy elderly subjects in response to assuming the upright position. *Stroke*, 2000; 31: 1615–1620.
31. Mehagnoul-Schipper, D.J., Colier, W.N., Jansen, R.W. Reproducibility of orthostatic changes in cerebral oxygenation in healthy subjects aged 70 years or older. *Clin. Physiol.* 2001; 21: 77–84.
32. Heitterachi, E., Lord, S.R., Meyerkort, Ph., McCloskey, I., Fitzpatrick, R. Blood pressure changes on upright tilting predict falls in older people. *Age Ageing* 2002; 31: 181–186.
33. Stanley, T.E., Reves, L.G. Cardiovascular monitoring. *Anesthesia* 4th Edition, Edt. Miller RD, Churchill Livingstone, 1994; 1161-1229.
34. Bridges, E.J. Ask the experts pages. Comment on: *Crit Care Nurse*, 2001; 21(6): 66-68.
35. Shamsuzzaman, A. S. M., Sugiyama, Y., Mano, T. A comparison of sympathetic vasomotor and cardiovascular responses to head-up tilt and to head-up suspension in humans. *Environ. Med.*, 1997; 41: 148-150.
36. Sweeney, K.T., Ayaz, H.Ward, T.E., Izzetoglu, McLoone, S.F., Onaral, B.: A methodology for validating artifact removal techniques for fNIRS. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts USA, 2011.
37. Ayaz, H., Onaral, B.: Analytical software and stimulus-presentation platform to utilize, visualize and analyze near-infrared spectroscopy measures Masters Degree thesis (dissertation) Drexel University, 2005.
38. Ayaz, H., Shewokis, P.A., Bunce, S., Onaral, B.: An optical computer interface for environmental control. In: 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts, USA, 2011.
39. SPSS for windows, version 11.0.1., Lead Tools 1991-2000, Lead Technologies Inc.
40. MATLAB & Simulink Release 2007a. The MathWorks, Inc. 1996-2007.
41. Houtman, S., Colier, W.N.J.M., Hopman, M.T.E., Oosesburg, B.: Reproducibility of the alterations in circulation and cerebral oxygenation from supine rest to head up tilt. *Clinical Physiology*, 1999; 19: 169-177.



42. Colier, W.N.J.M., Binkhorst, R.A., Hopman, M.T., Oeseburg, B. Cerebral and circulatory haemodynamics before vasovagal syncope induced by orthostatic stress. *Clin Physiol.*, 1997; 17(1): 83-94.
43. Powers, J., Daniels, D. Turning points: Implementing kinetic therapy in the ICU, *Nurs Manage.* 2004; 35(5): 1-7.
44. Merzagora, A.C. Functional near infrared spectroscopy in the multimodal assessment of working memory impairments following traumatic brain injury. Doctoral Thesis, Drexel University, 2010.
45. Akgül, C.B. Analysis of functional near infrared spectroscopy signals. Master Thesis. Electrical and Electronics Engineering, Boğaziçi University, 2004.
46. Ayaz, H., Shewokis, P.A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B., Onaral, B. Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *NeuroImage*, doi:10.1016/j.neuroimage.2011.06.023, 2011.
47. Bozkurt, A. & Onaral, B. Safety assessment of near infrared light emitting diodes for diffuse optical measurements. *BioMedical Engineering OnLine*, 2004; 3; 1-10.
48. Devaraj, A. Signal processing for functional near-infrared neuroimaging. Master Thesis. Drexel University, 2005.
49. Huppert, T.J., Diamond, S.G., Franceschini, M.A., Boas, D.A. Homer: a review of time series analysis methods for near infrared spectroscopy of the brain. *Appl Opt.*, 2009; 48: D280-D298.
50. Cope, M., Delpy, D.T. System for long-term measurement of cerebral blood flow and tissue oxygenation on newborn infants by infra-red transillumination. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1988; 26(3): 289–294.
51. Harms ,M.P.M., Colier, W.N.J.M., Wieling, W., Lenders, J.W.M., Secher, N.H., van Lieshout, J.J. Orthostatic tolerance, cerebral oxygenation, and blood velocity in humans with sympathetic failure. *Stroke*, 2000; 31: 1608-1614.
52. Krakow, K., Ries, S., Daffershofer, M., Hennerici, M. Simultaneous assessment of brain tissue oxygenation and cerebral perfusion during orthostatic stress. *Eur Neurol*, 2000; 43: 39- 46.
53. van Lieshout, J.J., Pott, F., Madsen, P.L., van Goudoever, J., Secher, N.H. Muscle tensing during standing effects on cerebral tissue oxygenation and cerebral artery blood velocity. *Stroke*, 2001; 32: 1546-1551.

