

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

17. Jahrgang / Nr. 4

www.elektrosmogreport.de

April 2011

Hochfrequenzwirkung

2,45-GHz-Felder aktivieren Mikroglia bei Mäusen

Durch Bestrahlung von Zellen der N9-Mikroglia-Maus-Zelllinie mit 2,45 GHz werden verschiedene Gene induziert, unter anderem für den Tumor-Nekrose-Faktor (TNF- α) und die induzierbare Stickstoffoxid-Synthase (iNOS), die entzündliche Reaktionen im Nervengewebe hervorrufen.

Viele Studien haben ergeben, dass biologische Systeme empfindlich auf 2,45 GHz reagieren, eine Frequenz, die weit verbreitet ist im Haushalt (Mikrowellenherd), in der Medizin und der Kommunikationstechnologie, und die bekannt ist als Wasser-Resonanz-Frequenz. Einige Studien haben eine starke Reaktion von Gliazellen auf HF-Einwirkung bis hin zu Gliombildung belegt. Mikroglia sind stationäre angeborene Abwehrzellen, die aktiviert werden, wenn das Zentralnervensystem verletzt wird oder Infektionen auftreten. Dann verändern sie sich stark, werden beweglich, vermehren sich und wandeln sich um in Fresszellen (Phagozyten). Überaktivierte Mikroglia können verheerende Auswirkungen auf das Gewebe haben. Es kommt zu Überproduktion von Superoxid, NO und Tumor-Nekrose-Faktor α (TNF- α), und das erzeugt zusätzliche Entzündungen im Nervengewebe. Es überrascht daher nicht, dass aktivierte Mikroglia eine Bedeutung in der Entwicklung von neurodegenerativen Erkrankungen wie ALS und der Alzheimer'schen und Parkinson'schen Erkrankung haben. In früheren Arbeiten haben die Autoren aktivierte Mikroglia im Hippocampus und der Hirnrinde von Ratten nach Behandlung mit EMFs gefunden. Im Tierexperiment konnte bisher nicht klar bestimmt werden, ob eine solche Aktivierung direkt durch die EMFs induziert wird oder indirekt als Folge von Nervenzellschädigung durch die EMFs. Die Mechanismen sind weitgehend unklar, einige Geneder Signaltransduktion werden hochreguliert. So wird z. B. die JAK-STAT3-Kette aktiviert (Janus- bzw. Tyrosin-Kinase und Signal Transducer and Activator of Transcription), wenn Wachstumsfaktoren, Interleukine und Interferone und einige Transkriptionsfaktoren angesprochen wurden. Diese sind an der Aktivierung der Mikroglia beteiligt. Es ist nicht bekannt, ob der JAK-STAT3-Signalweg durch die EMFs die Aktivierung der Mikroglia auslöst oder ob er beteiligt ist an der folgenden entzündlichen Reaktion. Ist der JAK-STAT-Signalweg aus dem Tritt, können Immunschwäche und Krebs resultieren. Unausgewogene Aktivierung oder Hyperaktivierung der Mikroglia kann Neurodegeneration erzeugen. Man kennt den Auslöser nicht, aber der JAK-STAT3-Signalweg könnte beteiligt sein. Die JAK-STAT-Signalkette wird in Gang gesetzt, wenn von außerhalb der Zelle Informationen kommen, die auf Schädigung hinweisen. Durch Interferone, Interleukine, Wachstumsfaktoren und andere Botenstoffe wird der Rezeptor auf der Zelloberfläche aktiviert, dadurch

wird JAK aktiviert, das wiederum STAT3 veranlasst, in den Zellkern zu wandern und an bestimmte DNA-Abschnitte zu binden. Die Bindung an die DNA führt zur Transkription der aktivierten Gene, das führt dann zu Abwehrreaktionen in Form einer Entzündung, und als Folge davon zu einer Schädigung der Nervenzellen. Zur Klärung der Frage, wie die Aktivierung der Mikroglia genau verläuft, wurden die N9-Mikroglia 20 Minuten gepulster 2,45-GHz-Strahlung (SAR 6 W/kg) ausgesetzt.

Durch die 2,45-GHz-Bestrahlung wurde die CD11b-Expression signifikant nach 3 und 12 Stunden gegenüber den scheinbestrahlten Kontrollen erhöht. Die CD11b-Expression ist ein typisches Zeichen für die Aktivierung von Mikroglia. Auch TNF- α und iNOS wurden signifikant induziert bis 24 Stunden nach der Bestrahlung, am höchsten nach 3 und 6 Stunden. Die NO-Konzentration war am höchsten nach 6 Stunden und blieb hoch bis 24 Stunden. Die Konzentration des TNF- α erreichte den ersten Höchststand nach 3 h, dann erfolgte langsame Abnahme, dann wieder Anstieg mit dem 2. Höchststand nach 12 Stunden, der bis 24 Stunden anhielt.

