

Telefones celulares: influência nos sistemas auditivo e vestibular

Mobile phones: influence on auditory and vestibular systems

Aracy Pereira Silveira Balbani ¹, Jair Cortez Montovani ²

Palavras-chave: audição, microondas, ondas de rádio, telefone celular.

Keywords: hearing, microwaves, radio waves, cellular phone.

Resumo / Summary

Os sistemas de telecomunicações emitem radiofrequência, uma radiação eletromagnética invisível. Telefones celulares transmitem microondas (450900 MHz no sistema analógico e 1,82,2 GHz no sistema digital), muito próximo à orelha do usuário. Esta energia é absorvida pela pele, orelha interna, nervo vestibulococlear e superfície do lobo temporal. **Objetivo:** Revisar a literatura sobre influência dos telefones celulares na audição e equilíbrio. **Forma de Estudo:** Revisão sistemática. **Metodologia:** Foram pesquisados artigos nas bases Lilacs e Medline sobre a influência dos telefones celulares nos sistemas auditivo e vestibular, publicados de 2000 a 2005, e também materiais veiculados na Internet. **Resultados:** Os estudos sobre radiação do telefone celular e risco de neurinoma do acústico apresentam resultados contraditórios. Alguns autores não encontram maior probabilidade de aparecimento do tumor nos usuários de celulares, enquanto outros relatam que a utilização de telefones analógicos por 10 anos ou mais aumenta o risco para o tumor. A exposição aguda às microondas emitidas pelo celular não influencia a atividade das células ciliadas externas da cóclea, in vivo e in vitro, a condução elétrica no nervo coclear, nem a fisiologia do sistema vestibular em humanos. As próteses auditivas analógicas são mais suscetíveis à interferência eletromagnética dos telefones celulares digitais. **Conclusão:** Não há comprovação de lesão cocleovestibular pelos telefones celulares.

Telecommunications systems emit radiofrequency, which is an invisible electromagnetic radiation. Mobile phones operate with microwaves (450900 MHz in the analog service, and 1,82,2 GHz in the digital service) very close to the user's ear. The skin, inner ear, cochlear nerve and the temporal lobe surface absorb the radiofrequency energy. **Aim:** literature review on the influence of cellular phones on hearing and balance. **Study design:** systematic review. **Methods:** We reviewed papers on the influence of mobile phones on auditory and vestibular systems from Lilacs and Medline databases, published from 2000 to 2005, and also materials available in the Internet. **Results:** Studies concerning mobile phone radiation and risk of developing an acoustic neuroma have controversial results. Some authors did not see evidences of a higher risk of tumor development in mobile phone users, while others report that usage of analog cellular phones for ten or more years increase the risk of developing the tumor. Acute exposure to mobile phone microwaves do not influence the cochlear outer hair cells function in vivo and in vitro, the cochlear nerve electrical properties nor the vestibular system physiology in humans. Analog hearing aids are more susceptible to the electromagnetic interference caused by digital mobile phones. **Conclusion:** there is no evidence of cochleo-vestibular lesion caused by cellular phones

¹ Doutorado, Professora Voluntária Doutora da Disciplina de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP).

² Livre-Docente da Disciplina de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço.

Disciplina de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço. Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP).

Endereço para correspondência: Dra. Aracy P. S. Balbani - Rua Capitão Lisboa 715 cj. 33 Tatuí SP 18270-070.

Tel./fax: (0xx15) 3259-1152 - E-mail: a_balbani@hotmail.com

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBORL em 5 de maio de 2006. cod. 1899.

Artigo aceito em 5 de abril de 2007.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de telecomunicações - rádio, televisão, telefones sem fio, telefonia celular, pagers, radares e satélites - emitem uma radiação eletromagnética invisível, a radiofrequência (RF). Esse espectro de radiação abrange as microondas (frequências de 300 MHz a 300 GHz) e se estende até o limiar do infravermelho^{1,2} (Figura 1).

A RF também é empregada no dia-a-dia através dos fornos de microondas e equipamentos médicos de diatermia (termo-ablação), úteis no tratamento de arritmias cardíacas, tumores e outras afecções^{3,4}.

