

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

18. Jahrgang / Nr. 4

www.elektrosmogreport.de

April 2012

Hochfrequenzwirkung

Proteom im Gehirn von Mäusen durch Strahlung verändert

Die Wirkung elektromagnetischer Felder einer DECT-Basisstation (schnurlose Telefon) und eines 900-MHz-Mobiltelefons wurde an Gehirnen von Mäusen getestet. Durch die Langzeitbestrahlung wurde die Bildung von 143 Proteinen signifikant verändert. Dies könnte die Plastizität des Gehirns verändern und Symptome wie Kopfschmerzen und Gedächtnisstörungen erklären.

Weil nicht viele Informationen zur Wirkung elektromagnetischer Felder (EMF) im Tiermodell vorhanden sind, wurden 3 Regionen des Gehirns von Mäusen auf Proteinveränderungen untersucht: Kleinhirn, Hippocampus und Frontallappen. Die 3 Regionen sind für Erinnerung, Aufmerksamkeit, Belohnung, Planung und Bewegungskontrolle zuständig. 18 erwachsene Mäuse (3 Gruppen zu je 6 Tieren) wurden 8 Monate lang der Strahlung eines 900-MHz-Mobiltelefons im Sprechmodus, SAR 0,17–0,37 W/kg, 3 Stunden täglich ausgesetzt (Ganzkörperbestrahlung). Die 2. Gruppe erhielt Strahlung eines DECT-Telefons mit 0,012–0,028 W/kg für 8 Stunden pro Tag während der Nacht, die 3. Gruppe war die scheinbestrahlte Kontrollgruppe im Faraday'schen Käfig. Sofort nach der Bestrahlung wurden die Gehirne entnommen und eingefroren. Die Bestimmung der Proteinmengen erfolgte im Doppelansatz, die Hippocampi wurden wegen der geringen Größe vereinigt und zusammen untersucht. Ergebnisse: Von den insgesamt 432 Proteinen (149 im Kleinhirn, 136 im Frontallappen und 147 im Hippocampus) waren 143 Proteine signifikant verändert gegenüber der Kontrolle. Die Verminderung der Proteinproduktion betrug bis zum 0,003-Fachen, die Überproduktion bis zum 114-Fachen. Die Proteinaktivitäten sind in der Tabelle dargestellt. Mit B die Basisstation des Schnurlosen Telefons und mit M das Mobiltelefon gekennzeichnet. Als Überproduktion wurde ein Unterschied von 1,25 bezeichnet, Verminderung 0,75.

Proteine	Hippocampus		Frontallappen		Kleinhirn	
	B	M	B	M	B	M
erhöht	11	37	12	19	8	36
vermindert	11	33	11	18	10	18
Summe	22	70	23	37	18	54

Einige Proteine haben mit Entwicklung und Reifung der Nervenzellen zu tun (Glial Fibrillary Acidic Protein = GFAP, α -synuclein, Glia-Reifungsfaktor-Faktor β (GMF) und Apolipoprotein (ApoE), andere sind Hitzeschockproteine (Hsp) und Proteine des Zellskeletts (Neurofilamente und Tropomodulin). Dazu kommen Proteine des Gehirnstoffwechsels wie Aspartat-Aminotransferase und Glutamat-Dehydrogenase in fast allen

untersuchten Hirnregionen, bestätigt durch verschiedene Methoden. Die Strahlung des Mobiltelefons ruft trotz der kürzeren Einwirkzeit eine stärkere Wirkung hervor als die Basisstation des Schnurlosen Telefons. Die meisten Proteine sind im Hippocampus verändert. Vielleicht, weil dort viele Funktionen konzentriert sind und die höchste Stoffwechselaktivität stattfindet.

