



## Pulslu Elektromanyetik Alanın Sıçanlarda Kan Glukoz Düzeyleri ve Kilo Artışı Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Harun Gencer<sup>1</sup>, Hakkı Murat Bilgin<sup>2</sup>, Veysi Akpolat<sup>3</sup>, Revşa Evin Canpolat Erkan<sup>4</sup>,  
Nazan Baksi<sup>5</sup>

1 Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık ve Bakım Hizmetleri Bölümü, Mardin, Türkiye

2 Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.D, Diyarbakır, Türkiye

3 Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D, Diyarbakır, Türkiye

4 Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya A.D, Diyarbakır, Türkiye

5 Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü Laboratuvar Hayvanları A.D, Diyarbakır, Türkiye

Geliş: 25.07.2024; Revizyon: 01.09.2024; Kabul Tarihi: 04.09.2024

### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada Pulslu Elektromanyetik Alanın (PEMA) kan glukoz düzeyleri ve kilo artışı üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

**Yöntemler:** Çalışmamızda 23 adet Wistar Albino sıçan kullanıldı. Sıçanlar kontrol grubu (n=7), PEMA grubu (n=8) ve PEMA+Cvit. grubu (n=8) olmak üzere 3 gruba ayrıldı. PEMA ve PEMA+Cvit. grupları 4 hafta boyunca 08.00 ile 12.00 saatleri arasında oluşturulan pulslu elektromanyetik alana maruz bırakıldı. Kontrol grubu da manyetik alan oluşturulmadan aynı çevre şartlarına maruz bırakıldı. Manyetik alan uygulanmadan önce kontrol ve PEMA gruplarına gavaj yolu ile çeşme suyu verildi. PEMA+Cvit. grubuna da gavaj yolu ile C vitamini verildi. Her hafta sıçanların kuyruk veninden glukoz değerleri ölçülüp ağırlık takipleri yapıldı.

**Bulgular:** Deney başlangıcında ve haftalık olarak yapılan ölçümlerde. Kan glukoz düzeylerinde gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmedi ( $p>0,05$ ). Ağırlık ölçümlerinde de başlangıç ve bitiş değerleri hesaplandı. Kontrol grubunda başlangıç değerine göre %11'lik bir artışın ve bu artışın anlamlı olmadığı ( $P>0,05$ ) belirlendi. PEMA grubunda %13'lük bir artışın ve PEMA+Cvit. grubunda da %15'lik bir artışın olduğu saptandı. Bu artışların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $P<0,05$ ) tespit edildi.

**Sonuç:** PEMA uygulamasının kan glukoz düzeylerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı fakat kilo artışı üzerinde anlamlı bir fark oluşturduğu saptandı.

**Anahtar kelimeler:** Pulslu Elektromanyetik Alan (PEMA), glukoz, kilo

DOI: 10.5798/dicletip.1552627

**Yazışma Adresi / Correspondence:** Harun Gencer, Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık ve Bakım Hizmetleri Bölümü, Mardin, Türkiye, e-mail: gencer1365@gmail.com

## Evaluation the effects of pulsed electromagnetic field in rats on blood glucose levels and weight gain

### Abstract

**Objective:** The aim of this study was to investigate the effects of Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) on blood glucose levels and weight gain.

**Methods:** In our study, 23 Wistar Albino rats were used. Rats were classified as control group (n=7), PEMF group (n=8) and PEMF+Cvit. group (n=8) was divided into 3 groups. PEMF and PEMF+Cvit. The groups were exposed to a pulsed electromagnetic field created between 08.00 and 12.00 for 4 weeks. The control group was also exposed to the same environmental conditions without the creation of a magnetic field. Before the magnetic field was applied, tap water was given to the control and PEMF groups by gavage. PEMF+Cvit. The group was also given vitamin C by gavage. Glucose values were measured from the tail vein of rats every week. At the same time, the weight of the rats was monitored.

