

Estudios experimentales en seres humanos

Se han expresado muchas preocupaciones acerca de las posibles interacciones entre las emisiones de radiofrecuencia (RF) de baja intensidad y los principales sistemas de órganos humanos, como los sistemas nervioso, circulatorio, reproductivo y endocrino, en especial las radiaciones no ionizantes emitidas por dispositivos de comunicación inalámbrica, como teléfonos móviles (IEGMP, 2000).

Una forma de investigar las relaciones de causalidad en esta área consiste en realizar experimentos con voluntarios humanos en circunstancias controladas (llamados de **estudios de desafío**). La mayoría de estos experimentos con exposición a campos de RF son realizados en corto y mediano plazo, dentro de la misma gama de frecuencias y niveles iguales o por debajo de los estándares de seguridad utilizados en las tecnologías de telecomunicación, a fin de excluir los efectos térmicos. Por lo tanto, ellos asumen que los efectos no térmicos podrían estar presentes.

En este capítulo se revisa la literatura reciente sobre los estudios experimentales en seres humanos, centrándose en determinados sistemas de órganos. La gran mayoría de los informes de investigación han estudiado el efecto de las radiofrecuencias y sus modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicación para el teléfono celular, debido a su ubicuidad en el mundo.

Los resultados experimentales publicados hasta ahora han utilizado diversos diseños, tales como el de autocontrol, los controlados no aleatorizados o aleatorizados, los diseños cruzados, ciegos y no ciegos, etc. (Ver Anexo I de este informe para una breve explicación metodológica sobre estos diseños experimentales). La calidad y solidez de las pruebas varían ampliamente entre estos proyectos, por lo que a veces es difícil comparar los resultados experimentales entre los diferentes estudios y llegarse a conclusiones claras.

Lo que también hemos observado es que, a pesar del gran número de estudios publicados, la proporción de aquellos que tienen diseños de alta calidad aún baja en la literatura experimental. La mayoría de los estudios que se han centrado en los teléfonos móviles, así como en otros tipos de exposición a RF de diversas fuentes, profesionales o no, no abordan adecuadamente el problema. Por otra parte, debido a las limitaciones éticas, sólo unos pocos sistemas de órganos y funciones han sido estudiados, y pocos experimentos con exposición a largo plazo de tiempo han sido llevados a cabo, por lo tanto poca información está disponible sobre los posibles efectos de las radiaciones no ionizantes (NIR) en largo plazo sobre parámetros biológicos en seres humanos.

Estudios sobre el sistema nervioso y el comportamiento

Varias revisiones de la literatura sobre la exposición aguda a la RF en el sistema nervioso

de los seres humanos han sido publicados (por ejemplo, IEGCP 2001, Valentini *et al*, Hossmann y Hermann 2003, D'Andrea *et al*, 2003a, 2003b 2007). Los estudios experimentales de las funciones más comunes del sistema nervioso central (SNC) se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Actividad eléctrica del cerebro, espontánea o inducida por la estimulación, tales como electroencefalograma (EEG) y potenciales relacionados con eventos (ERP);
- Flujo sanguíneo y metabolismo del tejido nervioso;
- Cognición y atención, tiempo de reacción;
- Sueño y vigilia.

D'Andrea y otros (2003a y 2003b) analizaron los efectos de la exposición a la RF en el sistema nervioso en general y sobre el comportamiento y la cognición. Ellos tuvieron dificultades para establecer un conjunto coherente de conclusiones acerca de los peligros para la salud humana debido a las variaciones entre los estudios, incluyendo los parámetros de exposición, tales como la frecuencia, la orientación, la densidad de potencia y duración de la exposición.

Son reales y bien documentadas las consecuencias adversas de la exposición a la RF de alta potencia sobre el comportamiento, o sea, la que presenta energía suficiente para inducir efectos térmicos en el cerebro humano (Goldstein *et al*, 2003), y estas investigaciones han servido como una base firme para el establecimiento de varias normas y límites de seguridad, desde la década de 1980.

La hipertermia, por supuesto, tiene varios efectos perjudiciales sobre el tejido nervioso en general y en los nervios periféricos, en particular, por lo que la exposición a altos niveles típicos de accidentes en el trabajo puede promover lesiones reversibles e irreversibles. En una revisión de los efectos de los CEM sobre el dolor, Hocking y Westerman (2003), encontraron en varios estudios de casos que, después de exposiciones de alto riesgo, los nervios pueden sufrir lesiones graves, como la disestesia (pérdida de sensaciones periféricas). Afortunadamente, sólo una pequeña proporción de personas expuestas de esta manera reportan síntomas graves.

