

Mikrodalga ve Radyofrekans Radyasyonunun Kromozomlar Üzerine Etkisi

THE EFFECT OF MICROWAVE AND RADIOFREQUENCY RADIATION ON THE CHROMOSOMES

M.Zülküf AKDAĞ*, M.Salih ÇELİK**

* Dr.Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biofizik ABD,

**Prof.Dr.Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biofizik ABD, DİYARBAKIR

Özellikle bu yüzyılın ikinci yarısında, teknolojinin ve bilimin gelişmesine paralel olarak mikrodalga ve radyofrekans radyasyonunun (RFR) kullanımını radyo-televizyon ve uydu haberleşmesinde, tıpta, denizcilikte, endüstride, bilimsel araştırmalarda ve hatta evlerde bile artmıştır. Bu radyasyonların kullanımının artması araştırmacıları RFR'nun biyolojik zararlı etkilerinin olup olmadığı konusunda çeşitli araştırmalara yöneltmiştir. Bu araştırmalar RFR'nun hücre ve hücre alt gruplarına etkilerinden başlayarak RFR'nun kalp damar sistemi, sinir sistemi ve nöroendokrin sistem üzerine etkilerini, davranışsal, immunolojik etkilerini, göz üzerine etkilerini, genetik ve moleküler düzeydeki etkilerini, nöroendokrin sistem üzerine etkilerini, ve fizyolojik etkilerini içermektedir.(1-9).

Mikrodalga'nın biyolojik sistemle etkileşimi konusunda yaptığımız çalışmalarda 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun *Bacillus subtilis* ve *Escherichia coli* bakterilerinin çözülebilir sitoplazmik protein miktarını değiştirdiğini, radyofrekans radyasyonunun radyo ve televizyon verici istasyonunda çalışan personelin psikolojik durumlarında bazı değişiklikler oluşturduğunu, bir ısıtma sistemi olarak mikrodalga radyasyonunun etteki *L.monocytogenes*'i geleneksel ısıtma sistemlerinden daha etkili bir şekilde tahrip ettiğini, 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun bazı bakteri türlerinin canlılığını etkilediğini ve bu etkinin bakterinin bulunduğu sıvı ortamın hacmi ile doğru

orantılı olduğunu, mikrodalga absorpsiyonunda sıvı miktarının önemli rol oynadığını, ayrıca 433.92 MHz, 9450 MHz, 2450 MHz, mikrodalgaların ve 27.12 MHz kısa dalganın *E.coli* K12 bakterisinin bazı antibiyotiklere karşı duyarlılığını etkilediğini saptadık (4-6,8,9).

Uzun süreden beri kromozom anomalisinin hücre genindeki değişikliklerin iyi bir göstergesi olduğu ve belirli ajanlara maruz kalmanın bir sonucu olarak mutajenik ve karsinojenik risk ile ilgili olduğu bilinmektedir(10). Ayrıca kimyasal veya fiziksel ajanların uygulanmasından kaynaklanan kromozomal tahribatlar ciddi sağlık tehlikesi oluştururlar (11). Bu nedenle bir fiziksel ajan olan mikrodalga radyasyonunun kromozomal anomalileri indükleyip indüklediği ve mutajenik bir ajan olup olmadığı konusundaki çalışmalar son 25-30 yıldan beri devam etmektedir.

Mikrodalga enerjisi ile biyolojik dokuların ve hücrelerin etkileşim mekanizmaları konusundaki bilgiler yetersizdir ve sitogenetik araştırmaların sonuçları birbiriyle çelişmektedir (10). Bazı araştırmalarda mikrodalga radyasyonunun kromozom anomalisi frekansını ve SCE (Sister Chromatid Exchange) frekansını, univalentli kromozom (Eşey hücrelerinin mayoz bölünme esnasında tek halinde bulunan kromozom) oluşumunu indüklediği rapor edilmekle birlikte, (10-19) başka çalışmalarda bu radyasyonun sitogenetik açıdan biyolojik sistemde herhangi bir değişiklik meydana getirmediği de rapor edilmiştir (20-25).