**Results:** In line with the data obtained, blood glucose follow-up values were calculated at the beginning of the experiment and every week. There was no significant difference in blood glucose levels between the groups ( $p>0.05$ ). The start and end values of the weight measurements were also calculated. In the control group, an increase of 11% compared to base line and this increase was not significant ( $P>0.05$ ). It was observed that there was a 13% increase in the PEMF group and PEMF+Cvit. group also had a 15% increase. These increases were found to be statistically significant ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** It was determined that PEMF application did not cause a significant change in blood glucose levels, but it made a significant difference on weight gain.

**Keywords:** Pulsed Electromagnetic Field (PEMF), glucose, weight.

## GİRİŞ

Hiperglisemi, kan glukoz düzeyindeki artış sonucu ortaya çıkar. Hiperglisemik durum oksidatif strese ve hücrel hasara yol açar<sup>1</sup>. Ayrıca bu durum kan viskozitesinin artmasına da neden olur. Kandaki glukoz artışı, kan akışı hızında bir azalmaya neden olarak dokulardaki reseptörlerine bağlanabilen insülin miktarın da bir azalmaya neden olur<sup>2</sup>. Uyarılabilirlik ve insülin duyarlılığındaki bu azalma, hücre yüzeyine translokasyon yapan glukoz taşıyıcı protein 4 miktarının azalmasına sebep olur. Böylece kan glukoz konsantrasyonu yüksek kalır<sup>3</sup>. Ayrıca yüksek kan şekeri seviyeleri, pankreasın Langerhans adacıklarında bulunan beta hücre disfonksiyonuna yol açar<sup>4</sup>. Bu durum glukoz metabolizmasının bozulması ile karakterize klinik bir sendrom olan Diabetes mellitus(DM)'un ortaya çıkmasını tetikler<sup>5</sup>.

Bu nedenle, DM'un komplikasyonlarını tedavi etmek için non-invazif yöntemler araştırılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de manyetik alan uygulamasıdır. Manyetik

alan, tedavi edici bir ajan olarak kabul edilmiş ve tıpta daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır<sup>6</sup>. Manyetik alan uygulamasının, farklı türlerin biyolojik sistemlerinde bir dizi biyokimyasal ve fizyolojik değişikliği başlattığı, hedef hücreler ve dokular üzerindeki biyolojik etkileri olduğu bildirilmiştir<sup>7-9</sup>.

Pulsu manyetik alanların, insanlarda analjezik, vazoaaktif, nörostimülatör ve trofik etkilere sahip olduğu bilinmektedir<sup>10</sup>. Pulsu manyetik alanlar, düşük frekanslı akımları indükleyerek nöronları depolarize, repolarize ve hiperpolarize ederek nöropatik ağrının modülasyonu üzerinde rol almaktadır. Uzun yıllar, manyetik alan uygulamasının glukoz metabolizması üzerindeki etkisine ilişkin araştırma eksikliği nedeniyle manyetik tedaviye karşı bir kontrendikasyon olmuştur<sup>11</sup>. Yapılan çalışmalarda manyetik alan uygulamalarının kan glukoz düzeyinin artışını engellediği ve kilo kaybı hızında azaltıcı bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir<sup>12,13</sup>.

## YÖNTEMLER

Bu deneysel çalışma, Dicle Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan 06.02.2023 tarih ve 2023/01 protokol numaralı etik onayı alındıktan sonra yapılmıştır.

Çalışma Mart-Nisan 2023 tarihleri arasında Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DÜSAM), Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik A.D bulunan Pulsu Elektro Manyetik Alan (PEMA)düzeneği kurulduktan ve güvenilirlik testi yapıldıktan sonra uygun koşullar altında yürütülmüştür.