Die Forscher teilen die 143 Proteine in 5 Gruppen ein: **a)** 11 Proteine sind in allen 3 Hirnregionen verändert, besonders Synapsin-2 (moduliert Neurotransmitterabgabe) und die NADH-Dehydrogenase. Diese aktiviert das ERK-/MAPK-System, das rasch ROS erzeugt – ein Zeichen für oxidativen Stress im Nervensystem. **b)** 50 der Proteine sind spezifisch für den Hippocampus, darunter Hsp 90, mehrere Proteine, die mit Synapsenfunktionen zu tun haben und Bestandteile, die bei der Apoptose mitwirken. **c)** 25 Proteine waren nur im Kleinhirn verändert, Sie sind Apoptose-spezifisch, haben mit Zell-Zell-Verknüpfungen zu tun oder wirken als Tumorsuppressoren. **d)** 22 Proteine sind spezifisch im Frontallappen, darunter Drebrin, das Teil der Plastizitätsvorgänge ist, die an den Synapsen in Hippocampus-Neuronen ablaufen, Neurofilamente und Stoffwechselproteine. **e)** Einige Proteine sind gleichzeitig in 2 Regionen verändert, z. B. Mitochondrienproteine, für Gedächtnisfunktionen und verschiedene für den Stoffwechsel, beispielsweise für den Fett- (ApoE) und den Glucose-Stoffwechsel – letzteres ist ein Ergebnis, das kürzlich auch von einer anderen Forschergruppe erzielt wurde.

Die Autoren bemerken dazu Folgendes:

1.) die äußerst starke Verminderung des Nervenwachstumsfaktors, der für die Reifung der Gliazellen verantwortlich ist (300-fach durch DECT- und 8-fach durch Mobilfunkstrahlung), hat eine Signalwirkung für Astrozyten. Da er auch das Wachstum von Tumorzellen unterdrückt, kann eine Verminderung zur Beschleunigung oder Induktion des Tumorwachstums führen. **2.)** Die 15-fache Erhöhung von GFAP durch beide Strahlungsarten ergänzt andere Ergebnisse. Intermediär-Filamente der Gliazellen werden überproduziert, die Neurotransmitter-Aufnahme wird gestört und die Vermehrung der Gliazellen wird angeregt (Gliose). Damit kann man den Anstieg von Hirntumoren (Hardell und Carlberg, Khurana 2009) erklären. Gliazellen versorgen Neuronen, sondern

Weitere Themen

Wirkung von Mobilfunkstrahlung , S. 2

Durch Mobilfunkstrahlung werden das Verhalten von ungeborenen Mäusen und die Neurotransmitter-Übertragung an den Synapsen signifikant verändert.

Rezension: Elektrosmog, S. 3

Der Elektrotechniker Harald Moritz hat sein Buch „Elektrosmog“ mit vielen technischen Details überarbeitet, erweitert und für den Laien verständlich aufbereitet.

Wachstumsfaktoren ab und entfernen Zelltrümmer und Zerfallsprodukte nach Verletzung und Absterben von Zellen. Astrozyten wirken mit beim Aufbau der Blut-Hirn-Schranke, die Giftstoffe vom Gehirn fernhalten soll. Der GFAP-Überschuss ist die Reaktion von Astrozyten auf oxidativen Stress (GFAP ein sehr empfindlicher Biomarker für Nervengifte). Hier ist das „Gift“ die elektromagnetische Strahlung, die Zellschäden oder Verletzungen der Blut-Hirn-Schranke hervorruft. **3.)** ApoE ist ein wichtiges Stoffwechselprotein, eine Verminderung führt zu Gedächtniseinschränkung und Lernschwierigkeiten, das wurde an Tieren im Wasserlabyrinth festgestellt. **4.)** Synapsin-2 und Syntaxin-1 wurden im Hippocampus im Überschuss produziert bei beiden Strahlungsarten. Das deutet auf kompensatorische Neuronenaktivität durch verstärkte Synapsenbildung hin. **5.)** Die minimale Synaptotagmin-Konzentration (das ist der Calciumsensor in den Membranen, der die Regulation der Neurotransmitter-Ausschüttung und der Hormonabgabe steuert) im Hippocampus passt zu der dramatischen Verminderung von GMF.