Sin embargo, la primera pregunta debería ser: ¿hay un efecto de calentamiento de la radiación RF de bajo nivel de intensidad? La mayoría de usuarios reportan un sentimiento subjetivo de calor en la piel de la cara y de la oreja después de unos minutos mientras hablan a un teléfono celular estándar cerca de su cabeza. Este aumento se determina objetivamente en una orden de 2 a 3 grados C después de 6 minutos de uso, sobre todo debido al calor atrapado por sostener el teléfono con una capa de plástico o metal en contacto con la cabeza, y no la absorción de RF en los tejidos de la cabeza (Anderson y Rowley, 2007). Los estudios experimentales usando termografía de alta precisión en ambos lados de la cabeza de los voluntarios, sin embargo, mostraron que la distancia del aparato de la cabeza, el calentamiento de la batería y la disipación de potencia del dispositivo son los factores principales que llevan a un aumento estadísticamente significativo en la temperatura de la piel, mientras que la exposición a la RF no tiene este efecto (Straume *et al.*, 2005).

Una forma de documentar que se pasa dentro de la cabeza, en las meninges y en el parénquima cerebral sería realizar estudios de imágenes funcionales del cerebro que registran las respuestas del flujo sanguíneo cerebral regional (FSCr) mediante las

respuestas observadas en una PET (Tomografía por Emisión de Positrones).

En la PET, la formación de imágenes 2D y 3D es obtenida desde marcadores radiactivos de corta media vida, incorporados en las células rojas de la sangre para cuantificar el flujo, o sea, el examen es capaz de mostrar la ubicación espacial de mediana resolución de cambios en el flujo de sangre debidos al aumento de la temperatura local. Haarala et al (2002) y Aalto et al (2004) fueron los primeros en utilizar este método. Ellos mostraron una reducción del FSCr en el lóbulo temporal, cerca de la antena del teléfono, y un pequeño aumento en una zona más alejada, en la corteza prefrontal. Huber et al (2005) también investigaron en hombres jóvenes y sanos el efecto de la exposición a estaciones radiobase típicas y a teléfonos celulares en las imágenes de PET, y observaron un aumento del FSCr en la corteza prefrontal dorsolateral en el lado de la exposición.

Este parámetro puede reflejar dos fenómenos, sin embargo, calefacción local, con el consiguiente aumento en la compensación del flujo sanguíneo, o un aumento en la actividad funcional del tejido nervioso, que también conduce a un aumento de los niveles locales de FSCr. Desde que otras áreas de la corteza no se activan, probablemente el estudio PET reflita un cambio funcional en un área relacionada con el procesamiento emocional, en vez de un calentamiento localizado. Si el calentamiento es causado por una proximidad a la fuente de RF entonces se esperaría observar un gradiente de temperatura que emana desde las proximidades de la fuente y disminuye a lo largo de un camino por el cuero cabelludo, el cráneo, las meninges, y luego, el tejido cerebral adyacente a la fuente cercana a las orejas. Este gradiente se correlaciona bien con los estudios termográficos de la superficie del hueso de la cabeza y temporal, pero no en el tejido cerebral.

Por último, una de las preguntas de investigación más importante es si los niveles de RF por debajo de los efectos térmicos suelen provocar cambios en el sistema nervioso y sus funciones. D'Andrea y otros (2003) concluyeron que al menos durante el período objeto de examen, no había pruebas concretas para tales efectos subtérmicos y que casi todas las pruebas pueden ser explicadas por la generación de calor en el tejido nervioso.

Cognición, memoria y atención

Un pequeño número de experimentos se llevó a cabo antes de 2000 (Preece et al. 1999, Koivisto et al, 2000, 2001) y han sido analizados en detalle por el Informe Stewart (IEGCP, 2001). El objetivo de estos estudios fue detectar los efectos nocivos de los campos de RF en las funciones cognitivas, tales como en el tiempo de reacción, memoria a largo plazo, atención, concentración mental, entre otros.

Hay varios métodos confiables para registrar y cuantificar las variables comportamentales y cognitiva, aplicando técnicas estándar, instrumentadas o informatizadas. Estos experimentos reportaron un gran conjunto de variables (14-30) evaluadas en sujetos con un diseño experimental cruzado y una baja densidad de potencia de la radiación generada por el uso de teléfonos móviles cerca de la cabeza.

Pequeñas diferencias se observaron durante la irradiación, en comparación con la exposición simulada, en una o dos variables, tales como tiempo de reacción simple, una tarea mental en reposo y una tarea de vigilancia. Sorprendentemente, en todos los estudios involucrando RF se observó una reducción del tiempo de reacción (TR) hasta 20 a 36 milisegundos, un valor que se considera muy importante, sin una reducción en la

precisión a expensas de la velocidad, y as veces con un aumento en la precisión.

Ambos grupos de investigadores han sugerido que la exposición a las señales de móviles en los niveles de energía dentro de las normas de exposición existentes demuestran claramente efectos biológicos que son de magnitud suficiente como para influir en el comportamiento. Propusieron que el posible mecanismo podría ser el efecto de aumentos de temperatura pequeños sobre la transmisión sináptica en la región de la corteza cerebral directamente ubicada cerca de la antena (estudios de PET, sin embargo, mostró que estas variaciones no se producen, por ejemplo, Huber et al., 2005). Otros estudios proporcionarían más datos sobre la existencia de este efecto en la atención. Por ejemplo, Papageorge et al (2006) informaron que la radiofrecuencia que emiten los teléfonos móviles afecta el procesamiento de la información pre-atenta, por observación del llamado componente P50 del potencial evocado auditivo.