Çalışmaya ortalama 260-300 g ağırlığında toplam 23 adet 8-12 haftalık Wistar albino sıçan dahil edildi. Denekler 3 gruba ayrıldı. Sıçanlar kontrol grubu (n=7), hazırlanmış olan manyetik alan düzeneği ile aynı çevre şartlarına sahip olup manyetik alana maruz bırakılmadı. PEMA grubu (n=8) ve PEMA+Cvit. grubu (n=8), modifiye edilmiş Helmholtz bobinleri arasında oluşturulan (1.5 mT- 50 Hz) manyetik alan düzeneğine plexiglass (40 cm x 40 cm x 15 cm) kafesine yerleştirilerek 28 gün boyunca 08.00 ile 12.00 saatleri arasında her gün 4 saat olacak şekilde maruz bırakıldı. Gruplara manyetik alan uygulanmadan önce her gün kontrol ve PEMA gruplarına oral gavaj yolu ile musluk suyu verildi. PEMA+Cvit grubuna ise vitamin C 1000 mg (orzaxefervit®) çeşme suyu içerisinde çözülerek 250 mg/kg dozunda oral gavaj yolu ile verildi. Verilecek C vitamini dozu için literatür çalışmaları referans alındı<sup>14</sup>.Dört hafta boyunca haftalık sıçanların kilo takibi ve kuyruk veninden glukometre cihazı ile kan şekeri ölçümü yapıldı.

Elde edilen sayısal veriler IBM SPSS 27.0 paket programı kullanılarak hesaplandı. Normal dağılım göstermeyen veriler Nonparametrik olarak değerlendirildi. Değişkenlerin gruplar arası karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis analizi kullanıldı. İkili karşılaştırmaların değerlendirilmesinde Kruskal-Wallis testi takiben Mann-Whitney U test kullanıldı. Grup içi

karşılaştırmalarda ise Freidman test kullanıldı. Grup içi ölçümlerin zamanları arasındaki farkın kaynağının tespiti için Friedman post-hoc Dun testi kullanıldı. Değişkenler normal dağılıma uymadığı için ortanca (min-max) şeklinde özetlendi.

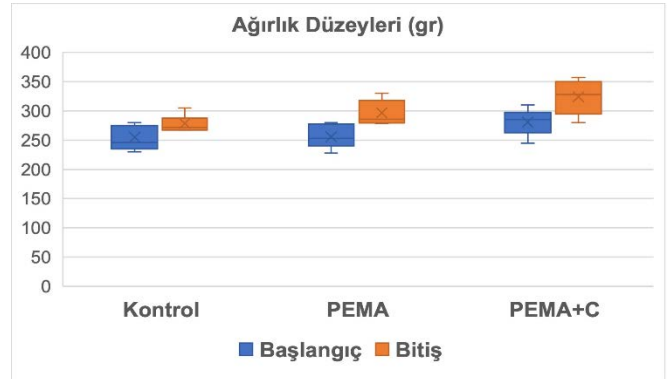
## BULGULAR

### Deney hayvanlarının ağırlık ölçümleri

Sıçanlar 3 grup altında incelendi. 4 hafta süren deneyde haftalık ölçülen ağırlıkları Tablo I' de verildi. Kontrol grubu başlangıç ağırlık ölçümleri med (min-max), 246 (230-280), bitiş ağırlık ölçümleri, 272 (267-305) olarak kaydedildi. Başlangıç ve bitiş ağırlıkları arasında %11'lik bir artışın olduğu tespit edildi (şekil 1). Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p>0.063).

**Tablo I:** Grupların başlangıç ve bitiş ağırlıkları

Grupların başlangıç ve bitiş ağırlıkları(gr)				
	Başlangıç	Bitiş	%değişim	P değeri
	Med (min-max)	Med (min-max)		
<b>Kontrol</b>	246 (230-280)	272 (267-305)	+11%	0.063
<b>PEMA</b>	253 (228-280)	286 (279-330)	+13%	<0.05
<b>PEMA+C vit</b>	285 (245-310)	328,5 (280-357)	+15%	<0.05



**Şekil 1.** Deney hayvanlarının başlangıç ve bitiş ağırlık değişimi.

PEMA grubu başlangıç ağırlık ölçümleri med (min-max), 253 (228-280), bitiş ağırlık ölçümleri, 286 (279-330) olarak kaydedildi. Başlangıç ve bitiş ağırlıkları arasında %13'lük bir artışın olduğu tespit edildi. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0.05).

