

Trabajos Libres

Efecto del celular sobre los parámetros seminales y su relación con el índice de masa corporal (IMC) en pacientes que consultan por infertilidad

José Miguel Sad Larcher,^{1,3} Rosa Molina,² Guillermo Molina,¹ Sergio Metrebian,¹ Raúl Colla,¹ Alejandro Sosa,¹ Daniel Estofán^{1,3}

¹ Hospital Privado de Córdoba.

² Laboratorio de Andrología y Reproducción (LAR).

³ Centro Integral de Ginecología, Obstetricia y Reproducción (CIGOR).

Reproducción 2011;26:102-107

Resumen

Objetivo. Evaluar el efecto del celular sobre los parámetros seminales y determinar la posible interacción con el índice de masa corporal (IMC) en un grupo de pacientes que consultan por infertilidad.

Material y métodos. En un estudio descriptivo prospectivo, de enero a diciembre de 2009, fueron evaluados los parámetros seminales de 2.609 pacientes según normas de la OMS de 1999. Luego de aplicar criterios de exclusión, se seleccionaron 1.831 pacientes, los cuales fueron analizados en función del tiempo diario de hablar por celular, de las horas diarias de portar celular, de los años de portar celular y del IMC. Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de la covarianza y el análisis de la covarianza multivariado ($p < 0.05$; significativo).

Resultados. Los años de portar celular afectaron negativamente la morfología espermática ($p = 0.039$) y aumentaron la concentración de leucocitos ($p = 0.025$). Los mismos efectos se observaron a medida que aumentaba el IMC, pero no se registró interacción entre obesidad y años de portar celular.

Conclusión. Según nuestros resultados, cuanto más sean los años de portar celular se observa un deterioro mayor de los parámetros seminales. Este efecto y el aumento en la concentración de leucocitos se pre-

sentan también con el incremento de IMC, sin observarse un efecto de sinergia o de protección entre ambas noxas. Ello sugiere que el uso del celular y el sobrepeso deterioran la calidad del semen como variables independientes y deberían ser tenidos en cuenta en los consejos brindados a hombres que consultan por fertilidad.

Palabras claves. Teléfono celular, infertilidad masculina, parámetros seminales, obesidad.

Effect of cell phone use on semen analysis and it's relation with body mass index (BMI) in men attending an infertility clinic

Summary

Objective. To evaluate the effect of cell phone (CP) use in sperm parameters and it's relation with BMI in men attending an infertility clinic. **Materials and methods.** Observational study, 2.609 men were prospectively examined from January to December 2009 (semen analysis performed according to 1999 World Health Organization guidelines). After applying exclusion criterion, a final study population of 1.831 patients was obtained and divided according to their daily active CP use time, daily CP carry time, years of their lives carrying CP and body mass index (BMI). Statistical evaluation: Covariance Analysis (AnCova), and Multivariate Analysis of Covariance (MANCO-

Correspondencia: José Sad Larcher
L 5 Mza 105. B° Los Sueños. Valle Escondido. CP 5003.
Córdoba. Argentina
Tel. 0351-156 77 78 56
E-mail: josesad@gmail.com

VA) ($p=0.05$). **Results.** *Semen analysis showed worsening of sperm cell morphology ($p=0.039$) and an increase in white cell count ($p=0.025$) with more years of carrying CP and with higher BMI, but no interaction existed between the two insults. Conclusion.* *Decline of sperm cell morphology is observed in subjects carrying CP, worse with more years of carrying it, and with increasing BMI. This led us to suggest that the use of CP and obesity may adversely affect the quality of semen and should be considered in the advices given to the men seeking for fertility.*

