

Düşük dozlu elektromanyetik radyasyonun beyindeki termal etkileri

Thermal effects of low level electromagnetic radiation on brain

Ismail Meral¹, MD, Huriye Şenay Kızıltan², Ali Hikmet Eriş², Özgür Taşpınar³, Alpaslan Mayadağlı², Ertuğrul Tekçe², Teoman Aydın³, Önder Hüseyin Baş⁴, Hakan Seyithanoğlu⁵

1Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı

2Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı,

3Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı,

4Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Hayvan Araştırmaları Merkezi,

5Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı.

ABSTRACT

BACKGROUND: We aimed to evaluate the Low-Level Electromagnetic Radiation (LLER) effects generated by waves emitted by mobile phones, thermal camera images on brain.

METHODS: This study was conducted in Bezmialem Vakıf University Medical Faculty Animal Research Center on 10 rats in 2012. Rat thermal camera images were taken before and after LLER. The control group consisted thermal images taken before LLER administration. Thermal images were taken before the procedure and every 5 minutes during the application of 45 minutes. Ordinal paired variables, Wilcoxon test for groups before and after treatment were compared.

RESULTS: When the thermal image results were examined, the hottest region of the hairy deep was localized to the nose and the median was 93⁰F before application. The coolest region of the rat head was the brain localization (Median 88⁰F). When the results are examined, it is shown that the temperature increases by 5, 4 and 0⁰F in these regions median when the data is compared before the process. Ten rats, according to Wilcoxon analysis results, there was a statistically significant difference in brain localization between pretreatment and posttreatment values of rats ($p = 0.004$).

DISCUSSION: When the results were examined, it was observed that the temperature of brain regions of rats increased by 5⁰F after treatment compared to the pretreatment level. According to Wilcoxon

analysis results, rat brain and head temperature increased statistically significantly before and after administration.

CONCLUSION: It has been shown that harmful effects may occur in the brain even with a single and long mobile phone interview.

KEYWORDS: mobile phone brain, electromagnetic radiation, low-dose radiation damage

Corresponding author: Huriye Şenay Kızıltan. Bezmialem Vakıf University, Faculty of Medicine, Department of Radiation Oncology

e-mail: hskiziltan@gmail.com

Conflict of Interest: There is no Conflict of Interest in this study

Ethical Approval: The ethical approval was taken from Bezmialem Vakıf University, Faculty of Medicine, Department of Animal Research Center

Funding: It is taken from BAP Project Unit of Bezmialem Vakıf University

ÖZET

AMAÇ: Cep telefonlarının yaymış olduğu dalgalarla oluşan düşük seviyeli elektromanyetik radyasyon (LLER) etkileri, termal kamera görüntüleri ile incelemektir.

YÖNTEMLER: Bu çalışma 2012 yılında 10 sıçan üzerinde Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Sıçanların termal kamera

görüntüleri LLER'den önce ve sonra alındı. Kontrol grubu, LLER uygulamasından önce alınan termal görüntülerden oluşmaktadır. Termal görüntüler prosedürden önce ve 45 dakika boyunca uygulama sırasında her 5 dakikada bir çekim yapılarak alındı.

Sıralı eşleştirilmiş değişkenler (Ordinal paired variables), termal görüntüler için Wilcoxon testi ve uygulama öncesi ve sonrası gruplar şeklinde karşılaştırıldı.

BULGULAR: Yapılan bu çalışmada termal görüntü sonuçları incelendiğinde, saçlı derinin en sıcak bölgesi burun lokalizasyonuydu ve uygulamadan önce ölçüm medyan 93⁰F idi. Sıçan kafasının en serin bölgesi ise beyin lokalizasyonuydu (Median 88⁰F). Sonuçlar incelendiğinde, sıcaklığın işlem öncesine göre kıyaslandığında median olarak bu bölgelerde sırası ile 5, 4 ve 0⁰F değerlerinde arttığı gösterilmiştir. Analiz edilen 10 sıçanda, Wilcoxon analiz sonuçlarına göre, sıçanların uygulama öncesi ve sonrası değerleri arasında beyin lokalizasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p = 0.004$).

TARTIŞMA: Sonuçlar incelendiğinde, sıçanların beyin bölgelerinde işlem öncesi seviyesine göre işlemden sonra sıcaklığın 5⁰ F arttığı görülmüştür. 10 sıçanda, Wilcoxon analiz sonuçlarına göre, uygulama öncesi ve sonrası değerlere göre sıçan beyin ve başı sıcaklığı istatistiksel olarak anlamlı olarak artmıştır.