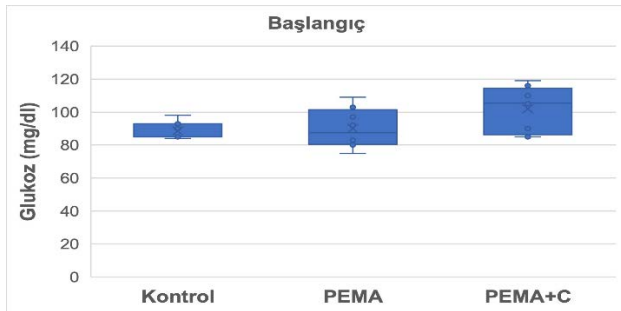
PEMA+Cvit. grubu başlangıç ağırlık ölçümleri med (min-max), 285 (245-310), bitiş ağırlık ölçümleri, 328,5 (280-357) olarak kaydedildi. Başlangıç ve bitiş ağırlıkları arasında % 15'lik bir artışın olduğu tespit edildi. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.05$ ).

### Glukoz Ölçüm Düzeyleri

Deney hayvanları haftalık glukoz düzeyleri med (min-max) şeklinde ölçüldü, ölçümler Tablo II de verildi. Deney başlangıcında ölçülen glukoz değerleri kontrol grubu 87,5 (84-98), PEMA grubu 87,5 (75-109) ve PEMA+Cvit grubu 100 (85-119) olarak kaydedildi (şekil 2). İstatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p > 0.510$ ).

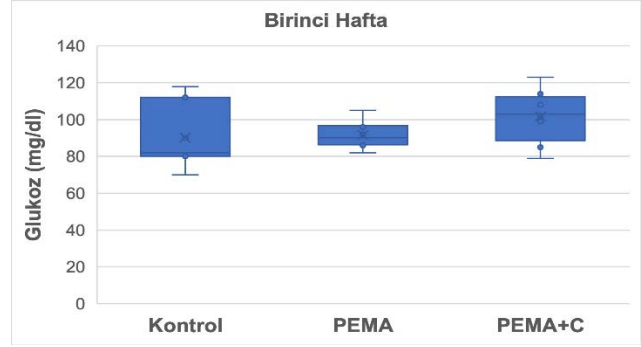
**Tablo II:** Deney hayvanları haftalık glukoz ölçüm düzeyleri

	Glukoz Ölçüm Düzeyleri (mg/dl)			P değeri
	Kontrol Med (min-max)	PEMA Med (min-max)	PEMA+Cvit Med (min-max)	
Başlangıç	87,5 (84-98)	87,5(75-109)	100(85-119)	0,510
1.Hafta	86(70-118)	90(82-105)	102(79-123)	0,439
2.Hafta	100(91-123)	106(86-136)	100(92-131)	0,975
3.Hafta	105(82-110)	93(81-105)	95(89-109)	0,335
4.Hafta	118(101-130)	120,5(113-147)	121(107-159)	0,535



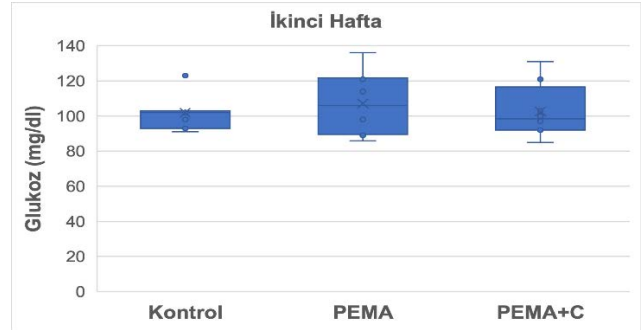
**Şekil 2.** Başlangıç glukoz ölçüm düzeyi

Birinci hafta ölçülen glukoz değerleri kontrol grubu 86(70-118), PEMA grubu 90(82-105) ve PEMA+Cvit grubu 102(79-123) olarak kaydedildi (şekil 3). İstatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p > 0.439$ ).