Key words. *Cell phone, male infertility, sperm parameters, obesity.*

Introducción

Los teléfonos celulares (TC) se han convertido en una herramienta indispensable para la vida moderna. Existen en la bibliografía varios trabajos sobre el efecto de ondas electromagnéticas (EMW) y de radio frecuencia (RF) emitidas por estos dispositivos sobre los sistemas biológicos animales y humanos.¹⁻¹² Alrededor del 15% de las parejas en edad reproductiva tendrán dificultad para concebir dentro del primer año de búsqueda, y en la mitad de los casos el factor causal será masculino. En este sentido, varios trabajos han tratado de dilucidar la relación entre fertilidad masculina y el uso del TC, tanto *in vivo* como *in vitro*.¹⁻⁶ Estudios recientes sugieren que las EMW emitidas por teléfonos celulares pueden alterar los parámetros seminales en los hombres.²⁻⁴ El sobrepeso y la obesidad constituyen una verdadera epidemia moderna con tasas de prevalencia crecientes en distintas poblaciones, y efectos deletéreos múltiples sobre la salud de los individuos. Al respecto, varias publicaciones sugieren un efecto negativo sobre los parámetros seminales, aunque los trabajos no son concluyentes.^{13,14}

A partir de estas observaciones se propuso como objetivo evaluar el posible efecto adverso del uso del TC en los parámetros seminales y su eventual interacción con obesidad en un grupo de pacientes que consultan por infertilidad.

Material y métodos

Se realizó una investigación prospectiva desde

enero hasta diciembre de 2009 en 2.609 pacientes. Los parámetros seminales fueron evaluados según normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 1999. Se excluyeron los pacientes que presentaban varicocele, hábitos tóxicos (fumar/beber), antecedentes de trabajar con agroquímicos, toma de medicación crónica, criptorquidia, orquitis urliana, alteraciones hormonales, infecciones en las últimas 12 semanas y cirugías genitourinarias.

Finalmente, fueron seleccionados 1.831 pacientes, los cuales fueron divididos para el estudio según las horas diarias de portar teléfono celular en la cintura en 3 categorías: Categoría 1A: de 0 a 4 hs ($n=535$), Categoría 2A: de 5 a 10 hs ($n=589$), y Categoría 3A: más de 10 hs ($n=615$); según el tiempo diario de hablar por celular en 5 categorías: Categoría 1B: menos de 30 minutos ($n=932$), Categoría 2B: de 30 min a 1 hora ($n=371$), Categoría 3B: más de 1 y menos de 2 hs ($n=245$), Categoría 4B de 2 a 5 hs ($n=171$), y Categoría 5B: más de 5 hs ($n=70$); según los años de portar teléfono celular en 3 categorías: Categoría 1C: de 0 a 5 años ($n=715$), Categoría 2C: más de 5 y menos de 10 años ($n=919$), y Categoría 3C: más de 10 años ($n=197$); según el IMC, en 4 categorías: < 20 ($n=19$) (descartada por su reducido número), Categoría 1D: de 20 a 25 ($n=555$), Categoría 2D: de 25,1 a 30 ($n=890$), y Categoría 3D: más de 30 ($n=340$).

Los datos se ajustaron de acuerdo a la edad y los días de abstinencia. Para el análisis estadístico se realizaron análisis de la covarianza (AnCova) y prueba de Tukey como *post-hoc*. Se realizó también un análisis de la covarianza multivariado (MANCOVA), utilizando todos los parámetros a la vez y como *post-hoc* a la prueba Hotelling con ajuste Bonferroni. Se consideró significativo un $p<0.05$.

Resultados

La edad de la población estudiada fue de 34.61 ± 5.37 años (promedio $\pm$ DS). A más años de portar celular en la cintura, más se vio afectada la morfología espermática ($p=0.039$) y más aumentó la concentración de leucocitos ($p=0.025$). El tiempo de portación diaria o el tiempo de hablar por celular no pareció deteriorar los parámetros

seminales. Cuando se incorporó al análisis el IMC, se observó deterioro de la morfología espermática ($p=0.05$) y aumento de la concentración de leucocitos ($p=0.05$) a medida que aumentaba el IMC, pero no se observó interacción entre obesidad y años de portar celular. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos cuando se tomaron todos los parámetros espermáticos simultáneamente (análisis modo multivariante) en relación al tiempo diario de portar celular ($p>0.05$), ni de horas hablando ($p>0.05$), pero sí se encontró deterioro estadísticamente significativo a mayor cantidad de años de portar el celular ($p=0.031$). El detalle de lo expuesto se refleja en las Tablas 1 a 5.

