



## KRANİAL MRG İNCELEMESİ SONRASI POSTURAL STABİLİTENİN BİODEKS DENGESİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of Postural Stability with a Biodex Balance System After Cranial MRI Examination

Eda ALBAYRAK<sup>1</sup>, Hülya DEVECİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Tokat, TÜRKİYE.

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Tokat, TÜRKİYE.

Çalışmamız için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06.01.2016 tarihi ve 15-KAEK-201 kayıt numaralı etik kurul onayı alınmıştır.

### Öz

**Amaç:** Çalışmamızın amacı manyetik rezonans görüntüleme (MRG) çekimi sırasında güçlü manyetik alana maruz kalan hastalarda meydana gelebilecek olası postural stabilite değişikliklerinin Biodeks denge sistemi ile (BDS) ile kantitatif olarak değerlendirilmesidir.

**Materyal ve Metot:** Çalışmaya alınan hastalar Radyoloji kliniğine beyin MRG tetkiki için başvuran hastalar arasından seçildi. Postural stabilitede bozukluğa sebep olabilecek herhangi bir ortopedik, nörolojik, görsel, işitsel ve sistemik hastalığı olan kişiler ve MR çekimi sonrasında kranial bir patoloji saptananlar çalışma dışı bırakıldı. Postural stabilite, hem statik hem dinamik değerlendirme yapılabilen hem de kantitatif ölçüm imkanı veren BDS ile değerlendirildi. Ölçümler MRG çekiminin öncesinde ve hemen sonrasında yapıldı. BDS ile mediolateral, anteroposterior ve genel stabilite indeksleri ile düşme riski indeksi değerleri ölçüldü. MRG çekimi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olup olmadığı değerlendirildi.

**Bulgular:** Çalışmaya toplam 40 hasta dahil edildi. Hastaların 18 tanesi kadın, 22 tanesi erkekti. Ortalama yaş: 41,3±17,3 idi. MRG çekimi öncesi ve sonrası denge ölçüm değerleri karşılaştırıldığında mediolateral stabilite ve düşme riski indeksi değerlerinde anlamlı bir artış bulundu (p değerleri sırasıyla p=0,03, p=0,01). Genel stabilite ve anteroposterior stabilite indeks değerleri arasında ise anlamlı bir fark elde edilmedi (p>0,05).

**Sonuç:** Beyin MRG çekimi ile yüksek manyetik alana maruz kalan hastalarda postural stabilitenin niceleyici olarak değerlendirilmesinde mediolateral stabilite ve düşme riski indeksi parametrelerinde artış meydana gelmektedir. Kranial MRG çekimi öncesi özellikle yüksek riskli hastaları postural stabilitenin bozulabileceği yönünde uyarmanın faydalı olacağı kanaatindeyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Biodeks denge sistemi, manyetik rezonans görüntüleme, postural stabilite.

### Abstract

**Aim:** The aim of this study was assess the postural stability of patients exposed to strong magnetic fields during magnetic resonance imaging (MRI) quantitatively with biodex stability system (BSS).

**Materials and Methods:** Patients included in the study were selected among the patients who applied to the radiology clinic for brain MRI. Patients with any orthopedic, neurological, visual, auditory and systemic diseases that may cause postural stability disorder were excluded from the study. Postural stability was evaluated by BSS, which can be used for both static and dynamic evaluation and also provides quantitative measurement. Evaluation was performed before and immediately after MRI. Mediodateral, anteroposterior, general stability indices and fall risk index values were measured with BSS. It was evaluated whether there was a statistically significant difference between the values obtained before and after MRI.

**Results:** Forty patients were included in the study. Of these patients, 18 were male and 22 were female. The mean age was 41.3 ± 17.3 years. When postural stability measurement values were compared before and after MRI, a significant increase was found in mediolateral stability and fall risk index values (p = 0,03, p = 0,01, respectively). There was no significant difference between general stability and anteroposterior stability index values (p > 0.05).

**Conclusion:** Mediolateral stability and fall risk index parameters increase in quantitative evaluation of postural stability in patients exposed to high magnetic field by cranial MRI. We think it is helpful to warn especially high-risk patients that postural stability may deteriorate after cranial MRI.

**Keywords:** Biodex stability system, magnetic resonance imaging, postural stability.

## GİRİŞ

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), yüksek yumuşak doku çözünürlüğü, radyasyon içermemesi ve geniş kullanım alanı sebebiyle son 30 yılda oldukça önemli bir görüntüleme yöntemi haline gelmiştir<sup>1</sup>.