Mikrodalgalar dielektriksel olarak dokuları ısıtır (14). Mikrodalga enerjisinin canlı dokular üzerindeki birincil etkisi sıcaklık artışı ile ilgilidir (26). Nitekim Leonard ve ark.(27) mikrodalga

Geliş Tarihi: 09.12.1996

Yazışma Adresi: Dr.M.Zülküf AKDAĞ
Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi
Biofizik ABD, 21280, DİYARBAKIR

radasyonunun indüklediği kromozomal anomalilerin mikrodalga'nın oluşturduğu ısıl etkiden kaynaklandığını belirtmiştir. Bununla birlikte, düşük düzeylerde DNA'daki rezonans absorpsiyonu gibi diğer mekanizmalar kromozomal değişikliklerin indüklenmesinden sorumlu olabilir (14).

Çalışmamızın amacı mikrodalga ve RFR'nun kromozomlar üzerine etkisini araştıran raporların sonuçlarını derleyip değerlendirerek bu konuda yapılacak olan çalışmalara yardımcı olmaktır. Bu çalışmada gözden geçirilen veya tartışılan araştırmalar invitro çalışmalar ve invivo çalışmalar şeklinde iki kategoride incelenmiştir.

İnvitro Çalışmalar

Mikrodalga veya radyofrekans radyasyonunun kromozomal düzeydeki etkileri konusunda yapılan çalışmalarda farklı frekansta ve farklı şiddette RFR kaynağı ayrıca biyolojik ortam olarak insan kan örnekleri veya hücre kültürleri kullanılmıştır.

Hipotermik ve hipertermik koşullarda insan kan örneklerine 2450 MHz, 0-200 W/kg SAR (Specific Absorbtion Rate) düzeyinde yapılan 20 dakikalık mikrodalga uygulaması sonucu elde edilen SCE frekansı ve kromozom düzensizliklerinin background düzeyinde olduğu ve saptanan anomalilerin kontrol grubu ile aynı seviyede olduğu Lloyd ve ark.(21,22) tarafından rapor edilmiştir.

Lloyd ve ark.'nın bulgularının tersine Garaj-Vrhovac ve arkadaşları mikrodalga radyasyonunun kromozomal anomalileri indüklediğini ve micronucleus insidansını artırdığını bulmuşlardır (10, 12,13). Garaj-Vrhovac ve arkadaşları 7.7 GHz frekanslı ve 0.5,10,ve 30 mW/cm² şiddetindeki mikrodalga radyasyonunu Chinese Hamster V-79 hücre kültürlerine ve insan kan örneklerine belli sürelerde uygulamışlardır ve mikrodalga radyasyonunun DNA mollekülerindeki çift zincir kırılmasının artışına neden olduğunu ve kromozomal DNA'nın yapısındaki tahribatı indükleyebildiğini ileri sürmüşlerdir.

Rat kangaroo RH5 ve RH16 hücrelerine 2450 MHz mikrodalga radyasyonu uygulayan Yao (15) uygulama sonunda kromozom anomalileri ve üreme oranı için kültürleri değerlendirmiştir. 50 pasaj süresince mikrodalga'nın varlığında sürekli olarak üreyen hücrelerde kromozom anomalileri

lerinde artış ve üreme oranında azalma olduğu, ayrıca etkilerin tersinir olduğu Yao tarafından rapor edilmiştir.

İnsan periferel kan lenfositleri üzerine 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun in vitro olarak cytogenetik etkilerini araştıran Maes ve ark (19) yaptıkları çalışmada 2450 MHz,75 W/kg'lık mikrodalga radyasyonunu insan periferel kan lenfositlerine 30 ve 120 dakika 36.1°C'lik sabit bir sıcaklıkta uygulamışlar. Bu araştırmacılar uygulama sonucunda kromozom anomali frekansında ve micronuclei frekansında belirgin bir artış olduğunu fakat mikrodalga uygulamasının ne hücre kinetiğini nede Sister Chromatid Exchange (SCE) frekansını etkilemediğini bulmuşlar.