Tabla 1. Resultado del análisis de los parámetros seminales en los tres grupos según las horas diarias de portar teléfono celular. En todos los casos $p>0.05$.

Parámetro seminal	Grupo 1A		Grupo 2A		Grupo 3A	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Volumen (ml)	3,01	1,49	3,14	1,51	3,12	1,52
Concentración (x 106/ml)	54,43	45,27	51,11	43,48	51,29	43,38
Movilidad total (%)	48,16	19,34	46,94	19,88	45,88	19,01
Traslativos rápidos (%)	35,93	18,12	34,78	18,26	33,99	18,14
Muertos (%)	17,35	11,08	17,94	11,08	18,26	10,52
Formas normales (%)	6,84	4,54	6,64	4,6	6,67	4,69
Leucocitos (x106/ml)	0,74	2,19	0,87	3,75	0,57	1,36
HOST (%)	78,19	10,13	78,06	9,76	78,38	9,79
Madurez nuclear (%)	70,67	12,56	69,94	12,81	69,6	11,55

Tabla 2. Resultado del análisis de los parámetros seminales en los cinco grupos según horas diarias de hablar por teléfono celular. En todos los casos $p>0.05$.

Parámetro seminal	Grupo 1B		Grupo 2B		Grupo 3B		Grupo 4B		Grupo 5B	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Volumen (ml)	3,04	1,5	3,11	1,54	3,14	1,53	3,24	1,4	3,07	1,61
Concentración (x10 ⁶ /ml)	51,46	44,11	55,02	43,59	55,04	46,42	51,76	45,14	41,51	32,34
Movilidad total (%)	46,83	19,29	48,61	18,1	46,17	20,9	45,84	20,37	46,56	20,29
Traslativos rápidos (%)	34,92	18,28	36,05	17,07	34,2	18,92	33,71	18,71	34,1	18,7
Muertos (%)	18,04	11,09	17,13	10,84	17,42	9,83	18,19	10,48	19,54	12,82
Formas normales (%)	6,73	4,62	6,66	4,44	6,51	4,43	6,76	5,02	7,43	4,88
Leucocitos (x10 ⁶ /ml)	0,8	3,09	0,66	2	0,68	2,26	0,53	1,29	0,56	1,05
HOST (%)	77,72	10,1	78,75	9,54	78,63	9,76	79,17	9,49	78,67	10,05
Madurez nuclear (%)	70,01	12,59	69,47	11,41	70,29	12,43	70,89	12,84	71,35	11,36

Tabla 3. Resultado del análisis de los parámetros seminales en los tres grupos según los años de portar teléfono celular.

Parámetro	Grupo 1C		Grupo 2C		Grupo 3C	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Volumen (ml)	3,04	1,49	3,11	1,53	3,15	1,45
Concentración (x10 ⁶ /ml)	50,51	41,85	53,77	45,07	52,04	47,1
Movilidad total (%)	47,9	19,1	46,72	19,43	45,06	20,37
Traslativos rápidos (%)	35,9	18,01	34,47	18,13	33,33	18,89
Muertos (%)	17,35	10,35	18,12	11,16	18,32	11,58
Formas normales (%)**	7,03	4,51	6,61	4,76	6,08	4,17
Leucocitos (x10 ⁶ /ml)**	0,66	1,85	0,67	2,38	1,17	4,91
HOST (%)	78,35	9,92	77,84	9,69	79,37	10,6
Madurez nuclear (%)	70,73	12,01	69,29	12,37	71,33	12,92

**Se presentaron diferencias significativas para formas normales ($p=0.039$) y leucocitos x106/ml ($p=0.025$).

Tabla 4. Morfología espermática, criterio estricto (Media y DS), discriminados por IMC y años de portar celular.

IMC	< 25		de 25 a 30		> 30	
Tiempo de portar celular (años)	Media	DS	Media	DS	Media	DS
de 0 a 5	6,65	4,25	7,33	4,81	6,96	4,1
de 5 a 10	6,88	5,05	6,69	4,65	5,98	4,62
más de 10	6,63	5,18	6,15	3,69	5,46	4,08

Tabla 5. Concentración de leucocitos (Media y DS) discriminados por IMC y años de portar celular.