### Corresponding Author / Sorumlu Yazar:

Eda ALBAYRAK

Adres: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Radyoloji Anabilim Dalı, 60100 Tokat /TÜRKİYE.

E-posta: edalbayrak1@hotmail.com

### Article History / Makale Geçmişi:

Date Received / Geliş Tarihi: 31.12.2019

Date Accepted / Kabul Tarihi: 08.05.2020

Namık Kemal Tıp Dergisi 2020; 8(2): 152 - 157

MRG cihazları statik manyetik alan, radyofrekans (RF) alanı ve manyetik alan gradyanını içeren üç farklı manyetik alanı kombine ederek görüntü oluşturur ve bu manyetik alanların herbiri insan vücudunu, moleküler, hücresel, doku ve/veya organ seviyesinde etkilerler <sup>2,3</sup>. Günümüzde kullanılan MRG cihazlarının birçoğu 1.5 ve 3 Tesla (T) manyetik alan gücündedir. 1 T'nin 10.000 gaus olduğu ve dünya yer yüzeyinin manyetik çekim gücünün 0.5 gaus olduğu düşünülürse bu cihazlar dünyadaki manyetik alandan 30 bin ile 60 bin kat daha güçlü bir manyetik alana sahiptir. Ancak 2-4 T gücündeki bu manyetik sahanın insan hücreleri üzerine zararlı etkisi gözlenmemiş ve Amerikan Food and Drug Administration (FDA) derneği risk açısından MRG cihazlarını sınıf II olarak tanımlamıştır <sup>4-6</sup>.

Bununla birlikte oluşan bu yüksek manyetik alanın birtakım olumsuz etkilere sebep olma ihtimali söz konusudur. MRG çekimi sırasında bazı hastaların tariflediği vertigo ve denge kaybı bu olumsuz etkiler arasında sayılmaktadır <sup>7</sup>. Vertigo öznel bir bulgu olup bazı hastalar tarafından tanımlanırken, bazı hasta grupları ise böyle bir şikâyetten bahsetmemektedir <sup>7</sup>. Bu sebeple, MRG cihazlarının vertigo ve benzeri etkilere yol açıp açmadığını ortaya koymak için daha net ve subjektif verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Biodex Denge Sistemi (BDS) sağlıklı ve görme engelli bireylerde dinamik postüral dengeyi değerlendiren güvenilir bir yöntemdir (ICC ranges from 0.59 to 0.95) ve son yıllarda postural dengeyi değerlendirmek amacıyla kullanıma girmiştir <sup>8, 9, 10</sup>. BDS bir bireyin postürünü hem statik durumda hem de dinamik stres anında devam ettirebilirliğini kantitatif olarak ölçen ve kaydeden multi-aksiyel bir cihazdır ve anterior, posterior, medial ve lateral yönlerde hareket eden sirküler bir platforma sahiptir <sup>11</sup>.

Son yıllarda, MRG cihazında oluşan statik manyetik alan ve zamanla değişen manyetik alan gradyantlerinin denge bozukluğu ve nistagmus üzerine etkilerini inceleyen çeşitli deneysel çalışmalar yer almaktadır <sup>12-15</sup>. Ancak denge bozukluğunun klinik olarak BDS ile kantitatif olarak değerlendirildiği bir çalışma kanımıza göre literatürde yer almamaktadır. Bu sebeple çalışmamızın amacı MRG çekimi sırasında güçlü manyetik alana maruz kalan hastaların postural stabilitesinde meydana gelebilecek olası değişikliklerinin BDS ile kantitatif olarak değerlendirilmesidir.

## MATERYAL METOD

Çalışmamız için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06.01.2016 tarihli ve 15-KAEK-201 kayıt numaralı etik kurul onayı alındı. Hastalar radyoloji kliniğine değişik sebeplerle Şubat 2016 - Aralık 2016 tarihleri arasında beyin MRG çekimi için başvuran bireylerden seçildi. Ortopedik nörolojik, psikiyatrik, problemi olanlar ile inflamatuvar artrit, hareket kısıtlılığı, kas hastalığı, motor defisiti, olanlar, alt ekstremitte veya omurgaya yönelik cerrahi girişim öyküsü olanlar, vertigo, diyabet, skolyoz veya kifozu olanlar, işitme ve görme bozukluğu olanlar ile dengeyi etkileyecek ilaç kullanımı öyküsü olan bireyler çalışma dışı bırakıldı. Ayrıca MR çekimi sonrasında herhangi bir kranial patolojisi saptanan hastalar da çalışmaya alınmadı. Hastaların vücut kitle indeksleri (VKİ), hastane anksiyete depresyon skalası- anksiyete altbirimi (HAD-A) ve hastane anksiyete depresyon skalası- depresyon alt birimi (HAD-D) değerleri kaydedilerek, obezite, depresyon ve anksiyete hastaları da çalışma dışı bırakıldı ve hastalar HAD sınıflamasına göre literatürde tanımlandığı gibi değerlendirildi <sup>16, 17</sup>.