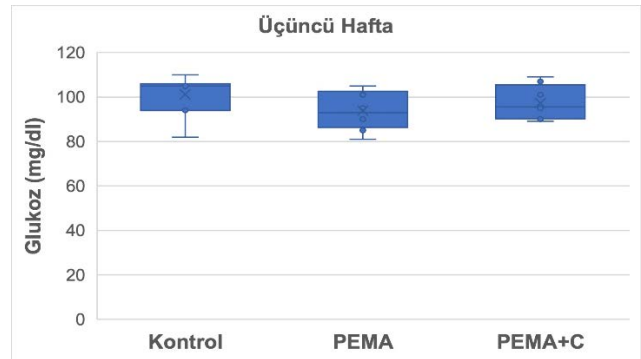
**Şekil 3.** Birinci hafta glukoz ölçüm düzeyi

İkinci hafta ölçülen glukoz değerleri kontrol grubu 100(91-123), PEMA grubu 106(86-136) ve PEMA+Cvit grubu 100(92-131) olarak kaydedildi (şekil 4). İstatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p > 0.975$ ).



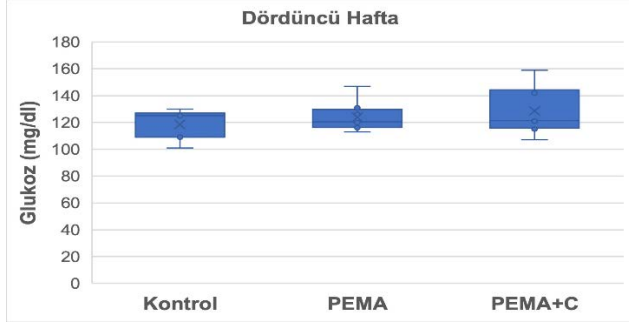
**Şekil 4.** İkinci hafta glukoz ölçüm düzeyi

Üçüncü hafta ölçülen glukoz değerleri kontrol grubu 105(82-110), PEMA grubu 93(81-105) ve PEMA+Cvit grubu 95(89-109) olarak kaydedildi (şekil 5). İstatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p > 0.335$ ).



**Şekil 5.** Üçüncü hafta glukoz ölçüm düzeyi

Dördüncü hafta ölçülen glukoz değerleri kontrol grubu 118(101-130), PEMA grubu 120,5(113-147) ve PEMA+Cvit grubu 121(107-159) olarak kaydedildi (şekil 6). İstatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0.535$ ).



Şekil 6. Dördüncü hafta glukoz ölçüm düzeyi

### TARTIŞMA

Manyetik alan tedavisi, diyabetli hastalarda, insülin sekresyonunu etkileyen kan şekeri seviyesini ve kalsiyumun hücre zarından içeriye girişini etkileyerek olumlu etkiler göstermiştir. Ayrıca, kaynamayan kırıklarda, kas iskelet sistemi bozukluğu olan hastalarda, mineralizasyon, kollajen oluşumu bozuklukları, bağırsak hastalıkları, diyabet ve diyabetin yol açtığı dolaşım bozukluklarında da etkili olduğu, non-invaziv ve düşük maliyetli olması nedeniyle manyetik alan tedavisinin başarılı olduğu gösterilmiştir<sup>5,16</sup>. Ek olarak, manyetik alan tedavisi anjiyogenez, nöronal protein sentezi, sinaptik nörotransmitterler ve aksoplazmik transportu etkileyerek diyabetik nöropatili hastalarda olumlu sonuçlara neden olabilmektedir<sup>5,15</sup>. Düşük frekanslı manyetik alan uygulamasının tek bir maruziyetinin kan glukoz düzeyi üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı gibi 14 günlük maruz kalma döngüsünün sona ermesinden sonra da kan glukoz düzeylerinde önemli ölçüde bir değişiklik oluşturmadığı bildirilmektedir ( $P>0,05$ )<sup>17</sup>. Başka bir çalışmada ise, düşük frekanslı manyetik alan uygulamasının kan glukoz düzeyini düşürdüğü ve kilo alım hızını azalttığı; bu değişikliklerin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $P<0,05$ ) bildirilmektedir<sup>8</sup>. Deneysel