SONUÇ: Tek ve uzun bir cep telefonu görüşmesi ile dahi zararlı etkiler oluşabileceği gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: cep telefonu beyin, elektromagnetik radyasyon, düşük dozlu radyasyon zararları

GİRİŞ

Cep telefonlarının yaymış olduğu dalgalarla oluşan düşük seviyeli elektromanyetik radyasyon (LLER), vücut ve beyin için istenmeyen etkilere neden olabilir. Çalışmamızın amacı işlem öncesi ve sonrası termal kamera görüntülerini inceleyerek cep telefonlarının beyin üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

Diğer çalışmalar genel olarak cep telefonu kullanımının uzun vadeli etkilerini araştırırken; Bizim çalışmamızda cep telefonlarının yaydığı LLER 45 dakikalık tek uygulamada kullanıldı ve incelendi.

Bu konuda bizzat LLER ile yapılmış çok az sayıda çalışma vardır. Bazı çalışmalarda, farklı radyasyon türlerinin beyne zararlı etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. Bunlardan birinde yüksek lazer

enerjisinin beyin kortikal doku ısınmasına neden olabildiği ve inme, yaralanmaları şiddetlendirebildiği gösterilmiştir (1).

Manyetik Rezonans Imaging (MRI) uygulamalarını çok uzun süre tekrar tekrar uygulamak neticesinde beyaz maddede beyin hasarına neden olabildiği gösterilmiştir (2). Hayvanlarda düşük dozlu radyasyonun işitme üzerine etkileri incelenmiştir. Hayvanlarda, beyindeki en yüksek absorbe edilen enerji yoğunluğu 28 kJ/kg'ı aşana kadar işitmeye etkisine bağlı bir reaksiyon göstermediği bildirilmiştir (3).

Beyindeki Sıcaklık değişimlerini göstermek için farklı yöntemler geliştirilmiştir:

Deri sıcaklığını izlemek için kızılötesi termografi kullanıldığı bilinmektedir (4).

Mikrodalga ışıması (MWR) sonrasında sıçanların ve farelerin beyindeki mikrodalga ısı enerjisi emilimine bağlı etkileri göstermek için bir tür termo görüntüleyici kullanılmıştır. Bir çalışmada sıcaklık bilgisi ile oluşmuş termal görüntüler birlikte analiz edilmiştir (5).

Lazer Doppler (LD) akış ölçeri ve bir kızılötesi termometre kullanılarak sempatik vazokonstriksiyon ve antidromik vazodilasyon değişiklikleri gösterilmeye çalışılmıştır. Kızılötesi radyasyonun ölçülmesi, bilgisayarlı bir kızılötesi görüntüleme sistemi ile gerçekleştirilmiş ve serebral kortekstin işlevsel olarak haritalanması bu şekilde mümkün olmuştur (6, 7).

Normotermi olarak bilinen normal insan vücut ısısıdır. Vücudun farklı kısımları farklı sıcaklıklara sahiptir. Rektal ve vajinal ölçümler gibi vücut boşluğu içinde doğrudan alınan ölçümlerde bu bölgelerin biraz daha yüksek cilt sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür. Dahili olarak alınan ortalama vücut sıcaklığı, sağlıklı kişilerde 37.0 ° C'dir (98.6 ° F) (8).

Sağlıklı bir kişinin vücut ısısı, gün boyunca yaklaşık 0,5°C (0,9°F) kadar değişir. İnsanlar sabahları daha düşük sıcaklıklarda ve öğleden sonra ve akşam saatlerinde daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Normal vücut ısısı, günden güne kadar 0,5°C (0,9°F) kadar değişebilir ve bu değişim 36,5–37,5°C (97,7–99,5°F) olarak ifade edilir (9).

Timpanik ölçümler rektal ve vücut ölçümlerine göre daha yüksektir (10). Deri, vücut sıcaklığını artırmak veya azaltmada çok önemli bir fonksiyon görür (10). Heyecan verici olaylar ve egzersiz nörolojik ve hormonal olarak yaptıkları etkilerle vücut ısısını artırır. Cep telefonları da benzer şekilde insan vücudunda hormonları ve

kimyasalları ciddi biçimde etkilemiştir (11). LLER sinir sistemini etkiler, sperm sayısını azaltır, DNA fragmantasyonunu ve beyin tümörlerinin oluşumuna sebep olabilir (12-20). Bu etkilerin çoğu hormonal profillerin değişmesine bağlıdır.