MRG çekimleri 1.5 Tesla (T) MRG (Signaexcite HD; GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA, 2005) cihazı ile, 8 kanallı nörovasküler koil kullanılarak görüntülendi. MRG çekimi yaklaşık 13-15 dakika kadar sürdü.

MRG çekiminden hemen sonra, postural denge, Biodex Stability System [(BSS) Biodex Inc., Shirley, New York] kullanılarak yapılan testler ile değerlendirildi. BSS, yüzeyi 20°'ye kadar eğilebilen hareketli ve dengenin objektif olarak değerlendirilebilmesini sağlayan bir bilgisayar yazılımı ile bağlantılı denge platformundan oluşmaktadır. Bu sistemle Genel Stabilite İndeksi (GSİ), Antero-Posterior Stabilite İndeksi (APSİ), Medio-Lateral Stabilite İndeksi (MLSİ) ve Düşme Riski İndeksi (DRİ) değerlendirilebilmektedir. GSİ genel denge yeteneğini, MLSİ yan tarafa denge yeteneğini, APSİ ön-arka denge yeteneğini ifade etmektedir. Bu testler sonucunda elde edilen yüksek değerler dengede bozulmayı ve artmış düşme riskini ifade etmektedir<sup>18,19</sup>. Düşme riski testi için platform düzeyi 8 olarak belirlendi ve tüm hastalar aynı platform düzeyinde test edildi. Hastalar platform üzerinde dizler hafif fleksiyonda (10-15°), ayaklar çıplak ve kişinin dengesini sağlayabileceği en rahat pozisyonda iken ayak koordinatları tespit edilerek her iki ayak üzerinde ve gözler açıkken yapıldı. Her katılımcıya testler hakkında bilgi verildi ve uymaları gereken kurallar anlatılarak postural denge ve düşme riski için her biri 20' şer saniye olan üçer test yapıldı. Katılımcıların boy, kilo, GSİ, APSİ ile MLSİ ve DRİ verileri değerlendirildi<sup>8,14,15</sup>.

### İstatistiksel Analiz

Çalışma gruplarının genel özellikleri hakkında bilgi vermek amacı ile tanımlayıcı analizler yapılmıştır. Sürekli değişkenlerin dağılımlarının değerlendirilmesinde Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır. Sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında normallik değerlendirilmesine göre bağımlı ve bağımsız örnek T testi veya Mann-Whitney U-testi kullanılmıştır. Sürekli değişkenlere ait veriler ortalaması±standart sapma şeklinde verilmiştir. Çalışma gruplarının değerlendirilmesinde kategorik değişkenler için Kikare testi kullanılmıştır. Kategorik değişkenler (cinsiyet ve MRG grupları) frekanslar ve yüzdeler şeklinde verilmiştir. p değeri 0.05'ten küçük olanlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Değerlendirmeler hazır istatistik yazılımı ile yapılmıştır. (IBM SPSS Statistics 19, SPSS inc., an IBM Co., Somers, NY)

### BULGULAR

Çalışmaya toplam 40 hasta dahil edildi. Hastaların 18 tanesi kadın, 22 tanesi erkekti. Çalışma grubu verileri tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışma grubu verileri

	Mean±SD
Cinsiyet K/E	18/22
Yaş	41.3±17.3
VKİ (kg/m <sup>2</sup> ):	23.4±2.8
HAD-A	6.5±3.8
HAD-D	6.0±3.9

VKİ: Vücut Kitle indeksi HAD-A: hastane anksiyete depresyon skalası- anksiyete altbirimi HAD-D: hastane anksiyete depresyon skalası- depresyon altbirimi

MR çekimi öncesi ve sonrasında BDS ile elde edilen denge verileri tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 2.** MRG Öncesi ve Sonrası Elde Edilen Denge Verilerinin Karşılaştırılması