Die Experimente zeigen, dass externe elektromagnetische Felder von 2,45 GHz bei einem SAR-Wert von 6 W/kg eine Mikroglia-Aktivierung hervorrufen (physikalische Stimulation), was zu einer signifikanten pro-entzündlichen Reaktion führt. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der JAK2-STAT3-Signalweg, der aber erst nach der Aktivierung der Mikroglia einsetzt. Die Aktivierung der JAK2-STAT3-Signalwege erfolgt parallel zu den pro-entzündlichen Faktoren. Die Daten stimmen überein mit früheren Daten, die bei 900 MHz erhöhte Mikroglia-Aktivität bei 6 W/kg gefunden hatten. Es mehren sich die Anzeichen, dass Mikroglia Schlüsselfaktoren im Prozess von Nervenentzündungen sind. Mikroglia-induzierte neuronale Schädigungen könnten durch TNF- α , NO und ROS verursacht werden. Das heißt, EMFs sind externe physikalische Faktoren, die die Mikroglia veranlassen, pro-entzündliche Faktoren zu sezernieren, die letztlich zu Schädigung oder Erkrankung des Nervengewebes führen. Die Erkenntnisse können für eine therapeutische Anwendung genutzt werden, in-

Weitere Themen

Wirkung von 2,45 GHz auf Mikroglia, S. 2

Mikroglia von Mäusen werden durch Mikrowellenstrahlung aktiviert und rufen Entzündungen im ZNS hervor.

Hirnreaktionen auf 900-MHz-Strahlung, S. 2

Die Ergebnisse zeigen u. a., dass die Wirkung der Strahlung tageszeitlich unterschiedlich ist.

Umgang der Politik mit der Wissenschaft, S. 3

Dokumentationen und Kommentare zur personellen Besetzung in Deutschland und der WHO.

dem durch Hemmung des JAK2-STAT3-Weges die pro-entzündlichen Reaktionen auf die EMF-Einwirkung unterdrückt werden.

Quelle:

Yang et al. (2010): The role of the JAK2-STAT3 pathway in pro-inflammatory responses of EMF-stimulated N9 microglial cells. *Journal of Neuroinflammation* 7, 54;

Niederfrequenzwirkung

Magnetfeld bewirkt Deprotonierung von Glutaminsäure

Hier sollte die grundlegende physikalische Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf wässrige Lösungen untersucht werden. Die Proben wurden 10–30 Minuten niederfrequenten Magnetfeldern zwischen 0 und 7 kHz ausgesetzt. Die durch die Magnetfelder hervorgerufenen Veränderungen sind vom pH-Wert bzw. vom isoelektrischen Punkt abhängig. Es gibt keine Frequenzabhängigkeit, die Veränderungen setzen kurz nach Beginn der Magnetfeld-einwirkung ein und bleiben längere Zeit nach Beendigung noch erhalten. Das deutet darauf hin, dass es sich nicht um Resonanzvorgänge handelt.

Noch immer sind die Wirkungsmechanismen nicht geklärt, die bei der Wechselwirkung von elektromagnetischen Feldern mit biologischen Molekülen auftreten. Eine Erklärungsmöglichkeit ist das Zyklotron-Resonanz-Modell, das besagt, dass die Moleküle bei der entsprechenden Resonanzfrequenz in Schwingung versetzt werden und die Moleküle dadurch einen anderen Energiezustand bekommen. In dieser Arbeit wurde die Wirkung eines Magnetfeldes auf eine wässrige Lösung von Glutaminsäure untersucht. Dieses einfache System einer wässrigen Lösung von Glutaminsäure ermöglicht, den Mechanismus leichter zu charakterisieren. Aminosäuren sind Bestandteile von Proteinen, insofern sind sie gut geeignet, biologische Wirkungen zu untersuchen. Die Glutaminsäure hat eine funktionelle COOH-Gruppe, der isoelektrische Punkt liegt bei pH 3,2. D. h. darunter ist das Molekül negativ, darüber positiv geladen.

Die Aminosäurelösung wurde 10, 20 und 30 Minuten dem Magnetfeld ausgesetzt. Das Magnetfeld in der Helmholtzspule betrug 45 μ T, senkrecht zum Erdmagnetfeld angeordnet. Die Resonanzfrequenzen von Glutaminsäure liegen bei 4,7 und 9,4 Hz. Zusätzlich wurde als Kontrolle 50 Hz als Nicht-Resonanzfrequenz verwendet. Es wurden 7 unabhängige Messungen mit je 3 Wiederholungen durchgeführt jeweils für saure und basische Lösungen.