IMC	< 25		de 25 a 30		> 30	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Tiempo de portar celular (años)						
de 0 a 5	0,67	1,72	0,67	2,05	0,71	1,5
de 5 a 10	0,65	2,26	0,53	1,39	1,05	4,08
más de 10	0,98	3,89	1,33	5,98	1,06	3,49

Discusión

Nadie duda de la utilidad de los TC en la vida moderna, y que ésta no podría desarrollarse sin medios ágiles e inmediatos de comunicación. Al igual que para otros dispositivos emisores de EMW y de RF, se describen para los aparatos de telefonía móvil múltiples efectos sobre los sistemas biológicos animales y humanos.¹⁻¹²

De acuerdo a varios informes, el uso del TC podría generar en humanos fatiga, cefalea, disminución en la concentración y se especula sobre la posibilidad de alterar la secreción de melatonina.^{9,12} Uno de los aspectos más conflictivos se relaciona con el potencial carcinogénico: se ha encontrado asociación con astrocitomas grados III y IV (una forma de gliomas) y neurinomas del acústico en trabajos epidemiológicos. Sin embargo, no se ha encontrado asociación con otros tumores, incluyendo los testiculares, cuya incidencia no se ve modificada por el uso, localización o dosis de RF del TC.^{15,16} En un reciente consenso de un panel de expertos, la OMS y la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) clasificaron el uso de celulares como "posible carcinogénico", pero dicho panel de expertos aclaró que por el momento no existe evidencia suficiente para ser concluyentes en ese sentido.¹⁷

Alrededor del 15% de las parejas en edad reproductiva tendrán dificultad para concebir dentro del primer año de búsqueda, y en la mitad de los casos el factor causal será masculino. En este sentido, varios trabajos han tratado de dilucidar la relación entre fertilidad masculina y el uso del TC, tanto *in vivo* como *in vitro*.¹⁻⁶ Estudios re-

cientes sugieren que las EMW emitidas por teléfonos celulares pueden alterar los parámetros seminales en los hombres.²⁻⁴ En el presente trabajo se observó un deterioro de la morfología espermática al portar celular en la cintura; mayor a más años de portación. Si bien se podría especular que para portar el celular durante mayor cantidad de años, ese grupo de pacientes tiene que ser necesariamente un grupo de mayor edad y a ello atribuirse el deterioro observado, el hecho de que los parámetros fueron ajustados por edad para ser analizados descarta esa posibilidad (la edad, al igual que los días de abstinencia, son variables que afectan los parámetros espermáticos y esto ya fue demostrado por nuestro grupo de trabajo en nuestra población).¹⁸⁻²²

El sobrepeso y la obesidad constituyen una verdadera epidemia moderna con tasas de prevalencia crecientes en distintas poblaciones y efectos deletéreos múltiples sobre la salud de los individuos. Al respecto varios trabajos sugieren un efecto negativo sobre los parámetros seminales, aunque no todas las publicaciones están de acuerdo con ello.^{13,14} A su vez, la radiación que emiten los celulares es cuantificada de acuerdo a la cantidad de vatios (W) absorbida por cada kilogramo (kg) de tejido vivo. De allí surge la Tasa de Absorción Específica (SAR) que se mide en W/kg.²³⁻²⁷ De acuerdo a lo expuesto, el efecto final sobre un sistema biológico depende de la energía emitida, pero también de la masa de tejido que absorbe las ondas, por lo que al diseñar el trabajo se especuló que el IMC del individuo podría ejercer alguna interacción en el efecto de estas ondas sobre los parámetros seminales: específicamente, un eventual efecto protector a mayor IMC. Los resultados demostraron deterioro de la morfología espermática y aumento en la concentración de leucocitos en semen también en sujetos con mayor IMC, sin observarse, un efecto protector, pero tampoco sinérgico entre ambas noxas. Ambas variables parecieran actuar en forma independiente para deteriorar los parámetros mencionados.