Biz çalışmamızda cep telefonlarının neden olduğu vücut ısısı artışlarını göstermek için cilt sıcaklığını ölçen termografik görüntüleme yöntemini kullandık.

YÖNTEMLER

Bu çalışma 2012 yılında 10 sıçan üzerinde Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan Bilimsel Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, 4 aylık 10 erkek Wistar albino sıçan kullanıldı, ağırlıkları 250 ile 300 gr arasındaydı. Uygulamadan önce sıçanlar üç ve dörderli olarak gruplandırıldı. Anestezik olarak intraperitoneal ketamin (35mg/kg) ve xylazin (5mg/kg) uygulandı. Anestezi süresi 120 dakika idi. Sıçanların termal kamera görüntüleri LLER'den önce ve sonra alındı. Kontrol grubu, LLER uygulamasından önce alınan termal görüntülerden oluşmaktadır. Görüntü alma prosedürü tamamlandıktan sonra, sıçanlar önceden hazırlanmış pleksiglas düz bir zemin üzerinde özel yerlerine yerleştirildi.

Termal görüntülerin oluşturulması: Termal sıçan kafa görüntülerini oluşturmak için Fluke Ti32 termografik kamera kullanıldı. Termal görüntüler prosedürden önce ve 45 dakika boyunca uygulama sırasında her 5 dakikada bir çekim yapılarak alındı. Sıçan skalp termografik görüntüleri oluşturulduktan sonra sıçan skalpi, üç bölge olarak değerlendirildi.

Cep telefonları tarafından yayılan frekans sabit olmadığı için, sabit bir eşdeğer frekans yayıcı cihaz kullanıldı. İ

İşaret Jeneratörü: R & S SMBV100A, Verici anten: Agilent 11965A, Alan ölçümü: Spectran HF-6080. Hayvanlara, 900MHz'de 100 kHz FM modülasyonu ile baş bölgesinde kuvvetli bir elektromanyetik alan 15.14 V / m (608mW / m²) olarak belirlendi.

Cihaz ile frekans ölçümleri; yan yana konumlandırılmış sıçanlarla yapıldı. Beyin tarafından alınan LLER dozlarının, bir veya dördü gruplara sıçanlar koyularak eşdeğer olduğu hesaplandı. 10 sıçan, üç ve dört kişilik gruplar halinde yan yana gruplandırıldı. Cihazın ideal pozisyonu hesaplandıktan sonra elektromanyetik LLER enerjisi, bir cep telefonunun kafa bölgesine 0.5-1 cm'lik bir mesafeden ilettiği enerjiyle eşit

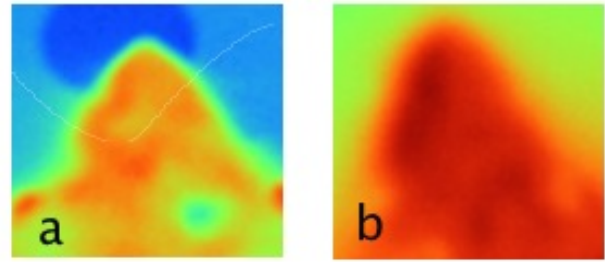
olacak şekilde bir mesafeden 45 dakika süreyle uygulandı.

Sayısal değişkenler ortalamalar (standart sapmalarla) ve nominal değişkenler (oranlarda) olarak bildirildi. Ratlar uygulama gruplarından önce ve sonra değerlendirildi. Sıralı eşleştirilmiş değişkenler (Ordinal paired variables), Wilcoxon testi ve uygulama öncesi ve sonrası gruplar şeklinde karşılaştırıldı. P değeri ≤ 0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Çalışma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan Etik Kurulu tarafından onaylandı.

SONUÇLAR

Termal görüntü sonuçları incelendiğinde, kafanın en sıcak bölgesi burun lokalizasyonuydu ve uygulamadan önce ölçüm medyan 93⁰F'dir (Tablo 1, Şekil 1). Sıçan kafasının en serin bölgesi ise beyin lokalizasyonuydu (Tablo 1) (Median 88⁰ F) (Şekil 1). 20. Dakikada beyin sıcaklığı ortalama 85⁰F, ve 45.dakikada 93⁰F olarak belirlendi (Tablo 1). Uygulama sonrası dönemde kafa derisi ve nazal bölge sıcaklığı 45. Dakikada median 94⁰F ve 93⁰F değerinde bulundu.