A partir da década de 1970, a Organização Mundial de Saúde, governos de diversos países, pesquisadores e fabricantes de equipamentos para telecomunicações vêm estudando os efeitos da RF na saúde humana. Isso se justifica pelo grande número de transmissores e antenas de telecomunicações instaladas junto a áreas residenciais, bem como pela crescente utilização dos telefones celulares⁵. Com base nesses estudos foram estabelecidos limites de tolerância para a exposição humana à radiação eletromagnética, os quais são revistos periodicamente por comissões técnicas^{1,5}.

Todavia, ainda existe preocupação com a possibilidade do aparecimento de câncer linfático, tumores do sistema nervoso central (incluindo o neurinoma do acústico), melanoma da coróide e outras doenças nos indivíduos cronicamente expostos à RF, motivando a realização de trabalhos epidemiológicos e experimentais⁵⁻⁸.

Um dos temas mais abordados pelos cientistas no momento é o efeito do uso dos telefones celulares na saúde das pessoas, uma vez que esses aparelhos transmitem microondas (450-900 MHz no sistema analógico, e 1,8-2,2 GHz no sistema digital)⁵ muito próximo à cabeça - mais precisamente à orelha - do usuário. Lembramos que no Brasil já há cerca de 90 milhões de usuários de telefones celulares¹.

Nesta revisão são apresentados tópicos de interesse dos otorrinolaringologistas: os efeitos biológicos da radiofrequência, a relação entre o uso de telefones celulares e os tumores do sistema nervoso central, e os efeitos da radiação eletromagnética dos telefones celulares no sistema auditivo, no labirinto vestibular e nas próteses auditivas.

REVISÃO DE LITERATURA

Foram pesquisados artigos indexados nas bases de dados Lilacs e Medline. Selecionamos os trabalhos publicados no período de 2000 a 2005. Consultamos também materiais da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e de fabricantes de telefones celulares veiculados em sítios da Internet.

Efeitos biológicos da radiofrequência/microondas

Ao contrário dos raios-X e radiação gama, a RF é

uma radiação não-ionizante, ou seja, não possui energia suficiente para desestabilizar os elétrons dos átomos e quebrar ligações químicas na molécula de DNA^{2,5,9}.

Didaticamente, as ações da RF nos organismos vivos dividem-se em:

1) efeitos térmicos: são os mais conhecidos. Resultam da polarização das moléculas de água durante a passagem da onda eletromagnética pelos tecidos, ocasionando aquecimento (variação de temperatura acima de 1°C)⁹. Esse é o princípio do funcionamento dos fornos de microondas e aparelhos médicos de diatermia⁴.

Nas cirurgias de termo-ablação são utilizados equipamentos geradores de RF entre 350 e 500 kHz, ou microondas com frequência acima de 2 GHz. Ocorre elevação da temperatura do tecido até 50-100°C, provocando necrose de coagulação no local. Temperaturas superiores a 100°C resultam na vaporização e carbonização dos tecidos³.

Nos trabalhadores em telecomunicações expostos acidentalmente a uma carga elevada de radiofrequência a absorção de energia também provoca aquecimento. Podem ocorrer queimaduras na pele e lesões nos tecidos mais sensíveis ao calor, como o cristalino do olho, os testículos e o cérebro, ocasionando, respectivamente, catarata, infertilidade masculina e convulsões^{1,5}. Daí a necessidade de normas de segurança para blindagem dos equipamentos que emitem RF/microondas e proteção dos trabalhadores expostos à radiação¹.

A potência dos transmissores de rádio e TV pode alcançar vários quilowatts, e a das estações radiobase de telefonia celular, mais de 100 W^{5,10}. Por outro lado, a potência dos aparelhos celulares e da base dos telefones sem fio é muito baixa: apenas 0,01-2 W e 0,09W, respectivamente^{5,10,11}. Por este motivo, os telefones celulares não causam efeitos térmicos no organismo do usuário. Calcula-se que o aumento da temperatura da cabeça durante o uso do celular não ultrapasse 0,11°C⁵, embora seja comum a sensação de aquecimento da orelha durante a chamada telefônica¹².