54. Madsen, P., Lyck, F., Pedersen, M., Olesen, H.I., Nielsen, H.B., Secher, N. H. Brain and muscle oxygen saturation during head-up-tilt-induced central hypovolaemia in humans. *Clin Physiol*, 1995; 15: 523-533.
55. Madsen, P., Pott, F., Olsen, S.B., Nielsen, H.B., Burcev, I., Secher, N.H. Near-infrared spectrophotometry determined brain oxygenation during fainting. *Acta Physiol Scand*, 1998; 162: 501-507.
56. Ayaz, H., Willems, B., Bunce, S., Shewokis, P. A., Izzetoglu, K., Hah, S., Deshmukh, A., Onaral, B. Cognitive workload assessment of air traffic controllers using optical brain imaging sensors. In T. Marek, W. Karwowski & V. Rice (Eds.), *Advances in Understanding Human Performance: Neuroergonomics, Human Factors Design, and Special Populations*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010; 21-32.

## 11. EKLER

### 11.1. Pozisyon Değişimlerinde fNIRS Kaydı

#### fNIRS POZİSYON DEĞİŞİMLERİ KAYIT FORMU

Katılımcı No:

Katılımcının Adı:

Tarih:

Saat:

Yaş:

Cinsiyet:

Oda Sıcaklığı:

#### UYGULAMA BASAMAKLARI

#### Başladı

#### Bitti

##### **Uygulama-1; oturma**

Dinlenim, ışık var, 120 sn

Dinlenim, ışık yok, 120 sn

Nefes, kısa, 120 sn

Nefes uzun, 120 sn

##### **Uygulama-2; sırtüstü**

Dinlenim, ışık var, 120 sn

Dinlenim, ışık yok, 120 sn

Nefes, kısa, 120 sn

Nefes uzun, 120 sn

##### **Uygulama-3; sağ yan**

Dinlenim, ışık var, 120 sn

Dinlenim, ışık yok, 120 sn

Nefes, kısa, 120 sn

Nefes uzun, 120 sn

##### **Uygulama-4; sol yan**

Dinlenim, ışık var, 120 sn

Dinlenim, ışık yok, 120 sn

Nefes, kısa, 120 sn

Nefes uzun, 120 sn

##### **Uygulama-4; yüzüstü**

Dinlenim, ışık var, 120 sn

Dinlenim, ışık yok, 120 sn

Nefes, kısa, 120 sn  
Nefes uzun, 120 sn

Sorunlar ve Çözümler:

Katılımcı Notları:

Uygulayıcılar:

## 11.2. Eksen Pozisyon Değişimlerinde fNIRS Kayıt Bilgi Formu

fNIRS KAYIT FORMU-TILT TABLE TESTİ ile EKSEN ÇALIŞMASI

Katılımcı No:

Katılımcının Adı Soyadı:

Yaş:

Cinsiyet:

Hastalık Öyküsü:

Sigara ve Alkol:

Oda Sıcaklığı:

**Protokol**

**Süre:**

Sırtüstü 0°: Gözler Açık

Gözler Kapalı

Sırtüstü 45°: Gözler Açık

Gözler Kapalı

Sırtüstü 90°: Gözler Açık

Gözler Kapalı

Dinamik Eksen 90°-0°-90° Gözler Açık:

Gözler Kapalı:

Dinamik Eksen 90°-0° Gözler Açık:

Gözler Kapalı:

Nabız:

Tansiyon:

EKG:

Uygulayıcılar:

### 11.3. Etik Kurul Formu

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Konu: Karar hk.- 193

09.03.2012

Prof.Dr.Murat ÖZGÖREN

Kurulumuz tarafından 08.03.2012 tarih ve 466-GOA protokol numaralı 2012/09-21 karar numarası ile görüşülen “Ön Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi Üzerinde Etki Eden Etmenlerin Değerlendirilmesi” konulu araştırmanıza ilişkin Kurulumuz kararı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.



Prof.Dr.Banu ÖNVURAL  
Başkan

---

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Yerleşkesi İnciraltı 35340 İZMİR-TÜRKİYE  
Tel:0 232 4122254 - 0 232 4122258 Faks: 0232 4122243 Elektronik posta:etikkurul@deu.edu.tr

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

ETİK KOMİSYONUN ADI	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
AÇIK ADRES	Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 2. Kat İnciraltı-İZMİR
TELEFON	0 232 412 22 54-0 232 412 22 58
FAKS	0 232 412 22 43
E-POSTA	etikkurul@deu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	DOSYA NO:	466-GOA
	ARAŞTIRMA	UZMANLIK TEZİ <input type="checkbox"/> AKADEMİK AMAÇLI <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Ön Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi Üzerinde Etki Eden Etmenlerin Değerlendirilmesi
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU	-
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI ve UZMANLIK ALANI	Prof.Dr.Murat ÖZGÖREN Y.L.Öğr.Merve TETİK Biyofizik A.D.
	DESTEKLEYİCİ VE AÇIK ADRESİ	-
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ VE ADRESİ	-
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/> ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Mevcut		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA İLE İLGİLİ LİTERATÜR	Mevcut		Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input checked="" type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Mevcut		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU	Mevcut		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2012/09-21	Tarih: 08.03.2012
	Prof.Dr.Murat ÖZGÖREN'in sorumlusu Y.L.Öğr.Merve TETİK'in yürütücüsü olduğu "Ön Beyin İşlevsel Yakın Kızılötesi İşaretleme Yöntemi Üzerinde Etki Eden Etmenlerin Değerlendirilmesi" isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	