Las normativas de cada país fijan los límites máximos de radiación que estos aparatos pueden emitir. La emisión varía según el modelo de aparato y la tecnología con la cual trabaja. En Argentina, de acuerdo a resoluciones del Ministerio de

Salud, los celulares no pueden superar un SAR de 2,0 W/Kg. En Europa las disposiciones son similares a las de nuestro país, mientras que en Estados Unidos el tope está fijado en 1,6 W/Kg.²³⁻²⁷ La otra variable a tener en cuenta es la distancia del celular al tejido en cuestión, ya que la exposición disminuye al aumentar la distancia, en razón del cuadrado de la misma (un aumento de distancia del cuerpo al celular al doble disminuye la exposición a la radiación a un cuarto). En ese sentido, el momento de mayor exposición de los testículos de un individuo a las EMW sería mientras porta el celular, que habitualmente se realiza en la cintura o bolsillo, y no mientras realiza la llamada, en la cual la cabeza recibe la mayor dosis de radiación. Si bien las antenas presentan una emisión de radiación mucho mayor que los celulares, la distancia del usuario con la antena hace que la exposición en términos absolutos en este sentido sea mucho menor que a partir del celular. Aun así existen formas de disminuir la radiación emitida por las antenas, ya que a mayor densidad de antenas, éstas pueden trabajar a menos potencia, y además permiten que los celulares disminuyan su potencia de emisión.^{23,26-27}

A partir de los resultados del presente trabajo, se pueden identificar los grupos cuyos parámetros espermáticos resultan significativamente deteriorados: aquellos pacientes que han utilizado más de 10 años el celular (sin importar su IMC) y los pacientes que poseen un IMC mayor a 30 y han utilizado el celular entre 5 y 10 años.

Teniendo en cuenta que son múltiples los trabajos que demuestran que el uso del celular deteriora los parámetros espermáticos, el presente trabajo permite asociar ese deterioro con la cantidad de años que el paciente ha portado el celular, sin importar la cantidad diaria de horas de portar o de hablar a través del mismo. Es interesante este punto, ya que se están analizando consecuencias del uso de tecnologías de aparición reciente, y a partir de este trabajo podría especularse que ciertos efectos de éstas sobre los individuos irán haciéndose más evidentes en los años venideros (en el presente trabajo solo el 10,75% de los individuos utilizó el celular por más de 10 años).

Los mecanismos propuestos por los cuales podría producirse el daño son: efecto térmico, efecto específico de la onda electromagnética ("efec-

to microonda"), daño sobre el ADN (aumento de la fragmentación), aumento del *stress* oxidativo. Todos estos mecanismos podrían actuar tanto sobre las células de la progenie espermática como sobre las células de Leydig y el túbulo seminífero, aunque estas hipótesis requieren todavía de trabajos que las confirmen.²⁸⁻³⁵

Estos hallazgos sugieren, en conclusión, que el uso del celular deteriora la calidad del semen, aunque el significado de este deterioro sobre la fertilidad del individuo todavía es incierto y se requieren más trabajos para aclararlo. Aun así, estos conceptos deberían ser tenidos en cuenta en los consejos generales brindados a hombres que se encuentran en evaluación y tratamiento en búsqueda de fertilidad. Medidas sencillas como portar el celular lejos del cuerpo, utilizar sistemas manos libres y elegir aparatos con menor SAR, así como mantener un peso saludable, podrían tener un efecto beneficioso sobre la fertilidad masculina y la salud en general a largo plazo.

Referencias

1. Makker K, Varghese A, Desai N y col. Cell phones: modern man's nemesis? *Reprod Biomed Online* 2009; 18(1):148-157.
2. Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK y col. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril* 2008; 89:124-128.
3. Agarwal A, Desai NR, Makker K y col. Effects of radio-frequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 2009; 92(4):1318-1325.
4. Deepinder F, Makker K, Agarwal A. Cell phones and male infertility: dissecting the relationship. *Reprod BioMed Online* 2007;15:266-270.
5. Fejes I, Zavaczki Z, Szollosi J y col. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? *Arch of Androl* 2005;51:385-393.
6. Eroglu O, Oztas E, Yildirim I y col. Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility: an in-vitro study. *Arch of Med Research* 2006;37:840-843.
7. Braune S, Wrocklage C, Raczek J y col. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet* 1998;351:1857-1858.
8. Djeridane Y, Touitou T, de Seze R. Influence of electromagnetic fields emitted by GSM-900 cellular telephones on the circadian patterns of gonadal, adrenal and pituitary hormones in men. *Rad Research* 2008;169: 337-343.

9. Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M y col. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Medicine* (London) 2000;50:237-245.
10. Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A y col. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J of Rad Biol* 1999;75:447-456.
11. Ribeiro EP, Rhoden EL, Horn MM y col. Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats. *J Urol* 2007;177:395-399.
12. Burch JB, Reif S, Noonan CW y col. Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users. *Int J of Rad Biol* 2002; 78:1029-1036.
13. Martini A, Tissera A, Estofan D y col. Overweight and seminal quality: a study of 794 patients. *Fertil Steril* 2010;94(5):1739-1743.
14. MacDonald A, Herbison G, Showell M y col. The impact of body mass index on semen parameters and reproductive hormones in human males: a systematic review with meta-analysis. *Hum Reprod Update* 2010; 6(3):293-311.
15. Hardell L, Carlberg M, Ohlson CG y col. Use of cellular and cordless telephones and risk of testicular cancer. *Int J Androl* 2007;30:115-122.
16. Colonna A. Cellular phones and cancer: current status. *Bull Cancer* 2005; 92:637-643.
17. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Press Release nº 208, 31 May 2011. Descargado con fecha 1 de julio de 2011 de http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf.
18. Molina R, Martini A, Tissera A y col. Envejecimiento y calidad seminal: un análisis de 9.168 casos en Córdoba, Argentina. *Arch Esp Urol* 2010;63(3):214-221.
19. K.K.Ng, R.Donat, L.Chan y col. Sperm output of older men. *Hum Reprod* 2004;19(8):1811-1815.
20. Kuhnert B, Nieschlag E. Reproductive functions of the ageing male. *Hum Reprod Update* 2004;10(4):327-339.
21. Levitas E, Lunenfeld E, Weiss N y col. Relationship between the duration of sexual abstinence and semen quality: analysis of 9.489 semen samples. *Fertil Steril* 2005; 8(6):1680-1686.
22. Molina R, Tissera A, Olmedo J y col. Relación entre Abstinencia Sexual y Parámetros seminales. XII Congreso Argentino de Medicina Reproductiva. SAMER. Buenos Aires, Marzo 2007.
23. United States Federal Communications Commission. Specific Absorption Rate (SAR) For Cell Phones. RF Safety. Disponible en www.fcc.gov.
24. United States Food and Drug Administration (FDA). Radiation-Emitting Products and Procedures/Cell Phones. Disponible en: <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/HomeBusinessandEntertainment/CellPhones/default.htm>.
25. Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann Agric Environ Med* 2007;14:169-172.
26. S Lonn, U Forssen, P Vecchia y col. Output power levels from mobile phones in different geographical areas; implications for exposure assessment. *Occup Environ Med* 2004;61:769-772.
27. Hillert L, Ahlbom A, Neasham D y col. Call-related factors influencing output power from mobile phones. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2006;16(6):507-514.
28. Yan JG, Agresti M, Bruce T y col. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertil Steril* 2007;88:957-964.
29. Kandeel FR, Swerdloff RS. Role of temperature in regulation of spermatogenesis and the use of heating as a method for contraception. *Fertil Steril* 1988;49:1-23.
30. Laszlo A, Moros EG, Davidson T y col. The heat-shock factor is not activated in mammalian cells exposed to cellular phone frequency microwaves. *Rad Res* 2005; 164:163-172.
31. Nylund R, Leszczynski D. Proteomics analysis of human endothelial cell line EA.hy926 after exposure to GSM 900 radiation. *Proteomics* 2004;4:1359-1365.
32. Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis IP y col. Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. *Mutat Res* 2007; 626:69-78.
33. Diem E, Schwarz C, Adlkofer F y col. Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutat Res* 2005;583:178-183.
34. Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z y col. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res* 1999;27:219-223.
35. Nylund R, Leszczynski D. Mobile phone radiation causes changes in gene and protein expression in human endothelial cell lines and the response seems to be genome- and proteome - dependent. *Proteomics* 2006; 6(17):4769-4780.