2) efeitos não-térmicos: ocorrem sem variação da temperatura do tecido biológico. Ainda não totalmente elucidados, são objeto de grande polêmica nos meios científicos. Incluem a indução de forças elétricas e, talvez, o aumento da síntese de heat shock proteins nas células¹³. A maior expressão dessas proteínas ocorre na resposta fisiológica de defesa celular contra o estresse oxidativo, variações de pressão osmótica e outros fatores. Entretanto, a síntese contínua das heat shock proteins pode estar envolvida na oncogênese, através de inibição da apoptose celular¹³. Esse seria um mecanismo pelo qual a exposição crônica a cargas elevadas de RF supostamente provocaria câncer em indivíduos suscetíveis¹³, o que ainda está em debate na comunidade científica.

Até o momento, nenhum estudo comprovou que a exposição à RF sem efeitos térmicos provoca mutações

genéticas ou aberrações cromossômicas em células de mamíferos. Isso sugere que a RF não tem a capacidade de iniciação tumoral^{2,9}.

Já foram realizados trabalhos para avaliar os possíveis efeitos não térmicos da radiação eletromagnética dos celulares sobre a atividade elétrica do sistema nervoso central (SNC), sintetizados por D'Andrea et al.¹⁴. Os resultados foram controversos: alguns estudos não evidenciaram alterações do eletroencefalograma, enquanto outros registraram modificações das ondas alfa e beta (em humanos) e delta (em ratos)¹⁴.

Medida da dose de radiofrequência

Para medir a dose de energia absorvida pelos indivíduos expostos à RF usa-se a taxa de absorção específica (Specific Absorption Rate - SAR). A SAR é expressa em energia (Watts) por massa de tecido (quilogramas)^{1,2}.

A SAR de corpo inteiro nos seres humanos depende de diversos fatores, tais como: as características do campo eletromagnético (baixa ou alta frequência, por exemplo); a distância e a orientação espacial do campo em relação à pessoa; a geometria do indivíduo (se bebê, criança ou adulto; pessoa alta ou baixa) e a composição de água dos diferentes tecidos¹.

Especificamente em relação aos telefones celulares, a SAR varia também de acordo com o modelo do aparelho, o sistema tecnológico de transmissão (analogico ou digital), a distância da cabeça do usuário em relação à antena do aparelho, e a distância do celular em relação à estação radiobase².

Os celulares digitais (TDMA - acesso múltiplo por divisão de tempo; CDMA - acesso múltiplo por divisão de código e GSM - Global System for Mobile Communications) expõem os usuários a uma SAR quase sempre inferior a 1 W/kg na cabeça, muito abaixo dos limites máximos de exposição considerados seguros^{2,11}. Os comitês de proteção radiológica de diversos países tendem a estabelecer como limite de tolerância a SAR de 10 W/kg¹⁵. Porém, é importante seguir as recomendações dos fabricantes: não tocar na antena do celular nem deixá-la apoiada na cabeça enquanto o aparelho estiver em uso.

Relação entre o uso de telefones celulares e tumores do sistema nervoso central

Durante a utilização do telefone celular a energia da RF e microondas é absorvida pela pele da região auricular, orelha interna, nervo vestibulococlear e pequena área superficial do lobo temporal¹⁶. Hipoteticamente, essas regiões seriam mais predispostas ao surgimento de tumores nas pessoas que usam celulares de modo regular.

Vários estudos caso-controle avaliaram a relação entre o uso de celulares e os tumores do SNC (Tabela 1).

Muscat et al.¹⁷ analisaram 469 casos de neoplasias cerebrais e 422 controles. O perfil dos usuários de

telefone celular foi semelhante nos dois grupos: houve predomínio de indivíduos do sexo masculino, na faixa etária de 30 a 49 anos, os quais geralmente trabalhavam como vendedores. Não foi encontrada associação entre a exposição à RF emitida pelo aparelho e o aparecimento da neoplasia. Além disso, os tumores do lobo temporal tiveram maior probabilidade de ocorrer no lado oposto ao do uso habitual do celular.

Resultado semelhante foi obtido por Inskip et al.¹⁸, e por Muscat et al.¹⁹. Também não foi encontrada relação entre o diagnóstico destes tumores, o tempo de uso do celular (em anos) e a frequência de realização das chamadas.

Os três trabalhos coletaram dados da década de 1990, quando quase todos os celulares eram analógicos. Nos dias atuais eles foram praticamente substituídos pela tecnologia digital, na qual as características da emissão de microondas são diferentes: menor potência de saída, porém em frequências mais altas².