RFR'nun ve mikrodalga'nın kromozomal aberasyonlar üzerine etkisi ile ilgili olarak yapılan invitro çalışmaların özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

Alam ve ark. (28) yaptıkları çalışmada 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun Chinese Hamster Over (CHO) hücrelerinde kromozomal kırıklar oluşturduğunu, ancak hypotermik (29°C) koşullarda uygulama yapıldığında aynı sonuçların gözlenmediğini tespit etmiş ve elde ettiği pozitif bulguların mikrodalga radyasyonunun indüklediği sıcaklık artışından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Frekans 2450 MHz, güç yoğunluğu 49 mW/cm², SAR değeri 34 W/kg olan pulslu RFR'nun Chinese Hamster Over (CHO) hücrelerine 2 saat kadar uygulayan Ciaravino ve ark.(23), yalnızca pulslu RFR'nun veya eşzamanlı olarak hem pulslu RFR hem de mitomycin C uygulamasının Chinese Hamster Over hücrelerinin SCE frekansında anlamlı bir değişiklik meydana getirmediğini bildirmişlerdir. Ciaravino ve ark. (24) başka bir çalışmalarında RFR'nun adriamycin'in indüklediği SCE frekansını değiştirmedeğini belirtmişlerdir.

Gerek Leonard ve ark.(27) gerekse Marec.F ve ark.(29) RFR'nun kromozomlar üzerinde oluşturduğu etkinin RFR'nun meydana getirdiği ısıdan kaynaklandığını rapor etmelerine karşın C.Kosnitzke ve ark. (30) bir nonthermal etkinin var olduğunu bildirmişlerdir.

İnvivo Çalışmalar

Yapılan invitro çalışmaların yanısıra bu konudaki invivo çalışmalarda da farklı frekanslı ve

Tablo 1. RFR radyo frekans radyasyonunun kromozom anomalileri üzerine invitro etkisi

Gözlenen Etkiler	Kullanılan Örnek	Uygulanan RFR'nun			Kaynak No:
		Frekansı	Şiddeti	Süresi	
SCE ve kromozomal düzensizlikte değişiklik yok	İnsan kanı	2450 MHz	104, 193 W/kg	20 dk	21
SCE ve kromozomal düzensizlikte değişiklik yok	İnsan kanı	2450 MHz	0, 4, 40, 100 ve 200 W/kg	20 dk	22
Kromozom anomalisinde artış	Chinese hamster'in V-79 hücreleri	7.7 GHz	30 mW/cm ²	15, 30 ve 60 dk	10
Kromozom anomalisi ve micronucleus insidansında artış	Chinese hamster'in V-79 hücreleri ve insan kanı	7.7 GHz	0.5, 10 ve 30 mW/cm ²	10, 20, 30 ve 60 dk	12, 13
Tersinir olarak üreme oranında azalma ve kromozom anomalisinde artış	Rat kangaroo RH5 ve RH16 hücreleri	2450 MHz	-	50 pasaj	15
Kromozom anomali frekansında artış, SCE frekansı değişmemiş	İnsan periferel kan lenfositleri	2450 MHz	75 W/kg	30 ve 120 dk	19
Sıcaklık artışından kaynaklanan kromozom anomalileri	Chinese hamster over hücreleri (CHO)	2450 MHz	25-200 W	30 dk	28
SCE frekansında anlamlı bir değişiklik gözlenmemiş	Chinese hamster over hücreleri (CHO)	2450 MHz	49 mW/cm ² , 34 W/kg	2 saat	23, 24

farklı dozda RFR kullanılmıştır RFR'nun mutajenitesini ve kromozomal aberasyonları indükleyip indüklediğini tespit etmek amacıyla kronik ve akut RFR uygulamaları yapılmıştır. Bu tür çalışmalarda materyal olarak insan, fare ve *Drosophila melanogaster* kullanılmıştır.

Mesleki olarak mikrodalgaya maruz kalan kişilerde yapısal kromozom düzensizlikleri tespit eden Garaj-Vrhovac ve ark.(16) somatik mutasyonlar ile uzun süreli mesleki mikrodalga uygulamaları arasında bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

9.450 GHz mikrodalga radyasyonunu Balb/c erkek farelere kronik olarak uygulayan Manikowska ve ark. (17) mikrodalganın mayozdaki düzensizlikleri indüklediğini ve kiazma formasyonuna engel olduğunu bildirmişlerdir.

