

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMENİN VÜCUT  
ISISINA ETKİSİ

THE EFFECT OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING  
ON BODY TEMPERATURE

Dr. Özgür TOSUN,  
Dr. Karabekir ERCAN,  
Dr. Mustafa KARAOĞLANOĞLU

Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Radyoloji Kliniği  
ANKARA

Yazışma Adresi / Correspondence:  
Dr. Özgür TOSUN,  
Mustafa Kemal Mah.  
Barış Sitesi 2091. Sok  
No:11 Bilkent ANKARA  
Tel: 05054383290,  
e-posta: ztosun@yahoo.com

**ÖZET:** Manyetik rezonans (MR) inceleme esnasında hastalar statik, gradyan ve radyofrekans (RF) elektromanyetik alanlara maruz kalırlar. Radyofrekans enerjisinin absorpsiyonunun doku ısısı artışlarına neden olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada 1.5 T MR görüntüleme esnasında vücut ısısında oluşabilecek değişikliklerin saptanması amaçlanmıştır. Çalışmaya 21 ile 62 yaşları arasında (ortalama yaş  $39\pm 11.6$  yıl) 34 kadın, 30 erkek toplam 64 hasta alınmıştır. Hastanın koltuk altı ısıları dijital termometre kullanılarak çekim öncesi ve sonrasında ölçülmüştür.

Hastaların çekim öncesi koltuk altı ısıları ortalama  $36.0\pm 0.5$  ( $34.8-37.1$ ) 0C iken, çekim sonrası ölçülen koltuk altı ısıları ortalama  $36.4\pm 0.5$  ( $35.4-37.3$ ) 0C olarak bulunmuştur. Ortalama vücut ısısı artışı;  $0.4 \pm 0.3$  ( $0.0-1.4$ ) 0C ve ortalama vücut ısısı artışı yüzdesi  $1.1\pm 0.8$  ( $0.0-3.8$ ) olarak saptanmıştır. Vücut ısılarında saptanan bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ( $p<0.001$ ).

Sonuçlarımız özellikle termoregulasyonun etkilendiği düşünülen hastalarda MR görüntülemeleri sırasında dikkatli olmak gerektiğini düşündürmektedir. Yüksek alan gücüne sahip MR görüntüleme yöntemlerinin termofizyolojik etkilerini inceleyen ileri çalışmaların yürütülmesi gerektiği kanaatindeyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Manyetik Rezonans Görüntüleme, radyofrekans enerjisi, vücut ısısı

**ABSTRACT:** Patients are exposed to static, gradient and radiofrequency (RF) electromagnetic fields during magnetic resonance (MR) imaging. RF energy is believed to lead increases in tissue temperatures.

This study aimed to determine the alterations in body temperature during 1.5 T MR imagings. A total of 64 patients of whom 34 were females and 30 were males aged between 21-62 (mean age  $39\pm 11.6$  years) were included in the study. Armpit temperatures were measured by using a digital thermometer before and after imagings.

Mean armpit temperatures of the patients before imaging was  $36.0\pm 0.5$  ( $34.8-37.1$ ) 0C, while it was found as  $36.4\pm 0.5$  ( $35.4-37.3$ ) 0C after imaging. Mean body temperature rise was  $0.4 \pm 0.3$  ( $0.0-1.4$ ) 0C and mean body temperature rise percent was  $1.1\pm 0.8\%$  ( $0.0-3.8$ ). The detected rise in body temperature was statistically significant ( $p<0.001$ ).

Our results suggest that it is necessary to be careful during MR imaging especially in patients in whom thermoregulation is believed to be affected. We assume that further studies evaluating thermophysiological effects of higher magnetic field MR imaging procedures should be conducted