Considerando essa variável, Hardell et al.²⁰ analisaram 1.429 casos de tumores do SNC. Encontraram aumento do risco de tumores - principalmente do lobo temporal - pelo uso de celulares analógicos durante mais de um ano, e de celulares digitais por mais de cinco anos. Para os 159 casos de neurinoma do acústico incluídos no trabalho, o RR foi 4,4 (IC 95%=2,1-9,2) nos usuários de celulares analógicos e 1,4 (IC 95%=0,8-2,4) nos usuários de aparelhos digitais, ou seja, a probabilidade de ocorrer o tumor nesses indivíduos foi maior do que a esperada.

Christensen et al.²¹ analisaram casos de neurinoma do acústico e não observaram risco aumentado do tumor entre os usuários de celulares. Também não houve influência do uso de celular por um período de 10 anos ou mais, nem relação entre o lado de uso do telefone e a localização do tumor, ou entre o tempo de exposição à radiação do aparelho e o tamanho do neurinoma.

Para Lönn et al.⁷, que pesquisaram 148 casos de neurinoma, há associação entre o uso regular de celular analógico por 10 anos ou mais e a ocorrência do tumor, preferencialmente na orelha irradiada pelas microondas. Posteriormente foram apontadas falhas na análise estatística do trabalho²².

Hardell et al.²³ estudaram 413 pacientes com tumores benignos do SNC (305 casos de meningioma, 84 de neurinoma do acústico e 24 de outros tipos histológicos) e aumento do risco de tumor nos usuários de celulares analógicos. Em pessoas que usavam o celular há mais de 15 anos, o risco relativo foi ainda mais elevado. Apesar da pequena casuística, os autores afirmam que o uso de celular é fator de risco para o aparecimento do neurinoma do acústico.

Num estudo de coorte retrospectivo feito na Dinamarca, Johansen et al.²⁴ analisaram os dados de 420.095 usuários de celulares. O RR de aparecimento de tumores

do SNC nesses indivíduos foi 0,95 (IC 95%=0,8-1,1). Para os tumores do lobo temporal, o RR foi 0,86 (IC 95%=0,4-1,5). Não houve aumento do risco de neurinoma do acústico. Fica a ressalva de que 69% das pessoas incluídas na coorte utilizavam o celular há apenas 1-2 anos, impossibilitando avaliar o impacto do uso prolongado do aparelho no surgimento dos tumores do SNC².

Um aspecto importante na interpretação desses dados é que o tempo (em anos) e a frequência de uso do celular (número ou duração das chamadas) são medidas imprecisas da exposição às microondas. Conforme visto na seção de efeitos biológicos da RF, a SAR sofre grande variação na dependência de inúmeros fatores².

Efeitos da radiação eletromagnética dos telefones celulares no sistema auditivo

1) Efeitos agudos

Ozturan et al.¹¹ avaliaram as emissões otoacústicas evocadas (transientes e produtos de distorção) em 30 adultos com audição normal, antes e após uma chamada telefônica com duração de 10 minutos. Foi usado celular transmitindo microondas em padrão GSM na frequência de 900 MHz. Não se observou alteração das otoemissões em decorrência do uso do celular.

Oysu et al.²⁵ avaliaram os efeitos agudos do campo eletromagnético do telefone celular no potencial evocado auditivo (BERA) de 18 voluntários com audição normal. O aparelho utilizado transmitia microondas na frequência de 900 MHz, com SAR de 0,82 W/kg, e era posicionado na orelha direita dos indivíduos. O BERA foi realizado antes e logo após uma chamada telefônica com duração de 15 minutos. Os autores não encontraram variação significativa da latência das ondas I, II e V, nem dos intervalos interpico I-III, III-V e I-V.

Sievert et al.²⁶ testaram a influência das microondas - emitidas de modo contínuo ou pulsado - no BERA de 12 voluntários saudáveis. O exame foi realizado antes, durante e após o uso do telefone celular. Foram empregados celulares nas duas orelhas, alternadamente, transmitindo microondas na frequência de 889 MHz. Não houve alteração significativa do BERA em decorrência do uso do celular.

Num experimento *in vitro*, Aran et al.⁸ realizaram cultura de células do órgão de Corti de ratos recém-nascidos. A exposição do órgão de Corti às microondas em padrão GSM, na dose de 1 W/kg por 24-48 horas, não alterou a ultra-estrutura das células ciliadas.