Kronik 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun etkisini araştıran Manikowska-Czerska ve ark. (14) uygulama sonucunda tek kromozom insidansında ve kromozom değişim frekansında artış olduğunu bildirmişlerdir.

Manikowska ve ark. (17), Manikowska-Czerska ve ark. (14)' nın elde ettikleri pozitif bulguları denemek için bir çalışma yapan Beechey ve ark.(20) yaptıkları çalışmada pulslu 2450 MHz mikrodalga radyasyonunu kronik olarak erkek farelere uygulamış ve Manikowska ve ark.(17) ile Manikowska-Czerska ve ark.(14) nın elde ettiği bulguların tersine en yüksek aberasyon frekansının en yüksek güç yoğunluğunda (400 Wm⁻²) olduğunu saptamakla birlikte kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm gruplarda aberasyon

frekansının anlamlı olmadığını ve mikrodalga uygulamasının kromozomal aberasyonları indüklediğini bildirmişlerdir.

Yao (18), 100 mW/cm² güç yoğunluğunda 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun Chinese Hamsterlerin kornea epitelindeki kromozomal anomalileri başarılı bir şekilde indüklediğini, uygulama yapılan hayvanların kornea epitelindeki kromozom kırık miktarının ve anormal hücre yüzdesinin kontrol grubundaki hayvanlardan istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde (p<0.05) daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Mesleki olarak, mikrodalga radyasyonuna ve Vinyl Chloride Monomerine (VCM) maruz kalan kişilerdeki micronucleus indüksiyonunu ve kromozom anomalisini karşılaştıran Garaj-Vrhovac ve ark.(11) VCM'nin neden olduğu total anomali miktarının ve micronucleus insidansının mikrodalga neden olduğundan daha yüksek olduğunu, fakat acentric ve dicentric oluşumların mikrodalgaya maruz kalan kişilerde daha yüksek olduğunu, ayrıca her iki grubun kromozomal anomalilerin ve micronucleus insidansının kontrol grubu ile karşılaştırılmasında mikrodalga ve VCM grubunun anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Mikrodalga radyasyonunun farelerin kemik iliği hücrelerinde SCE frekansını indükleyip indüklediğini ve mikrodalga mutajenitesini araştıran McRee ve ark (25) yaptıkları çalışmada frekansı 2450 MHz, güç yoğunluğu 20 mW/cm² ve SAR (Specific Absorbption Rate) değeri 21 mW/g olan mikrodalga radyasyonunun farelere günde 8 saat kronik olarak 28 gün boyunca uygulanmasının kemik iliği hücrelerinin SCE frekansını anlamlı bir şekilde değiştirmediklerini belirtmişlerdir.

Kronik mikrodalga uygulamasının erkek fareler üzerinde oluşturduğu etkiyi araştıran Saunders ve ark. (31) yaptıkları çalışmada 2.45 GHz, 100 W/m²'lik sürekli mikrodalga radyasyonunu C3H erkek farelere günde 6 saat olmak üzere toplam 120 saat 8 haftalık periyot boyunca uygulamışlar. Bu araştırmacılar uygulama yapılan grup ve kontrol grubu arasında univalentli ve translokasyonlu hücrelerin frekansı yönünden anlamlı bir fark olmadığını ve kronik olarak uygulanan 2.45 GHz mikrodalga radyasyonunun erkek farelerin germ

hücrelerinde bir mutajenik yanıtı indüklediğini ayrıca elde ettikleri bulguların Berman ve ark.'nın (32) gözlemleriyle uyduğunu bildirmişlerdir.

İnsan ve farelerin yanı sıra Drosophila melanogaster kullanılarak RFR'nun mutajenitesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Marec ve ark.(29) yaptıkları bu tür bir çalışmada tekrar edilen mikrodalga uygulamalarının Drosophila melanogaster'in resesif lethal mutasyon frekansını etkilemediğini ayrıca kromozomal aberasyonların mikrodalga'nın ısısal etkisinden kaynaklandığı olasılığının haricinde mikrodalga'nın muhtemelen mutajenik olmadığını bildirmişlerdir.

