

電磁界情報センター
Rapid Response Group
マイク・レパコリ教授*
公表用評価書 2012年3月

論文

Aldad TS, Gan G, Gao X and Taylor HS. Fetal radiofrequency radiation exposure from 800-1900 MHz-rated cellular telephones affects neurodevelopment and behavior in mice. [800-1900MHz 規格携帯電話機の無線周波電磁界への胎仔期ばく露はマウスの神経発達と行動に影響する], Scientific Reports, 2:312. DOI: 10.1038/srep00312 (2012).

序論

げっ歯類および他の動物において無線周波 (RF) 電磁界への出生前ばく露の影響を記述した研究は相当な件数あります。それらの研究が全般として示していることは、母親が高体温状態になることさえなければ、RF ばく露が生まれてくる子供の行動にどのような一定の影響も与えることはないというものです。Bornhausen and Scheingraber (2000) は広範な研究を行い、母親ラットの妊娠期間中に低レベルの GSM 900 MHz 信号の連続的ばく露を与え、生まれた仔ラットが3月齢の時点で種々の行動テストを実施して、その成績に何も影響が見られなかったと報告しています。

携帯電話使用が子供の発達に影響するか否かを調べた研究は少数しかありません。デンマークの疫学研究は (Divan et al, 2008)、出生前と出生後における母親の携帯電話使用と小学校入学年齢前後の子供の感情および多動性の問題とに関連があるかもしれないと報告しました。しかし、追跡研究 (Divan et al, 2011) で、出生前の携帯電話使用と幼児 (6ヶ月および18ヶ月) の発達遅滞との関連の証拠はないことを見出しました。

Aldad らは、子宮内で受けた携帯電話 RF 電磁界ばく露の影響を研究しました。具体的には、若齢および成熟マウスにおいて、記憶力、不安感、活動度を検査する3種類の行動テストの成績を調べてみました。

方法

この研究で使用したばく露システムは非常に単純なものです。普通の携帯電話機を各ケージにつり下げておいたため、ケージ内でのマウスの位置によって、マウスと電話機の距離は4.5-22.3 cm になりました。携帯電話が RF 信号を確実に放射するようにするために、固定電話回線から携帯電話に通話しました。対照には、作動させない電話機を用いました。マウスへのばく露は、1日24時間で17日間 (行動テスト)、および9、15、24時間で17日間 (電気生理学的測定) としました。各ケージに雌マウス3匹を入れて同時にばく露しました；実験開始時に各ケージに雄マウス1匹を入れましたが、その雄をケージから出した時期の記述はありません。

生まれた仔マウスの行動について、3種類の行動テストによる検査を行いました。記憶力の検査には、それまでに見たことがない (新規の) 物体を探索することを好むマウスの性質を利用した物体認識テストを用いました。ラットに、2日間、15分間/日、2個の同一の物体を探索させ、3日目には、2個のうちの1個を新規の物体に置き換えて、これら物体の2分間の探索行動を分析しました。2個の物

体の探索時間に対する新規物体の探索時間の比に 100 を掛けた値（選好指数と呼ぶ）で、記憶力の評価を行いました。この検査は、8、12、16 週齢のマウスで実施しました。

活動度と不安感の検査には、明室と暗室からなる箱を用いました。明室と暗室を行き来する回数から活動度を、それぞれの室での滞在時間から不安感を分析しました。この検査は、12、15、18 週齢のマウスで実施しました。

恐怖心の検査には、ステップダウンテストを用いました。この検査は、高所の狭いプラットフォームからマウスが降りるまでの時間を測定するもので、恐怖心の強さは降りるまでの時間に関連します。この検査は、12、40 週齢のマウスで実施しました。

結果

記憶力のテストでは、検査したどの週齢群においても、ばく露群の選好指数の方が対照群より低くなりましたが、週齢群別のデータについて統計学的分析の報告はありません。活動度および不安感のテストでは、どの検査時点（12、15、18 週齢）においても、明室と暗室を行き来する回数の平均値は、ばく露群の方が対照群より多くなりました。これらの差は有意であると著者らは述べていますが、統計学的分析は示されていません。マウスの暗室滞在時間の平均値は、どの週齢群の検査（12、15、18 週齢）においても、ばく露群の方が対照群より短くなりましたが、これらのデータについて統計学的分析は示されていません。但し、それぞれの週齢群での検査結果を総合平均した暗室滞在時間は、ばく露群 207 秒、対照群 234 秒でした；この差は統計的に有意であり、ばく露の結果として不安感が低下したことを示唆しています。

ステップダウンテストでは、2 つの検査時点のどちらにおいても、プラットフォームに留まる時間の平均値に、ばく露群と対照群で差がありませんでした。ここでも、2 つの検査時点の結果を総合平均した時間についてだけ統計学的分析を行いました；その結果は、ばく露が恐怖感に影響しないことを示唆しました。

討論

動物実験のばく露システムに携帯電話機を用いることは非常に不適切です。その理由は、ばく露を制御できないばかりか、何がしかの確実性をもってばく露を記述することもできないからです。この研究でのドシメトリは、作動中の携帯電話は比吸収率（SAR）レベルが 1.6 W/kg であると記述するに留まっています。しかし、この値は最大出力時の携帯電話定格レベルであり、ヒト頭部ファントムを用いて携帯電話機に最も接近する組織内で測定される値とされています。