	MR öncesi N:40	MR sonrası N:40	P değeri
<b>GSİ</b>	0,97±0,71	1,05±0,88	0,505
<b>APSi</b>	0,79±0,66	0,82±0,38	0,801
<b>MLSİ</b>	0,38±0,29	0,50±0,38	<b>0,003</b>
<b>DRİ</b>	2,42±1,52	2,92±1,81	<b>0,01</b>

GSİ: Genel Stabilite indeksi

APSi: Antero Posterior Stabilite indeksi

MLSİ: Medio Lateral Stabilite indeksi

DRİ: Düşme Riski indeksi

MRG çekimi öncesi ve MRG çekimi sonrası denge ölçüm değerleri karşılaştırıldığında MLSİ ve DRİ değerlerinde anlamlı bir artış bulundu ( $p<0,05$ ).GSİ ve APSİ değerleri arasında ise anlamlı bir fark elde edilmedi ( $p>0,05$ ).

## TARTIŞMA

Mevcut çalışma, 1.5 T manyetik alan gücüne maruz kalan hastalarda MRG çekimi sonrası postural dengede BDS ile tespit edilen stabilite indekslerinden MLSİ ve DRİ değerlerinde anlamlı artış olduğunu ortaya koymuştur. Bu artış, yaş, cinsiyet veya VKİ değerlerinden etkilenmemektedir. Literatürde MRG çekimi sonrası denge sisteminde meydana gelebilecek bozuklukların BDS ile değerlendirildiği ilk çalışma kanımıza göre mevcut çalışma olup bu sebeple literatür karşılaştırılması yapılamamıştır. Ancak literatürde çeşitli organ ve sistem patolojilerinde, vücut denge sisteminde meydana gelebilecek olası değişiklikler BDS ile test edilerek stabilite indekslerinde meydana gelen bozukluklar ortaya koyulmuştur. Bu çalışmaların bir kısmında tüm denge indekslerinde artış saptanmışken <sup>8</sup>, bazılarında sadece belli indeks değerlerinde değişiklik izlenmiştir. <sup>20-24</sup>.

Romatoid artritli hastalarda postural denge ve düşme riskinin değerlendirildiği bir çalışmada GSİ, MLSİ, APSİ ve DRİ değerlerinin tümünde artış saptanmıştır <sup>8</sup>.

Hemiplejili hastalarda konvansiyonel rehabilitasyon tedavisinin postural denge ve klinik üzerine etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada GSİ, MLSİ, ve APSİ değerlerinde anlamlı bir artış tespit edilmiştir <sup>20</sup>.

Benzer şekilde inmeli hastalar ve sağlıklı kontroller arasında vücut ağırlık merkezi pozisyonundaki değişiminin incelendiği çalışmalarda rehabilitasyon sonrası vücut ağırlık merkezinin anteroposterior yönde büyük değişimler sergilemediği, fakat mediolateral pozisyon değişiminde bozulma görüldüğü saptanmıştır <sup>21,22</sup>. Biz de çalışmamızda benzer şekilde MLSİ değerlerinde artış saptadık.

Kronik spastik hemiparetik hastalarda ayak-ayak bileği ortezinin dengeyi arttırdığı ve düşme riskini azalttığı gösterilmiş olup, bu çalışmada BDS ile yapılan stabilite indekslerinde (Genel, MLSİ, APSİ) anlamlı değişiklik saptamadıklarını, ancak DRİ testinde anlamlı sonuç bulduklarını bildirmişlerdir <sup>23</sup>. Ankilozan spondülitli hastalarda postural denge ve düşme riskinin değerlendirildiği bir çalışmada ise GSİ, MLSİ, APSİ değerlerinde anlamlı bir farklılık saptanmazken DRİ değerinde patolojik bir artış saptanmıştır <sup>24</sup>. Biz de bu iki çalışma ile benzer şekilde DRİ değerlerinde artış saptadık, ancak çalışmamızda bu çalışmalardan farklı olarak MLSİ değerlerinde de artış mevcuttu.