Haberleşme amacıyla kullanılan radyo dalgalarının mutajenik olup olmadığını araştıran Mittler. (33) frekansı 98.5 MHz, alan şiddeti 0.3V/m ve gücü 50.000 Watt olan radyo iletim anteninin meydana getirdiği radyofrekans radyasyonuna Drosophila melanogaster örneklerini 32 hafta kadar maruz bırakmış. Sonuçta 98.5 MHz, 0.3V/m'lik kronik uygulamanın Drosophila için non-mutajenik olduğunu bildirmiştir.

Mikrodalga ve radyofrekans radyasyonunun kromozomal aberasyonlar üzerine etkisi ile ilgili *in vivo* çalışmaların özeti Tablo 2'de sunulmuştur.

Mikrodalga ve radyofrekans radyasyonunun mutajenitesi ile ilgili olarak Saunders ve ark. (31,32), Kowalczuk ve ark. (35), Berman ve ark. (32) yaptıkları *in vivo* çalışmalarda 2.45 GHz mikrodalga radyasyonunun mutajenik bir ajan olmadığını belirtmişlerdir. Ancak Blevins ve ark.(36) Salmonella typhimurium'un mutant suşlarını kullanarak yaptıkları *in vitro* çalışmada 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun mutajen bir ajan olduğunu belirtmişlerdir.

Kromozomal aberasyonların 5-5000 mW/cm² güç yoğunluğu aralığındaki mikrodalga uygulaması ile meydana geldiğini, mikrodalga radyasyonunun sahip olduğu foton enerjisinin genetik materyali (DNA) iyonize edemeyecek kadar zayıf olduğundan nokta mutasyonlarla ilgili genetik etkilerin meydana gelmediğini, ancak kromozomal yapısal, kromozomal miktar değişiklikleri ve gen fonksiyonundaki düzensizlikler gibi genetik değişikliklerin mikrodalga uygulaması ile olası olduğunu Leach. (37) belirtmiştir.

Tablo 2. RFR radyo frekans radyasyonunun kromozom anomalileri üzerine invivo etkisi

Gözlenen Etkiler	Kullanılan Örnek	Uygulanan RFR'nun			Kaynak No:
		Frekansı	Şiddeti	Süresi	
Mayozdaki düzensizlikleri indüklenme	Balb/c-mice	9450 MHz	0.1, 0.5, 1.0, 10 mW/cm ²	günde 1 saat, haftada 5 gün, 2 hafta	17
Zincir translokasyonu ve univalent insidansında artış	CBA/CAY-mice	2450 MHz	0.05, 0.5, 5, 10, 20 mW/cm ²	günde 30 dk, haftada 6 gün, 2 hafta	14
Kromozom anomalisinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiş	Hybrid-mice	2450 MHz	1, 100 ve 400 W/m ²	günde 30 dk, haftada 6 gün, 2 hafta	20
Kromozomal kırıklarda ve anormal hücre miktarında artış	Chinese-hamster	2450 MHz	25, 100 mW/cm ²	5, 10, 20, 30 dk	18
Kromozom anomalisi ve micronucleus insidansında anlamlı artış	insan	Radar istasyonu	-	ortalama 15 yıl	11
SCE frekansı anlamlı bir şekilde değişmemiş	CD-1 mice	2450 MHz	20 mW/cm ² , 21 mW/g	günde 8 saat, 28 gün	25
Univalentli ve translokasyonlu hücre frekansında değişiklik yok	C3H-mice	2450 MHz	100 W/m ²	günde 6 saat, 8 hafta, toplam 120 saat	31
Resesif lethal mutasyon frekansında anlamlı bir değişiklik yok	Drosophila-melano gaster	2375 MHz	15, 20 ve 25 mW/cm ²	5, 10, 60 dk-5 gün	29

Mikrodalga radyasyonunun kromozomal aberasyonlar üzerine etkisi ile ilgili çalışmaların yanı sıra moleküler düzeyde DNA ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Sagripanti ve Swicord. (38,39) yaptıkları çalışmalarda mikrodalga radyasyonunun plazmid DNA'da tek ve çift zincir kırılması oluşturduğunu tespit ettiler. Bu tür DNA kırıklarının mutajenik ve kanserle ilgili değişikliklere neden olabildiği Sargentini ve Smith. (40) tarafından belirtilmiştir. Ayrıca düşük şiddetli ve dalga boyu milimetre düzeyindeki dalgaların genetik etkileri Belyaev.(41) tarafından ifade edilmiştir.