**Key words:** Magnetic resonance imaging, radiofrequency energy, body temperature

Turkish Medical Journal 2010;4(2):61-64

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmaya Ankara Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi MR Ünitesine başvuran 21 ile 62 yaşları arasında (ortalama yaş  $39 \pm 11.6$  yıl) 34 kadın, 30 erkek toplam 64 hasta dahil edildi. Çalışma için lokal etik kurul onayı alındı. Çalışma öncesi hastalar bilgilendirildi ve imzalı onam formu alındı. Bütün hastalar kalp pilleri veya anevrizma klipsleri gibi MR uyumsuz materyalleri olmadığına emin olunduktan sonra incelemeye alındılar. Çekimler esnasında magnet odasının ısı  $20 \pm 1$  °C arasında tutuldu. Bütün hastaların çekim esnasında aynı tip hastane önlüğü giymeleri sağlandı. Hastaların vücut ısıları dijital termometre ile ölçüldü. Ölçüm için; termometre, koltuk altında 1 dakika tutuldu. Hastanın koltuk altı ısı magnet odasının dışında ölçüldükten sonra hastalar hemen çekime alındılar. Çekim bittikten hemen sonra ise magnet odası dışına alınarak koltuk altı vücut ısıları tekrar ölçüldü. Ölçümler hastalar oturur vaziyette iken yapıldı. Çalışmada; MR görüntüleme için 64 MHz'de çalışan 1.5 T (İntera, Philips Medical Sistemleri, Hollanda) süper iletken magnet kullanıldı. İnceleme süreleri 3 dk ile 44 dk arasında değişmekteydi. İncelemeler için 4 farklı koil kullanıldı. MR görüntülemenin yapıldığı bölgeler Tablo 1'de verilmiştir. İstatistiksel değerlendirme SPSS Windows 11.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak yapıldı. MR görüntülemeye girmeden

Tablo 1. Hastalarda görüntülemenin yapıldığı bölgeler

Görüntüleme Bölgesi	Hasta Sayısı
Beyin	24
Lomber vertebra	14
Servikal vertebra	7
Koksiks	1
Diz	3
Ayak bileği	1
Ekstremité	1
Omuz	2
Temporomandibuler eklem	1
Orbita	2
Üst abdomen	1
Sürrrenal	1
Hipofiz	1
Beyin MR anjiyografi	1
Mediasten	1
Beyin+lomber vertebra	2
Lomber+servikal vertebra	1
TOPLAM	64

önce ve girdikten sonra alınan ölçümler, "eşleştirilmiş örneklerde t-testi" ile karşılaştırıldı.