Sin embargo, existe un número significativo de estudios contradictorios, especialmente cuando se utilizan los estudios bien diseñados experimentales, como la exposición diferencial a ambos lados de la cabeza, y un diseño controlado aleatorizado, doble-ciego. En estas condiciones Haarala et al, (2004, 2005, 2007), Curcio et al (2008), Besset et al (2005), Krause et al. (2007) y Russo et al (2006) no han encontrado evidencia de un efecto diferencial de la exposición a las señales de móviles en la memoria cognitiva, y diversas tareas de atención, incluso no han confirmado el primer estudio de Preece y Koivisto y el de Papageorge. Haarala et al (2005) concluyeron que un teléfono móvil estándar no tiene ningún efecto sobre las funciones cognitivas de los niños, si se miden por la velocidad y precisión de respuesta. También con los adolescentes, Preece et al (2005) fueron incapaces de reproducir sus propias experiencias de 2001, negando la evidencia de los efectos cognitivos de los teléfonos móviles.

Se sugirió por los revisores que, si bien en algunos estudios de las respuestas se ha obtenido en un tiempo más corto, esto no debe interpretarse como un efecto beneficioso de los teléfonos celulares, ya que podrían ser perjudiciales en las situaciones más complejas. Además, puesto que ningún experimento de larga duración se llevó a cabo, hay poca relevancia de dichos estudios a la cuestión de si el uso del teléfono celular es dañino para la salud. También faltan más estudios en niños (Sienkiewicz et al, 2005)

Electrofisiología y del sueño

Se han realizado muchos estudios electrofisiológicos sobre los efectos de los campos de RF en la salud humana en el EEG aguda y en los ERP en situaciones de estimulación aguda, con resultados modestos. Algunos estudios no pudieron mostrar ningún efecto, mientras que otros reportaron efectos pequeños sobre estos parámetros, sobre todo por los cambios sutiles en algunas partes del espectro del EEG. Por ejemplo, D'Costa et al (2003), Huber et al (2002) y Curcio et al (2005) hicieron experimentos controlados ciegos de exposición aguda para ver si el poder espectral de EEG durante la vigilia fue influenciado. Todos los experimentos encontraron un pequeño aumento en la banda alfa. Este efecto fue confirmado recientemente por un diseño cruzado doble ciego aleatorizado con 120 voluntarios (Croft et al. 2008). La modulación del pulso de RF fue necesaria para inducir cambios en el EEG en vigilia y en sueño. Loghran et al (2005) mostraron una rápida disminución de la latencia de movimiento ocular y de aumento de potencia espectral de EEG en el rango de frecuencias entre 11,5 a 12,25 Hz para la parte inicial del sueño después de la exposición. Otros estudios han demostrado un mayor rapidez de la relajación muscular y una ligera inducción del sueño REM (movimientos rápidos de los

ojos) en el primer período de sueño, sin efectos negativos sobre la salud del sueño.

Recientes estudios experimentales realizados con mejores metodologías, como diseños controlados doble ciego cruzados, han determinado que, aunque estos efectos existen en el EEG, son bastante modestos y que "los efectos en el EEG se mezclaron, sistemática e inconsistentemente con los informes anteriores . Los efectos de las radiofrecuencias en las respuestas eléctricas oscilatorias del cerebro suelen ser sutiles, variables y difíciles de replicar, por razones desconocidas "(Krause et al. 2007, Hinrikus et al, 2004).

En estudios previos en que los investigadores habin descubierto aparentes efectos en el sistema nervioso (cognición, EEG y sueño), revisados en 2001 por el Informe Stewart, el habia sugerido que *"la exposición a las señales de telefonía móvil a niveles de exposición por debajo de las normas de exposición existentes tienen efectos biológicos que son de magnitud suficiente como para influir en el comportamiento. El mecanismo causal no está clara, pero podría incluir un pequeño efecto de calentamiento localizado. La cuestión de los efectos sobre la seguridad de los teléfonos móviles es incierta. "*

En otra revisión de la literatura de la década anterior, Valentini et al (2007) también llegaron a la conclusión de que la RF pueden influir en la fisiología normal a través de pequeños cambios en la excitabilidad cortical. La importancia de estos resultados para la salud de los usuarios es todavía desconocida y hay mucha controversia sobre su existencia y significado, una vez que los estudios mejor controlados, realizados en 2007 y 2008 no pudieron proporcionar ninguna confirmación. Variables no controladas y las fluctuaciones aleatorias debido a pequeñas muestras pueden ser responsables de las respuestas positivas observadas. Por lo tanto, la propuesta de un mecanismo específico presentemente no parece justificado.

Aunque estas conclusiones fueron impugnadas por los estudios más recientes, doble ciegos, que emplean mejores formas de control. Por ejemplo, Inomata-Terada et al (2008) investigaron si los pulsos de RF emitidos por teléfonos móviles tendrían un efecto a corto plazo en la corteza motora humana, mediante la medición de potenciales evocados motores (MEP) causada por un solo pulso de estimulación magnética transcraneal (TMS) antes y después de la exposición al teléfono celular (activo o falsamente activo). No se detectaron efectos en el corto plazo.