Son zamanlarda Sarkar ve ark.(26) düşük şiddetli kronik mikrodalga uygulamasının DNA üzerindeki etkisini DNA dizi analizi yöntemi yardımıyla araştırmışlardır. Bu araştırmacılar 1 mW/cm², 1.8 W/kg, 2450 MHz mikrodalga radyasyonunu kronik olarak uyguladıkları farelerin beyin ve testisinden izole ettikleri DNA fragmantlarının boyutunda oluşan bir değişikliği bildirmişlerdir.

Lai ve Singh. (42) yaptıkları çalışmada 2450 MHz, 0.6 ile 1.2 W/kg pulslu ve sürekli mikrodalgayı ratlara 2 saat uyguladıktan hemen sonra ve 4 saat sonra beyin hücrelerindeki DNA'da oluşabilecek tek zincir kırılmalarını araştırdılar. Bu

araştırmacılar pulslu mikrodalga uygulaması yaptıkları grupta anlamlı bir fark tespit etmedikleri halde, sürekli mikrodalga uygulaması yaptıkları grupta 1.2 W/kg'lık uygulamadan hemen sonra ve 4 saat sonra DNA'daki tek zincir kırıklarında anlamlı farklar olduğunu belirtmişlerdir.

Radyofrekans radyasyonunun kromozomlar ve DNA ile ilgili etkileşim mekanizması şu ana kadar tam anlamıyla belirlenememiştir. Ancak bu konuda çalışan bazı araştırmacılar bir takım fikirler ileri sürmüşlerdir. Bu araştırmacıardan Leonard ve ark. (27) meydana gelen etkilerin ısıdan kaynaklandığını, Lloyd ve ark. (21,22) çalışmalarında kullandıkları mikrodalga radyasyonunun sahip olduğu foton enerjisinin serbest radikal ve iyon çifti oluşumundan kaynaklanan özgül ısısal olmayan kromozom tahribatı oluşumu için uygun olmadığını ve literatürlerde rapor edilen pozitif sonuçların muhtemelen sıcaklık artışından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte Garaj-Vrhovac ve ark. (10) tespit edilen sitolojik etkinin hücre ısınmasının bir sonucu olarak açıklanamayacağını ancak bazı ısı artışlarının göz ardı edilmemesi gerektiğini ayrıca mikrodalga radyasyonunun sıcaklık artışıyla belirlenemeyen biyolojik etkilere neden olabildiğini ileri sürmüşlerdir.

Manikowska-Czerska ve ark.(14) 'da mutajenite yönünden düşük foton enerjisinden ötürü mikrodalga enerjisinin iyonize radyasyonla karşılaştırılmayacağını ve olası bir mekanizmanın Swicord ve ark.(43) tarafından açıklanan DNA'daki rezonans absorpsiyonu olduğunu ileri sürmektedirler.