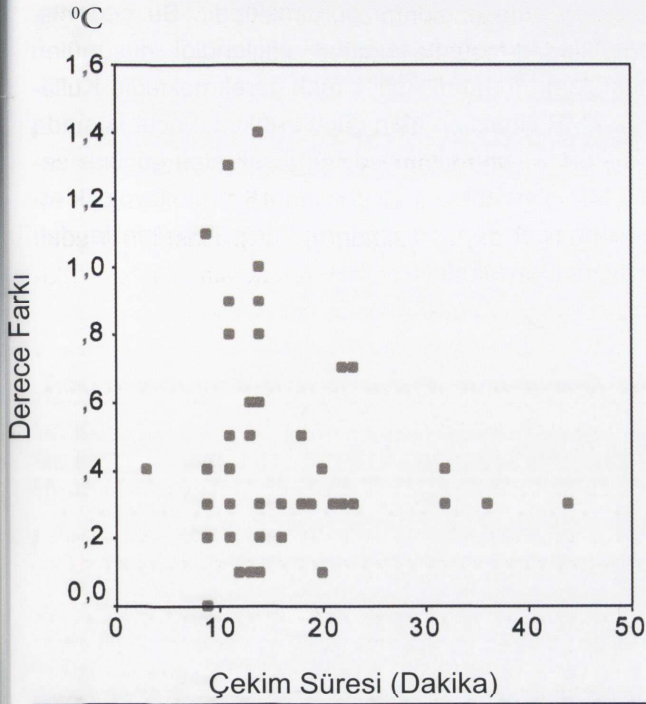
## BULGULAR

İncelemeye toplam 64 hasta alındı. Hastaların ortalama çekimde kalma süreleri  $15.1 \pm 6.8$  dakika idi (minimum 3 dk, maksimum 44 dk). Hastaların çekime girmeden önce ölçülen koltuk altı ısıları ortalama  $36.0 \pm 0.5$  ( $34.8-37.1$ ) °C, çekimden sonra ölçülen koltuk altı ısıları ortalama  $36.4 \pm 0.5$  ( $35.4-37.3$ ) °C idi (Şekil 1). Çekim öncesi veya sonrası hiçbir hastada yüksek ateş izlenmedi. Hastaların ortalama vücut ısı artışı;  $0.4 \pm 0.3$  ( $0.0-1.4$ ) °C ve ortalama vücut ısı artışı yüzdesi  $\%1.1 \pm 0.8$  ( $0.0-3.8$ ) olarak bulundu. Vücut ısılarında saptanan bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ( $p < 0.001$ ). Farklı tetkikler ayrı ayrı değerlendirildiğinde beyin, lomber vertebra ve servikal vertebra çekimlerine giren hastaların koltuk altı ısılarında anlamlı artış olduğu görüldü ( $p < 0.001$ ). Diğer tetkiklerde ısı artışları istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşamadı. Hastaların çekim odalarında geçirdikleri çekim sürelerinin vücut ısı artışı ile ilişkisi olmadığı görüldü ( $p = 0.457$ ). Şekil 1'de çekim süresi ile vücut ısı değişimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.

## TARTIŞMA

MR görüntüleme ve spektroskopisi esnasında iletilen RF enerjisinin çoğunluğu, rezistif kayıplar neticesinde hastanın dokusunda ısı enerjisine çevrilir.<sup>3-4</sup> RF yayılmasına maruz kalmak ile ilişkili esas biyolojik etkiler, elektromanyetik alanın termojenik etkileri ile bağlantılıdır.<sup>3-14</sup> MR işleminin ısı ile ilişkili olan termofizyolojik yanıtları birçok fiziksel, fizyolojik ve çevresel faktörlere bağlıdır. Bu faktörler maruziyet süresi, depo edilen enerjinin oranı, hastanın termoregülatuar sisteminin durumu ve MR sisteminin içerisindeki çevresel faktörlerdir.

Termoregülatuar sistemi inceleyecek olursak, termal bir olay ile karşı karşıya kalındığında, insan vücudu ısıyı konveksiyon, iletim, radyasyon ve buharlaşma yolu ile kaybeder. Bu mekanizmaların her biri, vücudun normal ısı dengesini sürdürmesi için ısının dağılmasından değişik derecelerde sorumludur.<sup>3,4,14,15</sup> Eğer termoregülatuar sistem ısıyı dağıtmak için yeterli olmazsa ısı birikmeye başlayacaktır. Bu da lokal yada tüm doku ısısının yükselmesine neden olacaktır.<sup>3,13,14</sup> MR sistemi içinde ve yakınındaki çevresel



Şekil 1. Çekim süreleri ile vücut ısısı değişiklikleri arasındaki ilişki

faktörler; RF ile tetiklenen doku ısındaki değişiklikleri etkileyecektir. Bu faktörler magnet odasının ısısı, nemi ve hava akımıdır.<sup>1</sup>

MR uygulaması esnasında RF radyasyon ile indüklenen termal cevaba yönelik insanlarla ilişkili ilk çalışmalar Schafer ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Isı değişiklikleri ve fizyolojik parametreler rölatif olarak yüksek, tüm vücutta olan ortalama sinyal absorpsiyon oranı (SAR) gönüllü olgularda çalışılmıştır. RF radyasyona uğrayan bu grupta aşırı ısı yükselmesi veya diğer rahatsız edici fizyolojik durumların gözlenmediğini belirtmişlerdir.<sup>16</sup> Fantomda ve in vivo olarak RF enerjisi kaynaklı ısı değişimlerinin incelendiği bir diğer çalışmada da, ölçülebilir in vivo ısı değişiklikleri olduğu bildirilmiştir.<sup>17</sup> Yapılan diğer çalışmalarda ise vücut ısısındaki artışın oldukça düşük olduğu (ortalama 0.6 °C) ve bu artış değerinin herhangi önemli bir patofizyolojik sonuca neden olmadığı belirtilmiştir.<sup>5-12</sup> Bizim çalışmamızda da benzer şekilde hastalarımızın vücut ısısının ortalama 0.4°C (±1°C) yükseldiği görülmüştür ve bu ısı artışlarının herhangi rahatsız edici bir duruma yol açmamıştır. Bununla birlikte, çalışmaya alınan hastalarımızın hiçbirinde çekim öncesi veya sonrasında yüksek ateş bulunmamaktaydı. Çekim öncesi yüksek ateşi olan hastaların belirlenmesi ve