En relación con el sueño, Roschke y Mann (2004) revisaron la literatura científica sobre los efectos de los campos de RF. Se encontraron varios estudios previos que mostraron una serie de efectos leves de inducción del sueño y aumento de la potencia promedia de las ondas alfa en el EEG de sueño inducido por RF, que fueron consistentes con los experimentos del EEG en reposo. Llegaron a la conclusión, sin embargo, que *"en el nivel actual de conocimiento, no hay conclusiones definitivas que se pueden extraer de los datos disponibles sobre riesgos para la salud. Aunque parece haber algunos efectos biológicos, estos no constituyen prueba de los efectos adversos para la salud."*

Una demostración de estos efectos para el uso intensivo de teléfonos celulares durante el día tendría consecuencias potenciales en términos de salud, ya que el sueño es muy importante para el bienestar general y su interrupción podría llevar a un deterioro de las funciones cognitivas, la memoria y a el estrés.

Recientes estudios mejor preparados no han podido demostrar ningún efecto de la exposición a RF de bajo nivel de los teléfonos móviles sobre la función del sueño. Fritz et

al (2008) investigaron el efecto de la exposición durante seis noches, no sólo en los parámetros del sueño evaluados por polisomnografía, sino también en una serie de pruebas neuropsicológicas. El análisis de datos se realizó mediante la comparación de la noche de sueño de referencia con la exposición de la primera y última noche y los dos primeros ciclos de sus noches de sueño. Encontraron *"un efecto significativo, tanto en los parámetros del sueño convencionales o los espectros de energía en el EEG y la dimensión de correlación, así como sobre las funciones cognitivas."* Su opinión era que *"los estudios del sueño realizado previamente han arrojado resultados inconsistentes con respecto a la exposición a corto plazo. Además, los datos sobre el efecto que la exposición a corto y largo plazo puede tener sobre el sueño y sobre las funciones cognitivas"* .

Otros resultados negativos fueron reportados por Kleinlogel et al (2008) para EEG y potenciales evocados relacionados a eventos, tareas y atención visual y auditiva, en un estudio aleatorio, cruzado, doble ciego.

Una posible explicación para los ligeros cambios en los niveles de conciencia, en el tiempo de reacción y en el procesamiento cognitivo y otros que merecen mayor investigación, podría ser de que algunas personas son más sensibles a estímulos muy sutiles que emanan de los dispositivos que emiten radiofrecuencia reales, en comparación con el ficticio. Esto podría ser, por ejemplo, una vibración ultrasónica, una sensibilidad de la piel a temperaturas más altas, o de otro tipo. Se ha demostrado que los jóvenes tienen un umbral de audición para las frecuencias de sonido con una frecuencia más alta (por encima de 24 kHz) que otros, lo que puede introducir un sesgo en los resultados (Corso, 1963).

Se ha comprobado también que un fenómeno llamado "audibilidad de microondas" se puede observar en algunos animales y seres humanos. Al parecer, está relacionado con la expansión de los líquidos del oído interno causado por el calentamiento y esto puede explicar una serie de efectos positivos de comportamiento y neurológicos relacionados con la atención, tanto en animales como en seres humanos.

Sistemas de visión, audición y vestibular

Hay pocos estudios experimentales publicados en estas áreas. Dos médicos brasileños, Balbani y Montovani (2008) revisaron la literatura sobre los teléfonos celulares, el oído y el sistema vestibular. Argumentan que, dado que los teléfonos están muy cerca de la oreja del usuario, piel, oído interno, nervio coclear y la superficie del lóbulo temporal, pueden absorber parte de su energía de radiofrecuencia y, a continuación algunos de los efectos que podrían esperarse. Además, un aumento de la temperatura de los fluidos internos del sistema vestibular, teóricamente, podrían inducir respuestas neurales en células receptoras, tales como vértigo y nistagmo. El vértigo es una de las quejas más frecuentes hechas por personas que afirman ser hipersensibles a la radiofrecuencia que emiten los teléfonos celulares. La proximidad de un teléfono celular a el ojo humano también plantea la cuestión de si la RF podrían afectar a las funciones visuales.

En el sistema auditivo, Uloziene et al (2005) investigaron los efectos agudos de la RF en la percepción auditiva, utilizando la audiometría estándar para evaluar la audición. Llegaron a la conclusión de que la exposición a 10 minutos de RF de un teléfono celular no tuvo un efecto inmediato después de la medición y el deterioro de la audición no se detectó como mensurables. La exposición fue muy corta, sin embargo, y generalmente la

deficiencia auditiva puede ser observada sólo después de estimulación a largo plazo con altas intensidades de sonido, entonces ningún posible efecto podría detectado por estos experimentos. En otros estudios con las respuestas evocadas auditivas del cerebro y las respuestas evocadas audiométricas (BERA), una medida más objetiva de la integridad del sistema auditivo, Hamblin et al (2006), Stefanics et al (2007), Cinel et al (2007), y otros Oysu al (2005) y Sievert et al (2005) evaluaron los efectos a corto plazo de las emisiones móviles en condiciones de uso normal en el umbral de potenciales evocados auditivos. Ningún estudio encontró un efecto significativo.