Literatürde, MRG cihazında oluşan statik manyetik alan ve zamanla değişen manyetik alan gradyantlerinin vertigo ve nistagmus üzerine etkilerini inceleyen çeşitli deneysel çalışmalar yer almaktadır <sup>12-15</sup>. Glover ve ark. Manyetik alan gradient farklılıklarına veya yüksek uzaysal manyetik

alan gradientlerine bağlı olarak vertigo gelişebileceğini ve oluşan bu vertigonun sebeplerini ortaya koymaya çalışan deneysel bir çalışma yapmışlardır<sup>12</sup>. Bu çalışmanın aksine son yıllarda yapılan çalışmalarda ise statik homojen manyetik alanın insanda oküler nistagmusa yol açan sabit denge sistemini stimüle ettiği ortaya koyulmuştur<sup>13-15</sup>.

Roberts ve ark. 3T ve 7T MR cihazında sadece statik manyetik alan uyguladıkları kişilerde bir deney düzeneği kurarak inceleme yapmışlardır. Bu düzende infrared kamara ile karanlıkta göz hareketlerini kaydederek, yüksek statik manyetik alanın beyin rotasyonel sensörlerini etkilediğini göstermişlerdir. Sundukları hesaplamalar ve geometrik modele göre; iç kulaktaki endolenfin doğal iyonik yapısı manyetik alan ile etkileşime girdiğinde, Lorentz etkisi denen bir etki ortaya çıkar ve Lorentz etkisi semisürküler kanaldaki kupulaya basınç uygulayarak nistagmus oluşumuna neden olur sonucuna ulaşmışlardır.<sup>13</sup>

Glover ve ark. 7 T MR cihazında benzer şekilde statik manyetik alan uygulanan hastalarda, karanlıkta infrared kameralar ile yaptıkları kayıtlarda, statik manyetik alanın nistagmusa neden olduğunu kanıtlamışlardır<sup>14</sup>.

Otero-Millan ve ark. benzer şekilde 7 T MR cihazında statik manyetik etkiye maruz kalan deneklerde 3 boyutlu göz hareketlerini kaydetmişler ve manyetik alana bağlı oluşan nistagmusun hem torsiyonel hem de vertikal komponenti olduğunu belirtmişlerdir<sup>15</sup>.

Tüm bu çalışmalar, güçlü statik manyetik alanın iç kulaktaki endolenfi uyarak Lorentz etkisine sebep olduğu hipotezini savunmaktadır ve Lorentz etkisi MR cihazlarında, meydana gelen vertigo benzeri semptomların temelini oluşturmaktadır<sup>13-15</sup>. Biz de çalışmamızda tüm bu deneysel çalışmalarda ifade edilen MRG çekimi ile ortaya çıkan denge bozukluğunu BDS denge indeks değerlerinde artış ile klinik olarak göstermiş olduk.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır. Birincisi; hasta sayısı göreceli olarak azdır. İkincisi; çalışmamızın kontrol grubu içermemesidir. Üçüncüsü; BDS ile yapılan ölçümler MRG çekimi esnasında yapılmaya fiziki olarak uygun olmadığından ölçümler çekim bittikten sonra gerçekleştirilmiştir. İleride, MRG çekimine bağlı oluşabilecek denge bozukluklarını tespit etmeye yönelik daha fazla hasta sayısı ve kontrol grubu içeren, ayrıca farklı denge ölçüm-yöntemlerinin de kullanıldığı daha geniş kapsamlı çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak; beyin MRG çekimi ile yüksek manyetik alana maruz kalan hastalarda postural stabilitenin kantitatif olarak değerlendirilmesinde mediolateral stabilite ve düşme riski indeksi parametrelerinde artış meydana gelmektedir. Yüksek manyetik alanın postural stabilite üzerine etkisini değerlendirmek üzere daha geniş sayıda hasta ve kontrol gruplarını içeren ileri çalışmaların yapılması faydalı olacaktır. Ayrıca beyin MRG çekimi öncesi özellikle yüksek riskli hastaları postural stabilitenin bozulabileceği yönünde uyarmanın faydalı olacağı kanaatindeyiz.