diyabet modeli oluşturularak manyetik alan uygulanan bir çalışmada, manyetik alan uygulamasının kilo verme hızını düşürdüğü, ancak bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı; diyabet modeli oluşturulan sıçan modellerinde kan glukoz düzeylerini kısmen kontrol altına aldığı, fakat kan glukoz düzeylerinde önemli ölçüde bir değişikliğe yol açmadığı bildirilmektedir<sup>5</sup>. Aynı şekilde yapılan deneysel diyabet modelinde, manyetik alan uygulamasının kan glukoz düzeyi üzerinde düşürücü etki yaptığı bildirilmektedir<sup>18</sup>. Beslenme sonrası ve uzun süreli açlık döneminden sonra manyetik alana maruz bırakılan sıçanlar üzerinde yapılan bir araştırmada ise kan glukoz düzeyi üzerinde bir değişiklik yapmadığı bildirilmektedir<sup>19</sup>. Farklı bir çalışmada ise manyetik alan uygulamasının kontrol grubuna göre kan glukoz düzeyinde değişiklik oluşturduğu fakat bu değişikliğin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmektedir<sup>20</sup>.

Bu çalışmada, PEMA uygulamasının kan glukoz seviyeleri ve vücut ağırlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın bulguları, PEMA tedavisinin kan glukoz seviyelerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığını ancak vücut ağırlığında önemli bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, literatürde yer alan ve PEMA uygulamasının glukoz metabolizması üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini belirten bazı çalışmalarla çelişmektedir. Özellikle, PEMA'nın kan glukoz seviyelerini düşürdüğünü bildiren çalışmaların aksine, bizim çalışmamızda PEMA gruplarının glukoz seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu durum, PEMA uygulama süresi, dozaj veya çalışma popülasyonundaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Vücut ağırlığı ölçümlerinde, PEMA uygulamasının hem tek başına hem de C vitamini ile birlikte kullanıldığında, kontrol grubuna göre anlamlı bir artışa neden olduğu

gözlemlenmiştir. Bu artış, PEMA'nın metabolik hız üzerinde veya enerji dengesi üzerinde etkili olabileceğini gösteren bir işaret olabilir. PEMA'nın, enerji harcaması veya depolanması üzerindeki etkilerini anlamak için daha ayrıntılı mekanik çalışmalar gereklidir.

Bu çalışma, PEMA uygulamasının kan glukoz seviyelerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığını ancak vücut ağırlığında anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, PEMA'nın kilo yönetimi üzerindeki potansiyel rolünü vurgulamakta ancak glukoz metabolizması üzerindeki etkilerini anlamak için daha fazla araştırma gerekmektedir. PEMA'nın diyabet ve obezite gibi metabolik bozuklukların yönetimindeki potansiyel kullanımı, daha geniş ve uzun vadeli çalışmalarda doğrulanmalıdır.

**Etik Kurul Onayı:** Bu deneysel çalışma, Dicle Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan 06.02.2023 tarih ve 2023/01 protokol numaralı etik onayı alındıktan sonra yapılmıştır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Çalışma için herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır.

**Declaration of Conflicting Interests:** No conflict of interest was declared by the authors.

**Financial Disclosure:** No financial support was received from any institution for the study.

### KAYNAKÇA

1. Y Wang, Campbell T, Perry B, et al. Hypoglycemic and insulin-sensitizing effects of berberine in high-fat diet and streptozotocin-induced diabetic rats. *Metabolism*. 2011;60:298-305.
2. AE Contreras-Ferrat, Toro B, Bravo R, et al. An inositol 1,4,5-triphosphate (IP3)-IP3 receptor pathway is required for insulin-stimulated glucose transporter 4 translocation and glucose uptake in cardiomyocytes. *Endocrinology*. 2010;151:4665-77.
3. S Kokura, Adachi S, Manabe E, et al. Whole body hyperthermia improves obesity-

induced insulin resistance in diabetic mice. *Int J Hyperthermia*. 2007;23:259-65.