2) Efeitos crônicos

Kizilay et al.¹⁵ estudaram a possível interferência da RF na fisiologia coclear de ratos. Foram registradas as emissões otoacústicas de produtos de distorção em animais recém-nascidos e adultos, expostos às microondas em padrão GSM 900 MHz durante uma hora diária, ao longo

de 30 dias, comparando-as com animais do grupo controle não expostos à radiação. Ao término do experimento, não foram observadas alterações das otoemissões nos ratos em crescimento, nem nos adultos. Os autores presumem que o osso compacto ao redor da cóclea tenha o efeito de "blindagem", protegendo as células ciliadas dos efeitos das microondas.

Aran et al.⁸ utilizaram o modelo experimental de porquinhos-da-índia expostos às microondas em padrão GSM 900 MHz durante uma hora diária, cinco dias por semana, ao longo de dois meses. Apenas uma orelha do animal recebia a radiação, e os porquinhos foram divididos em quatro grupos: exposição a SAR 1 W/kg, 2 W/kg, 4 W/kg e não-expostos (controles). Foram avaliadas as otoemissões acústicas de produtos de distorção e os limiares do BERA, antes, durante e após o experimento. Ao final, os animais foram sacrificados para estudo histológico da cóclea.

Não foi encontrado efeito dose-resposta da radiação sobre as otoemissões acústicas. Ao BERA, observou-se aumento significativo da média dos limiares para ambas as orelhas em todos os animais (expostos às microondas e controles) ao longo dos dois meses de experimento. Os autores explicam o fato pelo crescimento dos animais, aumentando o tamanho da cabeça e, portanto, a distância entre as vias auditivas centrais e os eletrodos para registro do potencial evocado auditivo. Nos animais sob efeito das microondas não houve diferença dos limiares entre a orelha exposta à radiação e a orelha contralateral⁸.

No estudo histológico, apenas um dentre os 32 animais testados, pertencente ao grupo SAR 2 W/kg, apresentou ossificação completa da cóclea irradiada. De acordo com os pesquisadores, a labirintite ossificante unilateral costuma ocorrer nos porquinhos-da-índia em decorrência de otite média e meningite bacterianas, não sendo possível atribuir o achado neste animal exclusivamente à radiação⁸.

Efeito da radiação eletromagnética dos telefones celulares no sistema vestibular

Pau et al.²⁷ realizaram nistagmografia computadorizada em 13 voluntários sem doenças vestibulares, sob o efeito de microondas de 900 MHz, em padrão pulsado ou contínuo. Foi detectado nistagmo de pequena amplitude em cinco indivíduos durante a exposição às microondas contínuas, e em quatro durante a exposição às microondas pulsadas. Todavia, o achado foi considerado insignificante, não sendo interpretado como uma resposta vestibular.

Para avaliar o eventual efeito térmico provocado pelo celular sobre o canal semicircular lateral, os autores fizeram também um experimento de termografia por infravermelho em camadas ósseas e de tecidos moles. Não foi registrada variação de temperatura na profundidade equivalente à do labirinto, sugerindo que a potência de

transmissão das microondas pelo celular é insuficiente para causar aquecimento²⁷.

Efeitos da radiação eletromagnética dos telefones celulares nas próteses auditivas

As próteses auditivas mais antigas - sobretudo as analógicas - podem ser suscetíveis à interferência eletromagnética. Microondas em padrão pulsado, usadas nos telefones celulares digitais, podem ser demoduladas pelos semicondutores do circuito elétrico do aparelho auditivo e produzir ruído^{28,29}.

Para evitar este incômodo, um fabricante de telefones móveis oferece um acessório que pode ser usado por portadores de próteses analógicas. Trata-se de uma alça utilizada em volta do pescoço, a qual transmite o sinal do celular por indução até o aparelho auditivo. Segundo o fabricante, a alça de indução melhora o conforto acústico do usuário²⁹.

DISCUSSÃO

O avanço tecnológico dos sistemas de telecomunicações trouxe inegáveis benefícios às pessoas, mas o possível efeito deletério da radiofrequência (RF) e das microondas na saúde humana continua sendo um tema controverso.