En el sistema vestibular, Sievert et al (2007) emplearon grabaciones videonistagmográficas, BERA y grabaciones de emisiones otoacústicas, con y sin un teléfono celular en uso. Investigaciones termográficas han sugerido que hablar al teléfono celular no provoca ningún aumento de la temperatura, así es que RF generadas usando el teléfono móvil no tiene un efecto en ningún punto del sistema auditivo (oído interno, cóliculo inferior del tronco, corteza auditiva), ni tampoco en los receptores vestibulares en el oído interno y en el sistema vestibular. En otro artículo (Pau et al, 2005), el grupo registró un aumento de la temperatura del hueso intratemporal durante el uso de teléfonos móviles pero no pudo encontrar ningún valor superior a 0.1 grados C, lo que sugiere que la transmisión de energía de RF del teléfono celular no es suficiente para causar un calentamiento significativo. Más recientemente, Bamio et al (2008) también informaron no haber encontrado un efecto después de 30 minutos de exposición a la radiación de teléfonos GSM en el uso de la función vestibular evaluado por las emisiones otoacústicas transitorias (TOAE) y por videooculografía (VOG).

En la revisión de la literatura por Balbani y Montovani (2008) concluyeron que la exposición aguda a las señales de RF de los teléfonos móviles no influye en la función coclear de las células ciliadas externas en vivo o in vitro, ni las propiedades eléctricas del nervio coclear, y ni fisiología del sistema vestibular en seres humanos. No parece haber ninguna evidencia de daño causado por los teléfonos celulares coclear-vestibular.

En el sistema visual, Schmid et al (2005) pusieron a prueba 58 sujetos humanos a cuatro diferentes parámetros de la función visual, utilizando un estudio doble ciego, cruzado, y no encontraron diferencias estadísticas entre los agudamente expuestos y no expuestos. Se midió la distribución de densidad de potencia en la corteza visual, y determinó que, en condiciones de alta exposición media de los sujetos evaluados, la absorción de la radiación por la corteza del lóbulo temporal izquierdo del cerebro fue de 0,63 W/kg (SAR de 1 g promedio) y 0,37 W/kg (SAR de 10 g en promedio). La condición de baja exposición fue de una décima parte de la más alta exposición, a por lo menos 50 dB (que corresponde a un factor de 100.000 por debajo de la mas baja exposición. Irlenbusch et al (2008) investigaron una función sensible de la retina, el umbral de discriminación visual (VDThr). No hubo diferencia estadísticamente significativa en la VDThr en la comparación de los datos obtenidos para la exposición a RF con la exposición simulada.

En ninguna investigación experimental publicada en revistas importantes cubiertas por MEDLINE se encontró algo sobre los sentidos de los sistemas químicos (gusto y olfato) en relación con la exposición a RF.

Sistema endocrino

El sistema endocrino es particularmente sensible a los diversos agentes del medio ambiente físico, y la radiofrecuencia de alta potencia puede causar un calentamiento y

afectar negativamente a las glándulas endocrinas (Negro y Heinicke, 2003). Las acciones de ondas electromagnéticas de alta frecuencia teóricamente podrían estar mediadas de dos maneras: en primer lugar, por acción directa sobre el tejido glandular, y en segundo lugar, al actuar sobre el cerebro basal y la glándula pituitaria (o hipófisis) mediante la modificación de la secreción de factores de liberación hipotalámicos y / o de la hormona secretada por la neurohipófisis anterior. En cualquier caso, las glándulas de destino como la tiroides, corteza suprarrenal, los ovarios y los testículos suelen ser afectados. La hormona del crecimiento, prolactina, la oxitocina, hormona antidiurética, y otros también, podrían verse afectadas.

Hay muchos estudios en animales de experimentación, pero son pocos los estudios con voluntarios humanos con densidades de energía de bajo nivel por debajo de los niveles de seguridad de la ICNIRP.

Djeridane et al (2008) investigaron el efecto de la exposición a RF de acuerdo con la GSM de 900 MHz en los patrones de secreción de hormonas en hombres sanos, como los esteroides (cortisol y testosterona) y hormonas de la hipófisis (hormona estimulante del tiroide, hormona de crecimiento, prolactina, y ACTH, o adrenocorticotropina). La exposición fue diaria, durante un mes y las hormonas se midieron mediante muestras de sangre cada hora antes del comienzo, durante e al final del período de exposición. El estudio informó que todas las concentraciones de la hormona se mantuvieron en el nivel fisiológico normal, y que los perfiles circadianos no se interrumpieron. Para la hormona del crecimiento y el cortisol, hubo una disminución significativa de alrededor del 28% y 12% respectivamente, 2 y 4 semanas después de la exposición, pero esta diferencia no se mantuvo en la post-exposición, por lo tanto otros factores distintos de la RF podrían ser responsables por esto (ningun grupo control fue creado).

Ningún efecto perjudicial se encontró en la secreción de melatonina por la exposición a GSM (Bortkiewicz et al 2002, Seze et al, 1999).