**ETİK KURUL BİLGİLERİ**

<b>ÇALIŞMA ESASI</b>	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
----------------------	---

**ETİK KURUL ÜYELERİ**

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsi yet	Araştırma ile ilişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr..Besti ÜSTÜN (Başkan Yardımcısı)	Ph.D.Yüksek Hemşire	DEU Hemşirelik Fakültesi	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Osman AÇIKGÖZ	Fizyoloji	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Mehtap MALKOÇ	Ph.D.Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU	Halk Sağlığı	DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Adnan MENDERES	Plastik Cerrahi	DEU Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ece BÖBER	Pediyatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Hüseyin BASKIN	Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Servet AKAR	İç Hastalıkları (Romatoloji)	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Mukaddes GÜNELİ	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK	Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Işıl TEKME	Histoloji ve Embriyoloji	DEU Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Meltem Kutlu GÜRSEL	Hukuk	D.E.Ü Hukuk Fakültesi İdare Hukuku Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
İhsan ÇELİKDEMİR	Sağlık mensubu olmayan üye	75. Yıl Özel İlköğretim Okulu Müdür Yrd.	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	



## 11.4. Özgeçmiş

**ADI SOYADI: MERVE TETİK**

<b>TC Kimlik No / Pasaport No:</b>	26728394382
<b>Doğum Yılı:</b>	1987
<b>Yazışma Adresi :</b>	Dokuz Eylül Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı 35340 Balçova/İZMİR
<b>Telefon :</b>	0546 814 2117
<b>Faks :</b>	
<b>e-posta :</b>	merve.tetik@windowslive.com

## EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Yılı
Türkiye	Ege Üniversitesi	Edebiyat Fakültesi	Psikoloji	Lisans	2010

## ÖDÜLLER

Ödülün Adı	Alındığı Kuruluş	Yılı
Poster Üçüncülük, Grup Ödülü	DEÜ Tıp Fakültesi V. ÖÇM Sempozyumu İzmir	2011
Sözlü Bildiri ilk 10 Ödülü	12. Ulusal Uyku Tıbbi Kongresi, Bodrum, Muğla	2011

## YAYINLARI

**SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler**

Effect of Body Position on NIRS Based Hemodynamic Measures from Prefrontal Cortex Murat Ozgoren, Merve Tetik, Kurtulus Izzetoglu, Adile Oniz, and Banu Onaral H. Zhang et al. (Eds.): BICS 2012, LNAI 7366, pp. 138–146, 2012 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg
---

## Eğitmen

Anestezi ve Yoğun Bakım Uygulamalarında Monitörizasyon Standart ve Güncel Yaklaşımlar	DEÜ Tıp Fakültesi İzmir	2012
---	-------------------------	------

## Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

Tetik, M., İzzetoğlu, K., Öviz A., Onaral, B. Özgören M. "Pozisyonun Ölçüme Olan Etkisi: Uykuda Yakın Kızılötesi İşaretleme (fNIR) Yöntemi Yaklaşımı", 12. Ulusal Uyku Tıbbı Kongresi, Türkiye, 2011 (Sözel Bildiri)

Tetik, M., Ozgoren, M., Izzetoglu, K., Oniz, A., Onaral, B. "Positional Effects of fNIR for sleep and anesthesia", International Symposium and Workshop on Frontiers in Sleep and Biological Rhythms Research. Izmir, 2012 (Sözel Bildiri)

Ozgoren, M., Tetik, M., Izzetoglu, K., Oniz, A., Onaral, B. "Tilt Table Application Effects on Frontal Brain Oxygenation", 7th International Symposium on Health Informatics and Bioinformatics. Cappadocia, 2012 (Poster Sunumu)

Dönertaş M., Yamakoğlu, M., Tetik, M. "Çalışmayan ve Sokakta Çalışan Çocukların Benlik Saygısı Açısından Karşılaştırılması", 14. Psikoloji Öğrencileri Kongresi, Türkiye, 2009 (Sözel Bildiri)

Tetik, M. "Bağlam Etkisinde Cinsiyet Farklılıkları", 14. Psikoloji Öğrencileri Kongresi, Türkiye, 2009 (Sözel Bildiri)

Ozgoren, M., Tetik, M., Izzetoglu, K., Oniz, A., Onaral, B. "Effect of Body Position on NIRS Based Hemodynamic Measures from Prefrontal Cortex" The fifth international conference on brain inspired cognitive systems, 2012 (Sözel Bildiri)