As pesquisas já publicadas foram feitas nos EUA e Europa - especialmente nos países escandinavos -, onde estão os maiores fabricantes mundiais de aparelhos e estações radiobase para telecomunicação móvel. Não se comprovou a relação causal entre exposição à RF e o aparecimento de câncer, tumores do sistema nervoso central (SNC) ou outras doenças na população^{2,16}.

Porém, a Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não-Ionizante destaca que quase todos os levantamentos epidemiológicos restringem-se à população adulta⁵. Não se conhecem os efeitos da RF e microondas na saúde de crianças e adolescentes, os quais são usuários assíduos de telefones celulares nos dias atuais⁵. Além disso, admitindo que a RF e as microondas podem levar décadas para desencadear o aparecimento de tumores, é preciso continuar monitorando as pessoas expostas à radiação antes de concluir, definitivamente, que não há risco de desenvolver neoplasias^{5,16}.

Não foi provada a influência do uso do telefone celular na ocorrência de tumores malignos e benignos do SNC, especialmente os localizados no lobo temporal^{17,18,24}. Os estudos sobre a radiação do celular e o risco de neurinoma do acústico apresentam resultados contraditórios (Tabela 1). Alguns autores não encontram maior probabilidade de aparecimento do tumor nos usuários de celulares^{18,19,21,24}, enquanto outros afirmam que a utilização desses telefones - principalmente os analógicos, por período de 10 anos ou mais - é fator de risco para o tumor^{7,20,23}.

Muscat et al.¹⁹ lembram que o neurinoma do acústico tem crescimento lento, e poderia ter aparecido antes de os indivíduos incluídos nos estudos caso-controle começarem a utilizar telefones celulares. Outro ponto é que os tumores de nervos cranianos são raros, e as casuísticas de neurinoma estudadas são pequenas^{7,18-21,23,24}.

Vários trabalhos sugerem que a exposição às microondas emitidas pelo telefone celular não influencia a atividade das células ciliadas externas da cóclea, in vivo ou in vitro, tampouco a condução elétrica no nervo coclear^{8,11,15,25,26}. É preciso notar que todos os estudos em humanos foram feitos com voluntários sem alterações auditivas. Não sabemos se a cóclea seria mais suscetível à radiação eletromagnética nos pacientes com afecções da orelha interna.

Apesar das evidências, Ozturan et al.¹¹ recomendam prudência no uso do telefone celular, a fim de minimizar a exposição do sistema auditivo às microondas. Os autores propõem que o celular seja utilizado apenas quando há extrema necessidade, e em chamadas de curta duração. O sistema viva-voz é preferível, pois reduz a carga de microondas recebida pelo usuário em cerca de 90%⁷.

Aparentemente não há efeitos agudos das microondas dos celulares sobre o sistema vestibular de indivíduos normais²⁷. Mas não existem dados de literatura sobre a influência da exposição crônica à radiação.

Essas questões ainda não respondidas justificam a realização de estudos futuros para conhecer melhor a influência da radiação eletromagnética dos telefones celulares sobre os sistemas auditivo e vestibular, incluindo o risco de surgimento de tumores do oitavo nervo craniano. Qualquer efeito adverso que venha a ser encontrado deve ser prontamente relatado, por se tratar de uma questão de saúde que interessa a bilhões de usuários de celulares em todo o mundo.

As próteses auditivas digitais fabricadas atualmente possuem eficazes mecanismos protetores contra a interferência eletromagnética dos telefones celulares²⁸. Para os indivíduos que ainda usam próteses analógicas existe a possibilidade de acoplar o celular à alça de indução, embora o custo do telefone aumente. Dessa forma, portadores de quaisquer aparelhos auditivos podem usar celulares digitais sem desconforto.

COMENTÁRIOS FINAIS

Não há evidências científicas de que a radiofrequência/microondas emitidas pelos telefones celulares provoquem efeitos térmicos nos usuários.

A exposição aguda às microondas transmitidas pelo telefone celular não influencia a atividade das células ciliadas externas da cóclea, in vivo ou in vitro, a condução elétrica no nervo coclear nem a função do labirinto vestibular.

Há dados controversos sobre o aumento do risco

Tabela 1. Estudos caso-controle do risco de aparecimento de tumores do sistema nervoso central (SNC) pelo uso de telefones celulares.