#### Kaynaklar

1. van Nierop LE, Slotje P, Kingma H, Kromhout H. MRI-related static magnetic stray fields and postural body sway: a double-blind randomized crossover study. *Magn Reson Med*. 2013;70:232-40.
2. Acri G, Inferrera P, Denaro L, Sansotta C, Ruello E, Anfuso C, et al. dB/dt Evaluation in MRI Sites: Is ICNIRP Threshold Limit (for Workers) Exceeded? *Int J Environ Res Public Health*. 2018;21:15(7). pii: E1298.
3. Heilmaier C, Theysohn JM, Maderwald S, Kraff O, Ladd ME, Ladd SC. A large-scale study on subjective perception of discomfort during 7 and 1.5 T MRI examinations. *Bioelectromagnetics*. 2011;32:610-9.
4. Korkmaz H, Akbulut M. Vasküler Stentli Hastalarda Manyetik Rezonans Görüntüleme Güvenliği. *Fırat Tıp Dergisi* 2010;15(4): 164-7

5. Levine GN, Gomes AS, Arai AE, Bluemke DA, Flamm SD, Kanal E, et al. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation* 2007; 116: 2878-91.
6. Magnetic resonance diagnostic device; panel recommendation and report on petitions for magnetic resonance reclassification and codification of reclassification-FDA. Final rule. *Fed Regist* 1989;54:5077-8.
7. Mian, O.S, Li, Y, Antunes A, Glover PM, Day, BL. On the vertigo due to static magnetic fields. *PLoS One* 2013;8:e78748.
8. İnanır A, Okan S, Filiz B. Evaluation of Postural Stability and Fall Risk in Patients with with Ankylosing Spondylitis. *Cukurova Med J* 2013;38:86-91.
9. Baldwin SL, Van Arnam TW, Ploutz-Snyder LL. Reliability of dynamic bilateral postural stability on the Biodex Stability System in older adults. *Med Sci Sport Exerc.* 2004;36:530.
10. Aydog ST, Aydog EC, Akci A, Doral MN. Reproducibility of postural stability score in blind athletes. *Isokinetic Exerc Sci.* 2004;12:229-32.
11. Hinman MR. Factors affecting reliability of the Biodex balance system:  
12. a summary of four studies. *J Sport Rehabil.* 2000;9(3):240-52.
13. Glover PM, Cavin I, Qian W, Bowtell R, Gowland PA. Magnetic-field-induced vertigo: a theoretical and experimental investigation. *Bioelectromagnetics.* 2007;28:349-61
14. Roberts DC, Marcelli V, Gillen JS, Carey JP, Della Santina CC, Zee DS MRI magnetic field stimulates rotational sensors of the brain. *Curr Biol.* 2011;21:1635-40
15. Glover PM, Li Y, Antunes A, Mian OS, Day BL. A dynamic model of the eye nystagmus response to high magnetic fields. *Phys Med Biol.* 2014;59:631-45.
16. Otero-Millan J, Zee DS, Schubert M, Roberts DC, Ward BK. Three-dimensional eye movement recordings during magnetic vestibular stimulation. *J Neurol.* 2017;264(Suppl 1):7-12.
17. Zigmund AS, Snaith RP. The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatr Scand.* 1983;67:361-370.
18. Aydemir Ö, Güvenir T, Küey L. Validity and realibility of Turkish version of Hospital Anxiety and Depression Scale. *Turkish Journal of Psychiatry.* 1997;8:280-7.
19. 18. Cachupe JCW, Shifflet B, Kahanov L, Wughalter EH. Reliability of biodex balance system measures. *Meas Phys Edu Exerc Sci.*2001;5:97-108
20. Aydog E, Bal A, Aydog ST, Cakci A. Evaluation of dynamic postural balance using the biodex stability system in rheumatoid arthritis patients. *Clin. Rheumatol.*2006;25:462-7.
21. İnanır A, Okan S, Filiz B, Kuyucu E. Hemiplejili hastalarda konvansiyonel rehabilitasyon tedavisinin postüröl denge ve klinik üzerine etkinliği. *Cukurova Medical Journal.* 2013;38:446-55.
22. Rode G, Tiliket C, Boisson D. Predominance of postural imbalance in left hemiparetic patients. *Scand J Rehab Med.* 1997;29:1-6
23. Wu SH, Huang HT, Lin CF, Chen MH. Effects of a program on symmetrical posture in patients with hemiplegia: a single-subject design. *Am J Occup Ther.* 1996;50:17-23
24. Cakar E, Durmus O, Tekin L, Dincer U, Kiralp MZ. The ankle-foot orthosis improves balance and reduces fall risk of chronic spastic hemiparetic patients. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46:363-8.
25. İnanır A, Okan S, Filiz B, Kuyucu E. Evaluation of Postural Stability and Fall Risk in Patients with Ankylosing Spondylitis *Cukurova Medical Journal.* 2013;38:86-91.

---

Çalışmamız için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06.01.2016 tarihli ve 15-KAEK-201 kayıt numaralı etik kurul onayı alınmıştır.

---