takibi, patofizyolojik sonuçların saptanabilmesi ve önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Günümüzde kullanılan birçok MR sistemi 0,2 ile 3 Tesla arasında çalışmaktadır. Şu an hali hazırda dünyada birkaç tane 8T, 7T, 4T ve 200'den fazla 3T statik manyetik alan gücünde çalışan MR sistemleri bulunmaktadır. Dünyada, insanda çekim yapılan en güçlü sistem 9.4 teslada çalışmaktadır.<sup>16,18</sup> Deneysel çalışmalarda kullanılan bazı cihazların alan gücü ise 16 T'ya ulaşmıştır. Amerikan Gıda ve İlaç Uygulamaları (FDA) merkezinin son kılavuzuna göre 8 teslaya kadar olan MR sistemlerinin yetişkin hastalar için önemsiz riskleri olduğu düşünülmüştür. Daha yüksek teslalı cihazlar ile MR çekimi yapılacak hastalar için araştırma protokolünün Eğitim Planlama Kurulu tarafından onaylanması ve hastadan bilgilendirilmiş olur formunun alınması gerektiği vurgulanmıştır. Çok yüksek alan gücüne sahip bu sistemler 1.5T MR sistemlerine göre çok daha fazla RF enerjisinin depolanmasına neden olacaktır. Örneğin alan gücünün ikiye katlanması (ör. 1,5T ile 3T), aynı puls sekansında 4 kat daha fazla RF enerjisinin depolanmasına neden olacaktır.<sup>1</sup> Sedasyon altında beyin MR görüntülemesi yapılan çocuklarda vücut ısısı değişikliklerini değerlendiren bir çalışmada 1.5 T MR ile ortalama 0.2 derecelik, 3 T MR ile 0.5 derecelik ısı artışları olduğu saptanmıştır.<sup>19</sup> Daha yüksek alan gücüne sahip cihazlarla oluşabilecek termojenik yanıtı belirleyebilecek bir çalışma şu an için elimizde bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu tür güçlü MR cihazlarını kullanmakla ilişkili oluşabilecek termojenik zararları belirleyebilmek için daha fazla araştırma gerekmektedir.

Kardiovasküler hastalıklar, hipertansiyon, diyabet, ileri yaş ve obezite gibi rahatsızlıklar, termoregülatuar sistemi etkileyerek bireyin alınan ısı ile baş etme yeteneğini değiştirebilir. Bunun yanı sıra diüretikler, β-blokörler, kalsiyum kanal blokörleri, amfetaminler, kas gevşeticiler ve sedatifler gibi ilaçlar ısı yüklenmesine karşı olan termoregülatuar yanıtı büyük ölçüde etkileyecektir. Eğer ısınma nedeni özellikle RF yayılma ile karşı karşıya kalma ise, belli ilaçlar doku ısınması yönünden sinerjistik etki yapabilir.<sup>20,21</sup> Sedasyon altında MR görüntülemesine alınan çocuklarda da hipertermi veya hipotermi riski mevcuttur.<sup>19</sup> Çalışmamızda tespit edilen vücut ısısındaki 0.4 °C'lik ortalama artış çalışma grubumuzda herhangi bir rahatsızlığa yol açmamıştır,

ancak kardiovasküler hastalıklar, hipertansiyon, diyabet, ileri yaş ve obezite gibi rahatsızlıkları olan bireyler, yüksek ateşle seyreden hastalıkları olanlar, çocuk hastalar ve yukarıda belirtilen ilaçları kullanan hastaların MR incelemeye girmeden önce belirlenmesi ve yakından takip edilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, MR görüntüleme sonrasında vücut

ısısında artışlar olduğu görülmektedir. Bu nedenle, özellikle termoregulasyonun etkilendiği düşünülen hastalarda daha dikkatli olmak gerekmektedir. Kullanılan MR cihazının alan gücü arttıkça, vücut ısısında artış daha fazla olmaktadır. Yüksek alan gücüne sahip MR görüntüleme yöntemlerinin termofizyolojik etkilerini inceleyen çalışmaların yürütülmesinin faydalı olacağı kanaatindeyiz.