有効出力制御なしの場合、携帯電話機の放射レベルは一定でもなく、予測も不可能であったと思われる。また、たとえ携帯電話を頭部に当てたとしても、その放射レベルは 1.6 W/kg の SAR を生じるようなレベルよりもはるかに低いレベルであったと思われる。

論文は、別の雌ラット 6 匹に、作動中の携帯電話から 1 日当たり 9 時間または 15 時間のばく露を与えたと述べています。しかし、これだけ長時間、最大出力で携帯電話を作動させ続けたとすると、バッテリー切れを生じることは明らかです。このことから、おそらく携帯電話に充電器で給電していたと思われるが、これについて論文では論じられていません。

4.5–22.3 cm の距離があると、実際にヒト頭部の SAR は非常に小さい値になります。最も遠い距離では最大で数 mW/kg と思われますし、携帯電話に出力制御がないことを考慮すれば、 $\mu\text{W/kg}$ レベルになるかも知れません。さらに言えば、マウスの RF 吸収断面積はヒト頭部のものと大きく異なります；

マウスは、900 – 1900 MHz の周波数範囲の波長に比べると非常に小さいため、たとえ体の方向を RF 信号吸収が最大になるように並べたとしても、マウスはヒト頭部よりもはるかに弱い RF 吸収体です。

ばく露中、ケージ内で複数のマウスが自由行動していたことは、各マウスが受けたばく露量の決定をさらに複雑にします。その理由は、マウスの活動と行動によって各個体が受ける吸収電力が変わることが考えられるからです。出力制御を行わなかったこと、発生源とマウスに距離があること、マウスの吸収断面積が小さいことを総合すると、ばく露群のばく露レベルには対照群が自然に遭遇するばく露と意味のある差異がなかったかも知れないことが示唆されます。

論文には、騒音、熱、磁界、あるいは振動の制御についての記述がありません。ばく露があった距離における磁界および熱が大きいことは考えられませんが、バッテリーと出力回路（無音にされていたスピーカを除く）からの騒音はあったかも知れません。著者らは研究に用いた電話機の種類（3G, GSM, CDMA）を記述していませんが、これらはどれもマウスには聞こえる騒音を発生しているかも知れず、GSM を用いた場合、たぶんヒトに聞こえる最も大きな騒音を発生します。

同腹仔数の標準化、または同腹仔の性比の平均化は、奇形学の研究における一般の手技ですが、それらの試みはなされませんでした。また、雌雄の仔マウスが実験に用いられたようですが、結果を性別で分けることもされていません。マウスの行動テストは適確に行われ、ばく露群と対照群は同じように扱われたように見えます。しかしながら、各行動テスト全体で用いられたマウスの数のみが示され、週齢別の個々のテストに用いられた匹数は明記されていません。およそ 40 匹の妊娠した雌マウスから生まれると見込まれる仔マウスの数を推定してみると、再使用された仔マウスがあるようであり、そうであれば、後から行われたテストにおいては全ての仔マウスがナイブ（実験されたことがない）であったわけではないことになります。これは結果に影響したであろうと思われる。

行動テストに特定の週齢を選んだ理由、行動テストを行った週齢よりも若い週齢のマウスで電気生理学的測定を実施した理由について説明されていません。特定の週齢での行動テストについて、ばく露群と対照群間の統計学的検定がなされていないことも重大な問題です。

以上から、別の環境因子がばく露群の行動に影響したかも知れないことが示唆されますが、それが何であるかは同定不可能です。この研究は、高品質の動物研究ではごく普通に用いられる正確な二重ブラインド技法を採用していません。たとえ行動テストの観察者はそのマウスがばく露された個体か否かを知らなかったとしても、マウスの飼育者はどちらがばく露された個体であるかを知っており、そのことが、ばく露群と対照群の個体の扱い方に無意識の違いを生じさせる可能性をもたらします。ばく露システムとして適切なものは、研究者の誰もがばく露状態を知らずに操作できるものです。すなわち、暗号化された方式でばく露を行い、個々のテストの結果が得られた後に初めてその暗号を開封するものです。

結論

この研究は、携帯電話からの RF 電磁界への出生前ばく露が、マウスの発達に対して長期に継続する有害な影響をもたらすことを、行動テストと電気生理学的測定で繰り返し、一貫して観察された変化をもって報告しています。その上、電気生理学的測定における変化は、1 日当たりのばく露時間数に依存したように見えました。

しかしながら、この研究の単純なばく露システムは携帯電話から成っており、これらの携帯電話からの RF 電磁界は一定ではなく、かつそのレベルも未知でした。論文に記述された SAR 1.6 W/kg は、携帯電話を密着させたヒト頭部ファントムで測定される値です。この研究では出力制御をしていないこと、携帯電話とマウスとの距離があったこと、マウスの RF 吸収は周波数範囲 900-1900 MHz で低いこ

とを総合すると、ばく露群の一部あるいは全体と対照群との間に、ばく露の大きな差異はなかったかも知れないことが示唆されます。各ケージに複数のマウスを入れたことが、実際のばく露の評価をさらに複雑にしています。

要約すると、携帯電話からの RF 電磁界が報告されたような影響を引き起こしたかも知れないというのは、信じられないことだと思われま

* Professor Michael H. Repacholi

- ・ イタリア ローマ大学 La Sapienza 校 情報・電子・通信工学科 客員教授
- ・ 前 世界保健機関 (WHO) 放射線と環境保健ユニット 国際電磁界プロジェクト責任者