La evidencia científica disponible parece indicar, por lo tanto, que no hay efectos de la RF de baja potencia en las funciones endocrinas en el ser humano.

Sistema cardiovascular

Aunque algunos experimentos se han realizado en relación a los posibles efectos de RF no laborales de bajo nivel, principalmente la emitida por los teléfonos celulares (Braune et al, 1998), la conclusión general es que no hay pruebas documentadas de los efectos sobre frecuencia cardíaca y presión arterial.

En un estudio doble ciego cruzado, Barker et al (2007) estudiaron la presión arterial media (PAM), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y los niveles plasmáticos de catecolaminas en voluntarios sanos. A pesar de la gran potencia estadística del estudio, que podría discriminar los cambios de cerca de 1 mmHg en la PAM, no hubo diferencias entre los grupos expuestos y no expuestos a los teléfonos GSM y TETRA.

Nam et al (2007) no encontraron diferencias en varios parámetros cardiovasculares entre los adolescentes expuestos y no expuestos a los teléfonos celulares mediante el envío de RF emitida por teléfonos CDMA (presión arterial sistólica y diastólica, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, impedancia de la piel), a excepción de una ligera disminución de impedancia de la piel.

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), una medida de la actividad del sistema nervioso autónomo sobre el corazón, no ha cambiado significativamente en adultos expuestos (Ahamed et al, 2008; Parazzini et al, 2007). Debido a que estos datos se observan en los recién nacidos en incubadoras, es probable que los resultados fueron el resultado de los campos electromagnéticos relativamente intensos producidos por las bombas eléctricas y motores de las mismas y no por la RF de los teléfonos (Bellieni et al, 2008). Estos dispositivos emiten muchos tipos de campos de RF, que van desde las frecuencias extremadamente bajas (50 a 60 Hz) a las de alta frecuencia, con diferentes energías y contribuciones.

El síndrome de hipersensibilidad electromagnética

La energía electromagnética fuera del espectro visible e del infrarrojo no es, en circunstancias normales, detectada por los seres humanos, porque nosotros no tenemos receptores especializados para transducir directamente a sus frecuencias específicas. Además, los dispositivos utilizados por el público, tales como localizadores, teléfonos inalámbricos, radiocomunicadores de dos vías y teléfonos celulares, transmiten a niveles muy bajos de potencia (en el estándar GSM, un teléfono celular moderno típico con el UMTS activado tiene un poder de irradiación de sólo 250 a 300 mW). Señales de RF de transmisión por radio terrestres y por satélite y televisión tienen una densidad de energía aún muy baja a nivel de las viviendas, así como las estaciones radiobase digitales y puntos de acceso inalámbricos (por lo general unos pocos microwátios por cm²).

Sin embargo, un subgrupo de la población reporta que hay personas que son sensibles a estos campos de RF, que afirman ser capaces de detectar cuando están cerca de ellos, o que son aptos a discriminar cuando un teléfono celular está encendido o apagado. Este fenómeno ha sido llamado hipersensibilidad electromagnética y no es necesariamente perjudicial para ellos.

El fenómeno patológico en este sentido es que algunas personas, dichas sensibles o no, informan sufrir de una serie de angustiosos síntomas subjetivos durante y después de usar un teléfono celular y otros dispositivos de radio que emiten, o cuando están cerca de una antena local de RF. Estos síntomas no son específicos y están presentes en muchas enfermedades, como en los resfriados y la gripe (dolor de cabeza, náuseas, fatiga, dolores musculares, malestar general, etc.) En la ausencia, hasta ahora, de un mecanismo para explicar estos síntomas y de una relación de causalidad indiscutible en relación con la radiación de radiofrecuencia, a esta constelación se llamó originalmente el síndrome de hipersensibilidad electromagnética, o EHS, pero recientemente la Organización Mundial de la Salud, en un taller dedicado a estudiar este tema, decidió cambiar el nombre para Intolerancia Idiopática Atribuida a los Campos Electromagnéticos en el medio ambiente (IEI-EMF, en inglés). El nuevo nombre se ubica dentro de una gama de otras intolerancias reconocidas provisionalmente a agentes ambientales químicos o físicos, con o sin una causa probada. De hecho, el fenómeno se considera grave y frecuente, suficiente para justificar una conferencia internacional en Praga, República Checa, en 2004 para examinar y discutir el asunto (Suave et al, 2004). Más recientemente, un país (Suecia) ha reconocido la existencia del fenómeno de la IEI-EMF y determinó pagos financiados por el estado de algunos trabajadores que relatan sufrir de la IEI-EMF (Grandlund-Lind y Lind, 2004).