## KAYNAKLAR

1. Shellock FG, Crues JV. MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. *Radiology* 2004;232:635-652
2. Shellock FG, Crues FV. Temperature changes Caused by MR imaging of the brain with a head coil. *AJNR* 1988;9: 287-29
3. Schaefer DJ. Safety aspects of radiofrequency power deposition in magnetic resonance. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1998; 6:775-789
4. Shellock FG. Radiofrequency energy-induced heating during MR procedures: a review. *J Magn Reson Imaging* 2000; 12:30-36
5. Morvan D, Leroy-Willig A, Jehenson P, Cuenod CA, Syrota A. Temperature changes induced in human muscle by radiofrequency H-1 coupling: measurement with an MR imaging diffusion technique. *Radiology* 1992; 185:871- 874
6. Shellock FG, Crues JV. Temperature, heart rate, and blood pressure changes associated with clinical MR imaging at 1.5 T. *Radiology* 1987; 163:259-262
7. Shellock FG, Crues JV. Temperature changes caused by clinical MR imaging of the brain at 1.5 tesla using a head coil. *AJNR Am J Neuroradiol* 1988; 9:287- 291
8. Shellock FG, Rothman B, Sarti D. Heating of the scrotum by high-field-strength MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1990; 154:1229-1232
9. Shellock FG, Schatz CJ. Increases in corneal temperature caused by MR imaging of the eye with a dedicated local coil. *Radiology* 1992;185:697-699
10. Shellock FG, Schaefer DJ, Crues JV. Alterations in body and skin temperatures caused by MR imaging: is the recommended exposure for radiofrequency radiation too conservative? *Br J Radiol* 1989;62:904-909
11. Kangarlu A, Shellock FG, Chakeres D. 8.0-tesla MR system: temperature changes associated with radiofrequency-induced heating of a head phantom. *J Magn Reson Imaging* 2003;17:220-226
12. Shellock FG, Schaefer DJ, Kanal E. Physiologic responses to MR imaging performed at an SAR level of 6.0 W/kg. *Radiology* 1994;192:865-868
13. Schaefer DJ. Health effects and safety of radiofrequency power deposition associated with magnetic resonance procedures. In: Shellock FG, eds. *Magnetic resonance procedures: health effects and safety*. Boca Raton, Fla: CRC, 2001; 55-74
14. Shellock FG, Schaefer DJ. Radiofrequency energy-induced heating during magnetic resonance procedures: laboratory and clinical experiences. In: Shellock FG, eds. *Magnetic resonance procedures: health effects and safety*. Boca Raton, Fla: CRC; 2001. p.75-96
15. Gordon CJ. Normalizing the thermal effects of radiofrequency radiation: body mass versus total body surface area. *Bioelectromagnetics* 1987;8:111-118
16. Schaefer DJ, Barber BJ, Gordon CJ. Thermal effects of magnetic resonance imaging (abstr) In: *Book of abstracts: Society of Magnetic Resonance in Medicine* 1985. Berkeley, Calif: Society of Magnetic Resonance in Medicine;1985. p.925
17. Oh S, Webb AG, Neuberger T, Park B, Collins CM. Experimental and numerical assessment of MRI-induced temperature change and SAR distributions in phantoms and in vivo. *Magn Reson Med* 2010;63:218-23
18. Atkinson IC, Renteria L, Burd H, Pliskin NH, Thulborn KR. Safety of human MRI at static fields above the FDA 8-T guideline: sodium imaging at 9.4 T does not affect vital signs or cognitive ability. *J Magn Reson Imaging* 2007;26:1222-7
19. Machata AM, Willschke H, Kabon B, Prayer D, Marhofer P. Effect of brain magnetic resonance imaging on body core temperature in sedated infants and children. *Br J Anaesth* 2009;102:385-9
20. Rowell LB. Cardiovascular aspects of human thermoregulation. *Circ Res* 1983; 52:367-379
21. Drinkwater BL, Horvath SM. Heat tolerance and aging. *Med Sci Sports* 1979;11:44-55