Sonuç

RFR'nun kromozomlar üzerine etkisi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi birbiriyle çelişen raporlar mevcuttur. Bu nedenle RFR'nun kromozomlarda aberasyon oluşturabilip oluşturamadığının ve muhtemel bir aberasyonun etki mekanizmasının ne olduğunun anlaşılması, ayrıca RFR'nun mutajenik bir ajan olup olmadığının tespit edilebilmesi için daha ileri çalışmalar yapılması gerekir. Bu çalışmaların özellikle moleküler düzeyde yapılması RFR'nun etki mekanizmasının anlaşılması ayrıca, mesleki olarak RFR'na maruz kalan kişilerde muhtemelen oluşabilecek genital etkilerin saptanması yönünden oldukça faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Norbert. JR, Sol MM and Shin-tsu Lu. The biological effects of radiofrequency radiation: a critical review and recommendations. *Int J Radiat Biol* 1986; 50:379-420.
2. Sol MM, Microwave and Radofrequency Radiation. In: Suess MJ, eds. *Nonionizing Radiation Protection*: Copenhagen: WHO Regional Publications European Series No:10, 1982: 97-174.
3. Elder JA, Czerski PA, Stuchly P.A, Mild KH and Shepard AR, Radiofrequency Radiation In: Suess MJ and Benwell-Morison DA, eds. *Nonionizing Radiation Protection*: Copenhagen: WHO Regional Publications European Series. No:25, 1989: 117-73.
4. Aytekin Ç, Kızıl M, Kaya. Z, Akdağ. Z, Ensari Y, Balcı. K, Mikrodalğanın *Bacillus subtilis* ve *Escherichia coli* üzerindeki etkisinin karşılaştırılması. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi* 1994; 18: 77-89.
5. Oto. R, Akdağ. Z, Daşdağ. S, Çelik. Y, Evaluation of psychologic parameters in people occupationally exposed to Radiofrequencies and Microwave. *J.Biotechnol and Biotechnol Equip* 1994; 8: 71-4.
6. Daşdağ. S, Gül. K, Akdağ. Z, Sert. C, Destruction of *Listeria monocytogenes* in meat (by means of microwave oven). *J.Biotechnol and Biotechnol Equip* 1995; 9:93-5.
7. Kolosova. LI, Akoev. GN, Avelev. VD, Riabchikova. O v, and Babu KS, Effect of low-Intensity millimeter waves electromagnetic radiation on regeneration of sciatic nerve in rats. *Bioelectromagnetics* 1996; 17: 44-7.
8. Atmaca S, Akdağ Z, Daşdağ S, and Çelik S. Effect of microwaves on survival of some bacterial strains. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 1996; 43: 369-77.
9. Daşdağ. S, Akdağ. Z, Ayaz. C, Şendur. F, Çelik. S, The effect of microwave and shortwave on the antibiotic sensitivity of *E.coli* K12 strain. *Romanian Journal of Biophysics* 1995; 5: 167-73.
10. Garaj-Vrhovac V, Horvat D and Koren Z. The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 chinese hamster cells exposed to microwave radiation. *Mutat.Res* 1991; 263: 143-9.
11. Garaj-Vrhovac V, Fucic A and Horvat.D. Comparison of chromosome aberration and micronucleus induction in human lymphocytes after occupational exposure to Vinyl chloride monomer and microwave radiation. *Period.Biol* 1990; 92: 411-6.
12. Garaj-Vrhovac V, Fucic A, and Horvat D. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro. *Mutat.Res* 1992; 281: 181-6.
13. Garaj-Vrhovac. V, Horvat D and Koren. Z. The effect of microwave radiation on cell genome. *Mutat.Res* 1990; 243: 87-93.
14. Manikowska - Czerska. E., Czweski.P, and Leach.W.M, Effects of 2.45GHz microwaves on meiotic chromosomes of male CBA/CAY mice. *J Heredit* 1985; 76:71-3.