Die Ergebnisse: Die Infrarot(IR)-Spektren der Aminosäure-Lösungen sind nach Magnetfeldbehandlung bei den verschiedenen pH-Werten verschoben, am stärksten unter pH 1 und über pH 12. Die pH-Werte veränderten sich nicht bis 1 Stunde danach. Auch bei den Resonanzfrequenzen 4,7 und 9,4 Hz bzw. der Kontrollfrequenz 50 Hz gab es dieselben Verschiebungen. Die Wirkung ist reversibel. Die beobachtete Wirkung erschien innerhalb der ersten 20 Minuten nach Beginn der Magnetfeldeinwirkung und ließ innerhalb einer Stunde nach Ende der Feldbehandlung nach. Es gab dabei keine Frequenzabhängigkeit im Bereich von 0–7 kHz. Die Wirkung hielt sehr lange an im Vergleich zu der charakteristischen Relaxationszeit von angeregten Molekülen. Die Umwandlung von protonierten zu unprotonierten Molekülen der Glutaminsäure dauerte lange genug, um bei der IR-Spektroskopie wahrgenommen zu werden, trotz der sehr geringen Energie der Magnetfeld-

bedingten Störeinflüsse. Das spricht für einen hohen Kopplungsgrad zwischen einer großen Zahl von Molekülen, der größer ist als bei der Wechselwirkung mit dem umgebenden Medium. Das bedeutet, dass die Beobachtungen nicht mit dem Zyklotron-Resonanz-Modell erklärt werden können, sondern es bedarf anderer Erklärungen. Der störende Einfluss der Magnetfelder sollte sofort verschwinden, wenn die Einwirkung beendet ist, da die thermisch bedingten Zusammenstöße der Moleküle entfallen. Es scheint sich daher um nicht-thermische Wirkungen zu handeln. Deshalb müsste eine neue Hypothese gesucht werden, die die Struktur des Wassers als Mediator in die Wechselwirkungen einbezieht. Die Tatsache, dass Magnetfelder das Wasser verändern und diese Veränderungen bis zu Stunden anhalten können, ist schon seit den 1970er Jahren bekannt. Diese langlebigen Veränderungen der Wasserstruktur könnten zum Teil die Eigenschaften von biologischen Systemen erklären.

Quelle:

De Ninno A, Congiu Castellano A (2011): Deprotonation of Glutamic Acid Induced by Weak Magnetic Field: An FTIR-ATR Study. *Bioelectromagnetics* 32, 218–225

Mobilfunkforschung

Mobilfunkwirkung auf die Hirnleistung junger Männer

Die vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen des EMF-Forschungsprogramms bezahlte Studie untersuchte unter so genannter Langzeiteinwirkung (> 7 Stunden) an 9 Tagen Aufmerksamkeit und Merkfähigkeit der Testpersonen zu unterschiedlichen Tageszeiten. Es gab nur bei wenigen Tests signifikante Unterschiede zwischen bestrahlten und scheinbestrahlten Personen.

30 gesunde Männer von durchschnittlich 25 (18–30) Jahren durchliefen im Zeitraum von 20 Wochen 9 Sitzungen mit zweiwöchigen Unterbrechungen unter 3 verschiedenen Bedingungen: 900 MHz GSM, 1966 MHz WCDMA/3G UMTS und Scheinbestrahlung in Zufallsverteilung. Die Leistung des Senders betrug 1 W, das entspricht einem SAR-Wert von 7,82 W/kg für 900 MHz und 10,98 W/kg für 1966 MHz (10 g). Es wurden 4 verschiedene Tests zu Reaktionszeit, Aufmerksamkeit und Erinnerungsvermögen durchgeführt. Von 10.45 Uhr bis 18.00 Uhr (= 7 Stunden und 15 Minuten) waren die Probanden der Strahlung ausgesetzt. Die Voruntersuchungen begannen um 11.00 Uhr und zwischen 12.15 und 13.00 Uhr sowie 15.15 bis 18.00 Uhr erfolgten die Tests. Die Hintergrund-Felder betragen für 100 kHz–3 GHz weniger als 0,2 V/m, bei 50 Hz 1,0 V/m und 50–70 nT und bei 5 Hz–30 kHz 0,6 V/m und 22 nT.

Bei 900 MHz gab es keine signifikanten Unterschiede in Reaktionszeit und Anzahl der korrekten Antworten in der visuellen und akustischen Aufgabe sowie bei der Kombination beider. Bei 1966 MHz gab es einen leicht signifikanten Anstieg in der Reaktionszeit am Morgen beim visuellen Test. Am Nachmittag war die Reaktionszeit leicht verkürzt, aber nicht signifikant. Bei 1966 MHz gab es einen signifikanten Unterschied in der Reaktionszeit beim visuellen Test, der aber mit der Multivariate-Analyse verschwand. Bei der selektiven Aufmerksamkeit zeigte die Univariate-Analyse keine Unterschiede, aber bei 1966 MHz war die Reaktionszeit am Nachmittag signifikant geringer, bei 900 MHz nur nicht-signifikant, nach einer anderen Berechnung jedoch signifikant. Die Aufmerksamkeitsdauer war bei 900 MHz morgens besser, es gab mehr richtige Reak-