La prevalencia de la sensibilidad a intolerancia idiopática a los campos electromagnéticos no parece ser pequeña: Eltit y otros (2006), en una encuesta realizada en EE.UU. informaron que 4 de cada 100 personas de la población general a menudo sufren de problemas de salud. En Suiza, Schreier et al (2006) encontraron una prevalencia del 5%. Entre los problemas de salud reportados eran más frecuentes los trastornos del sueño (43%) y cefaleas (34%), que se atribuyeron principalmente a las líneas de energía y a los teléfonos celulares. Además, el 53,5% estaban preocupados por los efectos adversos de campos electromagnéticos, pero sin atribuir sus síntomas. El fenómeno es real, y la calidad de vida de estas personas sufre mucho con los síntomas debilitantes, y la vida en el ambiente de trabajo y en casa llega a ser difícil (Bergqvist y Vogel, 1995, Irvine, 2007).

Cabe señalar que tales síntomas no específicos son muy comunes en muchas enfermedades y son muy prevalentes en la población. El problema es que la mayoría de los estudios bien realizados ha demostrado que, en general, no existe una asociación entre la exposición a RF y los síntomas del IEI-EMF. En una revisión sistemática de 13 investigaciones sobre el fenómeno llevada a cabo entre 2000 y 2004 (Seitz et al, 2004) llegó a la conclusión de que *"con base en estudios limitados, no hay pruebas válidas de una asociación entre daños al bienestar causados por la exposición a la radiación de los teléfonos móviles de hoy. Sin embargo, la limitada cantidad y calidad de las investigaciones en este ámbito no permite descartar definitivamente la existencia de efectos a largo plazo en la salud."*

En la más reciente meta-análisis realizada por Rösli (2008), se combinaron los resultados de siete ensayos, y la conclusión fue que *"no había pruebas de que los individuos que se declaran sufrir del IEI-EMF podrían detectar mejor que otros la presencia o ausencia de campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Hay poca evidencia de que la exposición a corto plazo a un teléfono móvil o estación radiobase causen síntomas, con base en los resultados de ocho estudios aleatorizados que investigaban en un laboratorio 346 personas con IEI-CEM y 194 normales."*

La revisión sistemática más reciente de todos los estudios también concluyeron que la exposición a campos electromagnéticos no está asociado con síntomas de IEI-EMF (Rubin, 2009). Así que parece de la evidencia disponible, la mayoría de las incertidumbres de la IEI-EMF se han reducido y el fenómeno es considerado hoy como debido a otros factores, la conclusión del informe de 2004 de la OMS para el IEI-CEM (Irvine et al, 2004):

"La mayoría de los estudios indican que los individuos con IEI no puede detectar la exposición a los CEM con mayor precisión que cualquier persona no-IEI. En general, estudios controlados por doble ciego han demostrado que los síntomas no parecen estar correlacionados con la exposición a los CEM. También hay alguna evidencia de que estos síntomas pueden deberse a trastornos psiquiátricos pre-existentes, así como a reacciones de estrés, o de creer en los efectos de los CEM sobre la salud, en lugar de la exposición a los CEM por sí mismo. Se añadió que la IEI no debe utilizarse como un diagnóstico médico, ya que actualmente no hay base científica para relacionar los síntomas a la exposición en la IEI."

Los expertos de la OMS también recomendaron en esa reunión que las víctimas del EMF-IEI suelen recibir tratamiento médico por sus condiciones, incluso si la relación de causalidad no ha sido establecida. Esto debe incluir una evaluación médica para identificar y tratar las condiciones específicas que pueden ser responsables de los

síntomas, una evaluación del lugar de trabajo y del hogar acerca de los factores que pueden contribuir a los síntomas (contaminación del aire, ruido excesivo, pobre iluminación, etc .) y una evaluación psicológica para determinar alternativas de trastornos psiquiátricos y psicológicos.

Comentarios sobre los resultados de la experimentación humana

Es notable el cambio que se produjo en la opinión de expertos sobre los supuestos efectos de las radiofrecuencias en la salud por debajo de los niveles de seguridad en los últimos cinco años. A finales de 2001, un grupo de expertos de gran prestigio en el Reino Unido, el Grupo de Expertos Independientes en Teléfonos Móviles (IEGMP) publicó una extensa revisión bibliográfica, que fue nombrado rápidamente como el Informe Stewart, debido al nombre de su coordinador. El informe causó gran impacto en la prensa especializada y en los medios de comunicación de masa. El informe instaba a la adopción de un enfoque más estricto de precaución por el gobierno y el público, expresando la opinión de que:

"El balance de la evidencia hasta la fecha sugiere que la exposición a la radiación de RF por debajo de las normas ICNIRP y del NRPB no causan efectos adversos a la salud de la población en general. En la actualidad existe evidencia científica, sin embargo, que sugiere que pueden haber efectos biológicos que ocurren en niveles por debajo de estas directrices. Esto no significa necesariamente que estos efectos conducen a la enfermedad o lesión, pero la información es potencialmente importante y consideramos las consecuencias de eso. No es posible ahora decir que la exposición a la radiación RF, incluso en niveles por debajo de las directrices nacionales, es totalmente sin efectos adversos para la salud, y que las lagunas en los conocimientos son suficientes para justificar un enfoque de precaución. Se concluye que el balance de la evidencia indica que no hay riesgo para la salud general de las personas que viven cerca de estaciones radiobase, ya que las exposiciones atingen fracciones pequeñas de la normativa de protección. Sin embargo, puede haber efectos secundarios negativos sobre su bienestar en algunos casos. "

Dado que los niveles de radiación de RF en los que las investigaciones se realizaron fueron inferiores a los niveles internacional, que se consideran seguros, es decir, sin calentar el tejido es posible, el Informe Stewart fue realmente el primero en sugerir que podría haber una acción no térmicos de las radiofrecuencias de la suficiente magnitud como para causar efectos observables.