- 15.Yao. KTS. Cytogenetic consequences of microwave irradiation on mammalian cells incubated in vitro .J.Heredit 1982; 73: 133-8.
- 16.Garaj-Vrhovac. V, Horvat D, Brumen Mahovic V and Racic J. Somatic mutations in persons occupationally exposed to microwave radiation. Mutat.Res 1987; 181:321.
- 17.Manikowska. E, Luciani.JM, Servantie B, Czerski P, Obrenovitch J and Stahl A. Effects of 9.4GHz microwave exposure on meiosis in mice. Experienta 1979; 35:388-90.
- 18.Yao. KTS. Microwave radiation-induced chromosomal aberrations in corneal epithelium of chinese hamsters. J.Heredit 1978; 69: 409-12.
- 19.Maes.A, Verschaeve L, Arroya A, DeWagter C and Vercruyssen L. Invitro cytogenetic effects of 2450MHz waves on human peripheral blood lymphocytes. Bioelectromagnetics 1993; 14: 495-501.
- 20.Beechey. CV, Brooker. D, Kowalczuk CI, Saunders RD and Searle AG. Cyto-genetic effects of microwave irradiation on male germ cells of the mouse .Int J Radiat Biol 1986; 50:909-18.
- 21.Lloy DC, Saunders RD, Moquet JE and Kowalczuk CI. Absence of chromosomal damage in human lymphocytes exposed to microwave radiation with hyperthermia. Bioelectromagnetics 1986; 7:235-7.
- 22.Lloyd. DC, Saunders RD, Finnon P and Kowalczuk CI. No clastogenic effect from in vitro microwave irradiation of G0 human lymphocytes. Int J Radiat Biol 1984; 46:135-41.
- 23.Ciaravino V, Meltz ML and Ervin DN. Effects of Radiofrequency Radiation and simultaneous exposure with mitomycin C on the frequency of Sister Chromatid Exchanges in chinese Hamster ovary cells. Environ Mutagen 1987; 9:393-9.
- 24.Ciaravino V, Meltz ML and Ervin DN. Absence of synergistic effect between Moderate-Power Radio-frequency electromagnetic radiation and adriamycin on cell-cycle progression and Sister Chromatid Exchange. Bioelectromagnetics 1991; 12:289-98.
- 25.McRee DI and Macnichols G. Incidence of sister chromatid exchange in bone marrow cells of the mouse following microwave exposure. Radiat Res 1981; 85:340-8.
- 26.Sarkar S, Ali S and Behari J. Effect of low power microwave on the mouse genome:A direct DNA analysis. Mutat Res 1994; 320:141-7.
- 27.Leonard A, Bertaud AJ, Bruyere A. An evaluation of the mutagenic, carcinogenic and teratogenic potential of microwaves. Mutat Res 1983; 123: 31-46.
- 28.Alam MT, Barthakur N, Lambert NG, Kasatiya SS. Cytological effects of microwave radiation in chinese hamster cells in vitro. Can J Genet Cytol 1978; 20:23-30.
- 29.Marec F, Ondracek J and Brunnhofer V. The effect of repeated microwave irradiation on the frequency of sex-linked recessive lethal mutations in drosophila melanogaster. Mutat. Res 1985; 157:163-7.
- 30.Koschnitzke C, Kremer F, Santo L, Quick P and Poglitsch A. A Non-Thermal effect of milimeter wave radiation on the puffing of giant chromosomes. Z Naturforsch 1983; 38c: 883-6.
- 31.Saunders RD, Kowalczuk CI, Beechey CV and Dunford R. Studies of the induction of dominant lethals and translocations in male mice after chronic exposure to microwave radiation. Int J Radiat Biol 1988; 53:983-92.
- 32.Berman E, Carter HB, House D. Tests of mutagenesis and reproduction in male rats exposed to 2.450MHz (CW) microwaves. Bioelectromagnetics 1980; 1:65-76.
- 33.Mittler S. Failure of chronic exposure to nonthermal FM radiowaves to mutate drosophila, J Heredit 1977; 68: 257-8.
- 34.Saunders RD, Darby SC and Kowalczuk CI. Dominant lethal studies in male mice -after exposure to 2.45GHz microwave radiation, Mutat Res 1983; 117: 345-56.
- 35.Kowalczuk CI, Saunders RD and Stapleton HR Sperm count and sperm abnormality in male mice after exposure to 2.45GHz microwave radiation, Mutat.Res 1983; 122:155-61.
- 36.Blevins RD, Crenshaw RC, Hougland AE and Clark CE. Effect of microwave radiation and heat on specific mutants of salmonella typhimurium LT2, Radiat Res 1980; 82:511-7.
- 37.Leach WM. Genetic growth, and reproductive effects of microwave radiation, Bull NY Acad Med 1980; 56:249-57.
- 38.Sagripanti JL, Swicord ML. DNA structural changes caused by microwave radiation, Int J Radiat Biol 1986; 50:47-50.
- 39.Sagripanti JL, Swicord ML and Davis CC. Microwave effects on plasmid DNA, Radiat Res 1987; 110: 219-31.
- 40.Sargentini NJ and Smith KC. Spontaneous mutagenesis: the role of DNA repair, replication and recombination, Mutat Res 1985; 154: 1-27.
- 41.Belyaev I. Ya, Some biophysical aspects of the genetic effect of low-intensity milimeter waves, Bioelectrochem and Bioener 1992; 27: 11-8.
- 42.Lai H and Singh NP. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells, Bioelectromagnetics 1995;16:207-210.
- 43.Swicord ML. Chain-length-Dependent microwave absorption, Biopolymers 1983; 22: 2513-16.