	Amostra	Risco relativo de tumor RR (intervalo de confiança 95%)	Conclusão
Muscat et al. (2000)17	469 casos 422 controles	RR 0,7 (IC 95%= 0,3-1,4)	Não há aumento do risco
Inskip et al. (2001)18	782 casos, sendo 96 neurinomas do acústico 799 controles	RR 0,9 (IC 95%= 0,7-1,1) para todos os tumores RR 0,8 (IC 95%= 0,5-1,4) para neurinoma do acústico	Não há aumento do risco
Muscat et al. (2002)19	90 neurinomas do acústico 86 controles	RR 0,9 (IC 95%= 0,3-1,4)	Não há aumento do risco
Hardell et al. (2003)20	1429 casos 1470 controles	RR 1,3 (IC 95%= 1,04-1,6) para celulares analógicos RR 1,4 (IC 95%=0,9-2,1) para celulares digitais - uso >5 anos	Aumento do risco pelo uso de celulares analógicos, e de aparelhos digitais por mais de 5 anos
Christensen et al. (2004)21	106 neurinomas do acústico 212 controles	RR 0,9 (IC 95%= 0,51-1,57)	Não há aumento do risco
Lönn et al. (2004)7	148 neurinomas do acústico 604 controles	RR 1,9 (IC 95%= 0,8-4,3) para celulares analógicos	Aumento do risco pelo uso de celulares analógicos por 10 anos ou mais
Hardell et al. (2005)23	413 casos, sendo 84 neurinomas do acústico 692 controles	RR 4,2 (IC 95%= 1,8-10) para celulares analógicos RR 8,4 (IC 95% 1,6-45) para uso de celular >15 anos	Aumento do risco pelo uso de celulares analógicos

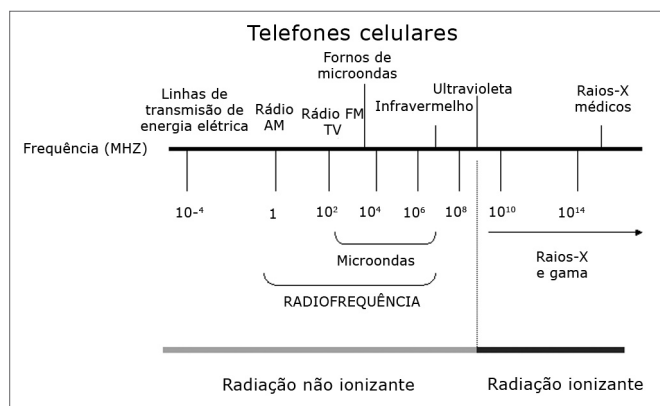


Figura 1. Espectro de frequências da radiação eletromagnética.

de neurinoma do acústico pelo uso crônico dos telefones celulares.

As próteses auditivas analógicas são mais suscetíveis à interferência eletromagnética provocada pelos telefones celulares digitais.

Por fim, devemos lembrar a interferência eletromagnética que os telefones celulares provocam em marca-passos cardíacos implantáveis e equipamentos médico-hospitalares (monitores cardíacos, bombas de infusão, oxímetros de pulso, medidores não invasivos da pressão arterial, etc.). Da mesma forma como se exige que os telefones celulares permaneçam desligados no interior de aeronaves, é altamente recomendável que os médicos não utilizem esses aparelhos em salas cirúrgicas e unida-

des de terapia intensiva, para a segurança dos pacientes. Em algumas situações, os campos elétricos emitidos pelos celulares podem ultrapassar a capacidade de blindagem dos equipamentos eletromédicos, ocasionando desligamentos, disparo irregular de alarmes ou leituras incorretas de sinais vitais³⁰.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. José Amaro O. Balbani pelos gentis esclarecimentos técnicos e grande incentivo à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Diretrizes para limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo (até 300 GHz). [Site na Internet]. Disponível em: http://www.anatel.gov.br/radiofrequencia/diretriz_radiacao.pdf. Acessado em 28/12/2005.
2. Moulder JE, Foster KR, Erreich LS, McNamee JP. Mobile phones, mobile phone base stations and cancer: a review. *Int J Radiat Biol* 2005;81:189-203.
3. Erce C, Parks RW. Interstitial ablative techniques for hepatic tumours. *Br J Surg* 2003;90:272-89.
4. Surdulescu V, Steward DL. Efficacy of radiofrequency therapy. *Sleep* 2005;28:793-5.
5. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspec* 2004;112:1741-54.
6. Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiology* 2000;11:118-27.
7. Lönn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Mobile phone use and the