En los años siguientes, sin embargo, se llevaron a cabo varios estudios experimentales en seres humanos, con mejores forma de control experimental, que llevaron a la refutación de la mayor parte de las conclusiones del IEGMP y que no apoyaran la hipótesis de un efecto no térmico como causa de los efectos RF adversos para la salud. La actual evidencia científica apunta una ausencia de efectos adversos en los seres humanos por debajo de los umbrales térmicos, sin influencias peligrosas al bienestar de los usuarios y no usuarios de teléfonos celulares y de las personas que viven cerca de antenas de las estaciones radiobase, y que no hay pruebas convincentes de la existencia de efectos significativos en las esferas cognitiva, comportamental y neurofisiológica para la salud de los usuarios.

Varias organizaciones nacionales e internacionales han revisado los efectos de los CEM

de RF en la salud humana últimamente. La fuente más fiable, la Organización Mundial de la Salud, puso en marcha en 2010 la siguiente declaración al respecto:

Organización Mundial de la Salud (2010) - Ficha N ° 193

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>

"Un gran número de estudios han investigado los efectos de los campos de RF en la actividad eléctrica del cerebro, la función cognitiva, el sueño, el ritmo cardíaco y la presión arterial en voluntarios humanos. Hasta la fecha, estas investigaciones sugiere que no hay evidencia consistente de los efectos adversos para la salud de la exposición a campos de RF a niveles inferiores a los que causan calentamiento de los tejidos. Además, las encuestas no fueron capaces de prestar apoyo a una relación causal entre la exposición a campos electromagnéticos y el auto-reporte de síntomas, o "hipersensibilidad electromagnética".

Estudios experimentales en seres humanos en América Latina

No hemos encontrado ningún estudio en seres humanos experimentales significativos y de calidad sobre los efectos de los campos de RF en la salud humana en América Latina.

Las principales conclusiones y la declaración del Grupo Latinoamericano de Expertos respecto a las investigaciones con seres humanos son las siguientes:

Los estudios experimentales en seres humanos se llevaron a cabo con el fin de investigar los posibles efectos agudos de los campos de RF, especialmente los emitidos por los teléfonos móviles en estrecho contacto con el cuerpo humano, en diversos sistemas de órganos en voluntarios humanos sanos. La mayoría de los estudios de buena calidad no mostraron efectos adversos significativos, o han reportado cambios menores en los parámetros fisiológicos y de comportamiento de interés.

En el sistema nervioso, muchas variables cognitivas y de comportamiento fueron investigados, tanto en niños como adultos, y ahora es ampliamente aceptado que no hay efectos significativos del uso de teléfonos celulares en los parámetros cognitivos y de comportamiento. En relación con los cambios en el EEG en reposo, aunque los estudios iniciales han mostrado un ligero aumento en la frecuencia alfa y en el sueño REM, estudios más recientes y mejor diseñados utilizando polisomnografía no han podido demostrar ningún efecto sobre el EEG y sobre los patrones de sueño. Otros investigaron los efectos de bajos niveles de radiofrecuencia que emiten los teléfonos celulares en los sistemas sensoriales, tales como dolor, visión, audición y los sistemas vestibular, así como los sistemas endocrino y cardiovascular, y resultaron casi todos negativos, es decir, no hay evidencia demostrada. Por consiguiente, concluimos que, salvo pequeñas variaciones en el desempeño de algunas tareas cognitivas y en el EEG, la exposición de los usuarios de teléfonos celulares dentro del rango normal de intensidades y frecuencias no parecen afectar el sistema nervioso central, estructural o funcionalmente.

Debido a el hecho que el cerebro es el órgano más cercano a la antena de un teléfono celular en uso en la oreja, en teoría sería lo más afectado por la radiación no ionizante emitida por ele, tanto por efectos térmicos y no térmicos. Sin embargo, a pesar de su sensibilidad a los agentes externos físicos y químicos, tal hecho, ampliamente estudiado por la ciencia, no está probado, lo que nos permite estimar que otros órganos, más lejos

de la fuente de radiación, tampoco sufrirían interferencia.

Incluso en los estudios que fueron capaces de demostrar un efecto moderado, estos no parecen ser perjudiciales para la salud, y su importancia en la exposición a largo plazo no pudo ser verificada. Los estudios con imágenes cerebrales funcionales y termografía han demostrado que no hay calentamiento profundo significativo causado directamente por la radiación de radiofrecuencia, tanto en el hueso y el cerebro.

En cuanto al llamado síndrome de hipersensibilidad electromagnética, la conclusión es que los individuos que se dicen susceptibles a la exposición a RF no son capaces de detectarla más do que las personas insensibles, y que sus síntomas no son debidos a la exposición a la RF, sino a otros factores.