Şekil 1: Sıçan baş, beyin ve burun bölgelerinde termografik görüntüler a: 0. Dakika b: 45.dakika

Tablo 1: Sıçan baş, beyin ve burun bölgelerinde sıcaklık ölçümleri

Gruplar	Sıçan beyni Sıcaklık Medyan (⁰ F)	Sıçan baş Medyan (⁰ F)	Sıçan burun Medyan (⁰ F)
UÖ	88 (87-89)	90 (81-96)	93 (93-94)
US			
5. (d)	88 (87-89)	90(87-95)	94 (94-95)
20. (d)	85 (85-86)	91(85-92)	93 (92-93)
45. (d)	93 (91-94)	94(93-95)	93 (93-94)

UÖ: Uygulama öncesi US: Uygulama sonrası

Sonuçlar incelendiğinde, sıcaklığın işlem öncesine göre kıyaslandığında median olarak bu bölgelerde sırası ile 5⁰F, 4⁰F ve 0⁰F değerlerinde arttığı gösterilmiştir. 10 sıçanda, Wilcoxon analiz sonuçlarına göre, sıçanların uygulama öncesi ve sonrası değerleri arasında beyin lokalizasyonu ve ısı değişiklikleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p = 0.004).

TARTIŞMA

Termal görüntü sonuçları analiz edildiğinde, baş bölgesindeki ısı olarak en sabit bölgenin burun bölgesi olduğu görüldü. Tersine, baş bölgesinin ısı olarak tesbit edilmiş en değişken bölgesi ise beyin lokalizasyonuydu. Elde edilen termal kamera ile ilgili sonuçlar değerlendirilip incelendiğinde, sıçanların beyin bölgelerinde işlem öncesi seviyesine göre işlemden sonra sıcaklığın 5°F arttığı görülmüştür. 10 sıçanda, Wilcoxon analiz sonuçlarına göre, uygulama öncesi ve sonrası değerlere göre sıçan beyin ve başı sıcaklığı istatistiksel olarak anlamlı olarak artmıştır.

Radyofrekans radyasyonlarının insan vücudunda potansiyel karsinogen etkileri olabileceği konusunda yaygın bir endişe vardır (21). Literatürde LLER'nin etkilerini inceleyen 8 ayrı çalışmada zararlı etkiler gösterilmiştir (22). Tek bir 915-MHz darbeleri manyetik Yeterli yoğunluktaki alan, 4×10^5 W / kg enerjisi kadar yüksek bir güç üretilebilir. Beyinde 8°C gibi sıcaklık artışları ile çok ciddi, değişik reaksiyonlar, petit veya grand mal epileptic nöbetler, kalp atımında belirgin yavaşlama görülmüştür. Hayvan beyinlerinin histolojik muayeneleri yapıldığında, maruziyetten 1 gün sonra nöronlarda demiyelinizasyon oluştuğu görülmüştür. 1 ay sonra yapılan histopatolojik incelemelerde ise beyinde bazı mikrofokal glial nodüllerinin varlığı gösterilmiştir (3). Literatürdeki diğer benzer çalışmalarda, LLER dalgaları sıçanlara, 45 gün 6 ay arası gibi uzun sürelerde uygulanmış ve biyokimyasal testler yapılmıştır (23, 24).

Literatürdeki diğer çalışmalarda veriler çoğunlukla serebral doku ile elde edilmiştir. Serebral dokunun muayenesini yapmış olsaydık, sıçanlar ölecekti ve 1.5 saat sonra kullanılabilir bir termal görüntü alamayacaktık. Biz bu yöntemle kısa vadeli etkileri en iyi şekilde gösterebilmeyi hedefledik.

Ratlar üzerinde yapmış olduğumuz bu çalışmamızda, baş ve beyin lokalizasyonlarında termal kamera görüntüleri ile belirgin ısı artışları elde edilmiş olması önemlidir. Termal ısı değişimleri anlamlı bulunmuştur. Tek ve uzun bir konuşma ile LLER ve cep telefonlarının bu denli etkilere yol açtığı düşünülürse cep telefonları kullanımı konusunda çok daha dikkatli olmamız gerektiği sonucuna varabiliriz.

KAYNAKLAR

1. Chen Y, De Taboada L, O'Connor M, Delapp S, Zivin JA. Thermal Effects of Transcranial Near-Infrared

Laser Irradiation on Rabbit Cortex. *Neurosci Lett*. 2013. pii: S0304-3940(13)00711-8.