-
- risk of acoustic neuroma. *Epidemiology* 2004;15:653-9.
8. Aran JM, Carrere N, Dulou PE, Larrieu S, Letenneur L, Veyret B et al. Effects of exposure of the ear to GSM microwaves: in vivo and in vitro experimental studies. *Int J Audiol* 2004;43:454-54.
 9. Repacholi MH. Health risks from the use of mobile phones. *Toxicol Lett* 2001;120:323-31.
 10. Sony Ericsson Mobile Communications. Estações Rádio-Base e ondas de rádio - Folheto sobre saúde e segurança nas telecomunicações móveis. [Site na Internet]. Disponível em: http://www.ericsson.com.br/estacoes_radio_base.pdf. Acessado em 20/11/2005.
 11. Ozturan O, Erdem T, Miman MC, Kalcioğlu MT, Oncel S. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol* 2002;122:289-93.
 12. Wilén J, Sandström M, Mild KH. Subjective symptoms among mobile phone users - a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics* 2003;24:152-9.
 13. French PW, Penny R, Laurence JA, McKenzie DR. Mobile phones, heat shock proteins and cancer. *Differentiation* 2000;67:93-7.
 14. D'Andrea JA, Chou CK, Johnston SA, Adair ER. Microwave effects on the nervous system. *Bioelectromagnetics (suppl.)*:2003;6:S107-47.
 15. Kizilay A, Ozturan O, Erdem T, Kalcioğlu T, Miman MC. Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobile phones on hearing in rats. *Auris Nasus Larynx* 2003;30:239-45.
 16. Elwood JM. Epidemiological studies of radiofrequency exposure and brain cancer. *Bioelectromagnetics (suppl.)* 2003;6:S 63-73.
 17. Muscat JE, Malkin MG, Thompson S, Shore RE, Stellman S, McRee D et al. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA* 2000;284:3001-7.
 18. Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, Wilcosky TC, Shapiro WR, Selker RG et al. Cellular telephone use and brain tumors. *N Engl J Med* 2001;344:79-86.
 19. Muscat JE, Malkin MG, Shore RE, Thompson S, Neugut AI, Stellman S, et al. Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology* 2002;58:1304-13.
 20. Hardell L, Mild KH, Carlberg M. Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumors. *Int J Oncol* 2003;22:399-407.
 21. Christensen HC, Schuz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Thomsen J, Johansen C. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J Epidemiol* 2004;159:277-83.
 22. Tarone RE, Inskip PD. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma (letter). *Epidemiology* 2005;16:414.
 23. Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000-2003. *Neuroepidemiology* 2005;25:120-8.
 24. Johansen C, Boice JD, McLaughlin JK, Olsen JH. Cellular telephones and cancer - a nationwide cohort study in Denmark. *J Natl Cancer Inst* 2001;93:203-7.
 25. Oysu C, Topak M, Celik O, Yilmaz HB, Sahin AA. Effects of the acute exposure to the electromagnetic field of mobile phones on human auditory brainstem response. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2005;262:839-43.
 26. Sievert U, Eggert S, Pau HW. Can mobile phone emissions affect auditory functions of cochlea or brain stem? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132:451-5.
 27. Pau HW, Sievert U, Eggert S, Wild W. Can electromagnetic fields emitted by mobile phones stimulate the vestibular organ? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132:43-9.
 28. Facta S, Benedetto L, Anglesio L, D'Amore G. Hearing aids' electromagnetic immunity to environmental RF fields. *Radiat Prot Dosimetry* 2004;111:349-53.
 29. Sorri M, Piiparinen P, Huttunen K, Haho M, Tobey E, Thibodeau L et al. Hearing aid users benefit from induction loop when using digital cellular phones. *Ear Hear* 2003;24:119-32.
 30. Cabral SCB, Mühen SS. Interferência eletromagnética em equipamentos eletromédicos ocasionada por telefonia celular. *Rev Bras Eng Biomed* 2002;18:141-9.