4. DR Park, Park KH, Kim BJ, et al. Exercise ameliorates insulin resistance via Ca<sup>2+</sup> signals distinct from those of insulin for GLUT4 translocation in skeletal muscles. *Diabetes*. 2015;64:1224-34.

5. T Mert, Gunay I and Ocal I. Neurobiological effects of pulsed magnetic field on diabetes-induced neuropathy. *Bioelectromagnetics*. 2010;31:39-47.

6. E Ciejka, Kleniewska P, Skibska B, et al. Effects of extremely low frequency magnetic field on oxidative balance in brain of rats. *J Physiol Pharmacol*. 2011;62:657-61.

7. A Goraca, Ciejka E and Piechota A. Effects of extremely low frequency magnetic field on the parameters of oxidative stress in heart. *J Physiol Pharmacol*. 2010;61:333-8.

8. AH Hashish, El-Missiry MA, Abdelkader HI, et al. Assessment of biological changes of continuous whole body exposure to static magnetic field and extremely low frequency electromagnetic fields in mice. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2008;71:895-902.

9. F Raggi, Vallesi G, Rufini S, et al. ELF magnetic therapy and oxidative balance. *Electromagn Biol Med*. 2008;27:325-39.

10. AV Musaev, Guseinova SG and Imamverdieva SS. The use of pulsed electromagnetic fields with complex modulation in the treatment of patients with diabetic polyneuropathy. *Neurosci Behav Physiol*. 2003;33:745-52.

11. A Szyborska-Kajane, Strzelczyk JK, Karasek D, et al. Impact of low-frequency pulsed magnetic fields on defensin and CRP concentrations in patients with painful diabetic polyneuropathy and in healthy subjects. *Electromagn Biol Med*. 2010;29:19-25.

12. T Sakurai, Yoshimoto M, Koyama S, et al. Exposure to extremely low frequency magnetic fields affects insulin-secreting cells. *Bioelectromagnetics*. 2008;29:118-24.

13. ML Pall. Electromagnetic fields activate voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J Cell Mol Med.* 2013;17:958-65.
14. H aşçı, Savran M, Gümral N, et al. Ratlarda 2.45 Ghz Elektromanyetik Alan Kaynaklı Kalp Dokusu Hasarında C Vitamininin Koruyucu Etkileri. *Medical Journal of Suleyman Demirel University.* 2020;27.
15. K Pieber, Herceg M and Paternostro-Sluga T. Electrotherapy for the treatment of painful diabetic peripheral neuropathy: a review. *J Rehabil Med.* 2010;42:289-95.
16. HM Bilgin, Celik F, Gem M, et al. Effects of local vibration and pulsed electromagnetic field on bone fracture: A comparative study. *Bioelectromagnetics.* 2017;38:339-48.
17. A Laitl-Kobierska, Cieslar G, Sieron A, et al. Influence of alternating extremely low frequency ELF magnetic field on structure and function of pancreas in rats. *Bioelectromagnetics.* 2002;23:49-58.
18. H Gozen, Demirel C, Akan M, et al. Effects of pulsed electromagnetic fields on lipid peroxidation and antioxidant levels in blood and liver of diabetic rats. *European Journal of Therapeutics.* 2018;23:152-8.
19. G Martinon-Gutierrez, Luna-Castro M and Hernandez-Munoz R. Role of insulin/glucagon ratio and cell redox state in the hyperglycaemia induced by exposure to a 60-Hz magnetic field in rats. *SciRep.* 2021;11:11666.
20. S Suharining Sih, Astuti SD, Husen SA, et al. The combined effect of magnetic and electric fields using on/off infrared light on the blood sugar level and the diameter of Langerhans islets of diabetic mice. *Vet World.* 2020;13:2286-93.