2. Tanaka R, Yumoto T, Shiba N, Okawa M, Yasuhara T, Ichikawa T, Tokunaga K, Date I, Ujike Y. Overheated and melted intracranial pressure transducer as cause of thermal brain injury during magnetic resonance imaging: case report. *J Neurosurg*. 2012;117(6):1100-9.
3. Arthur W. Guy Chung-Kwang Chou Effects of high-intensity microwave pulse exposure of rat brain *Radio Science Volume 17, Issue 5S, pages 169S-178S*.
4. Harshaw C, Alberts JR. Group and individual regulation of physiology and behavior: a behavioral, thermographic, and acoustic study of mouse development. *Physiol Behav*. 2012;106(5):670-82.
5. Ikarashi Y, Aoki A, Stavinoha WB, Maruyama Y. [Thermographic analysis of the brain temperature in rats following microwave irradiation]. [Article in Japanese] *Yakubutsu Seishin Kodo*. 1984;4(2):195-200.
6. Häbler HJ, Stegmann JU, Timmermann L, Jänig W. Functional evidence for the differential control of superficial and deep blood vessels by sympathetic vasoconstrictor and primary afferent vasodilator fibres in rat hairless skin. *Exp Brain Res*. 1998;118(2):230-4.
7. Wu BM, Lam FK, Chan FH, Poon PW, Brugge JF, Chan JC, So AT. Computerised infrared imaging system for studying thermal activation on the skull following somatic stimulation in small animals. *Med Biol Eng Comput*. 1997;35(6):587-94.
8. Laupland KB. Fever in the critically ill medical patient. *Crit. Care Med*. 2009;37 (7): S273-8.
9. Karakitsos D, Karabinis A. Hypothermia therapy after traumatic brain injury in children. *N. Engl. J. Med*. 2008;359 (11): 1179-80.
10. Kelly G. Body temperature variability (Part 1): a review of the history of body temperature and its variability due to site selection, biological rhythms, fitness, and aging. *Altern Med Rev* 2006;11 (4): 278-93.
11. Emad F. E, Selim F. E, Ahmed A. A: Case Report-How does long term exposure to base stations and mobile phones affect human hormone profiles? *Clinical Biochemistry* 2011;19:47:41.
12. Salford L, Henrietta N, Arne B, et al. The mammalian brain in the electro- magnetic fields designed by man with special reference to blood brain barrier function, neuronal damage and possible physical mechanisms. *Prog Theor PhysSuppl (Japan)* 2008;173:283-309.
13. Hardell L, Carlberg M, Hansson MK. Epidemiological evidence for an association between use of

- wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology* 2009;16(2-3): 113-22.
14. Luis GN, Newry RJ, King BV, John AR. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One*. 2009;4(7):e 6440-6
 15. Young SN. "How to increase serotonin in the human brain without drugs". *J Psychiatry Neurosci*. 2017;32(6): 394-9.
 16. Grossman, Mary H, Hart, Cheryle R. *The Feel-Good Diet*. New York: McGraw-Hill. 2008;p. 64. ISBN 0-07-154849-1.
 17. Young SN. "How to increase serotonin in the human brain without drugs." *Rev. Psychiatr. Neurosci*. 2007;32 (6): 394-99.
 18. Holmes MC, French KL, Seckl JR. "Dysregulation of diurnal rhythms of serotonin 5-HT_{2C} and corticosteroid receptor gene expression in the hippocampus with food restriction and glucocorticoids.". PMID 9151722. *J. Neurosci*. 1997;17 (11): 4056-65
 19. Leibowitz SF. The role of serotonin in eating disorders. *Drugs* 1990;39(3): 33-48
 20. Dubey RB, Hanmandlu M, Gupta SK. Risk of Brain Tumors From Wireless Phone Use. *Journal of Computer Assisted Tomography*.2010;34(6)pp 799-807.
 21. Myung SK, Ju W, McDonnell DD, Lee YJ, Kazinets G, Cheng CT, Moskowitz JM. Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis. *J Clin Oncol*. 2009;27(33):5565-72.
 22. Lesurtel M, Graf R, Aleil B, Walther DJ, Tian Y, Jochum W, Gachet C, Bader M, Clavien PA. Platelet-derived serotonin mediates liver regeneration *Science*. 2006;312(5770):104-7.
 23. Dogan M, Turtay MG, Oguzturk H, Samdanci E, Turkoz Y, Tasdemir S, Alkan A, Bakir S Effects of electromagnetic radiation produced by 3G mobile phones on rat brains: magnetic resonance spectroscopy, biochemical, and histopathological evaluation. *Hum Exp Toxicol*. 2012;31(6):557-64.
 24. Kesari KK, Kumar S, Behari J. 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. *Int J Radiat Biol*. 2011;87(10):1074-5.
 25. Hossmann KA, Hermann DM. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*. 2003;24(1): 49-62.