Es ist schwer vorhersagbar, was in der Zelle passiert, und SAR-Werte sagen nichts über die molekularen Mechanismen während der Einwirkung der Strahlung aus. Anders als bei Medikamenten werden elektromagnetische Felder verschieden und in nicht-linearer Weise absorbiert, abhängig von der „Mikroumgebung“ der Stelle, an der die Strahlung eindringt, der Orientierung der betroffenen Moleküle, deren Gestalt, Stoffwechselstatus, Moment der Einwirkung, der Energieaufnahme in der Zelle und der Modulation der Strahlung. Demzufolge ist es schwierig, Ergebnisse zu reproduzieren, da die Bedingungen der Zellen sich ständig ändern. Der derzeitige Stand der Epidemiologie geht eher dahin, dass kein erhöhtes Hirntumorrisiko besteht. Bei Langzeitzutzung ist fast nichts bekannt, geben einige Epidemiologen zu. Andere dagegen (z. B. Hardell und Carlberg) sehen sehr wohl erhöhte Risiken.

Die Signifikanz dieser Ergebnisse untermauern diese Annahmen, und auch, dass die Blut-Hirn-Schranke beeinflusst wird. Im Nervensystem entstehen durch elektromagnetische Strahlung Fehlfunktionen, die das Verhalten verändern. Überraschend ist, dass die geringen Feldstärken der DECT-Basisstation im Käfig der Tiere (SAR unter 20 mW/kg) eine Wirkung haben; die Erklärung könnte ein Fenestereffekt sein. Die elektromagnetischen Felder sind Stressfaktoren, die ROS-Produktion durch oxidativen Stress hervorrufen. Gleichzeitig sind die Ionenkanäle gestört und Hitzeschockproteine werden aktiviert. Dadurch könnte die erhöhte bzw. verminderte Expression der Gene entstehen, möglicherweise durch Aktivierung bzw. Deaktivierung von Transkriptionsfaktoren. Dies geschieht mehr oder weniger zufällig, es folgen Veränderungen in den Kaskaden der Neuroplastizität und allgemeinen Stoffwechselprozessen in den Zellen. Sie werden ausgelöst durch nicht-thermische Vorgänge, da die SAR-Werte unter den ICNIRP-Werten liegen. Die Zellen nehmen biochemische Veränderungen wahr und die Zelle sieht diese Veränderungen als potenzielle Gefahr an, unterhalb der thermischen Schwelle. Die sichtbaren Proteinveränderungen durch den oxidativen Stress im Nervensystem könnten die Plastizität des Gehirns verändern oder zu Apoptose führen. Das könnte die Gesundheitsbeeinträchtigungen beim Menschen erklären, wie Kopfschmerzen, Schlaf-, Lern- und Gedächtnisstörungen, Müdigkeit und Hirntumoren bei Langzeiteinwirkung.

Quelle: Fragopoulou AF, Samara A, Antonelou MH, Xanthopoulou A, Papadopoulou A, Vougas K, Koutsogiannopoulou E, Anastasiadou E, Stravopodis DJ, Tsangaris GT, Margaritis LH (2012): Brain proteome response following whole body exposure of mice to mobile phone or wireless DECT base radiation. *Electromagnetic Biology and Medicine*, DOI: 10.3109/15368378.2011.631068

Mobilfunkwirkung auf Tiere

Mobilfunkstrahlung schädigt ungeborene Mäuse

In diesen Experimenten wurde festgestellt, dass Einwirkung von 900- und 1800-MHz-Mobilfunkstrahlung bei ungeborenen Mäusen zu Verhaltensänderungen bei erwachsenen Tieren führt. Die Mäuse waren hyperaktiv und hatten Gedächtnisstörungen. Diese Veränderungen gehen auf Entwicklungsstörungen des Nervensystems zurück.

Die Ursachen für zunehmende Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern sind kaum bekannt, es wird aber ein Zusammenhang zwischen Mobilfunknutzung der Mutter während der Schwangerschaft und Hyperaktivität (ADHS) der Kinder angenommen. Seit 1997 nimmt die Zahl der hyperaktiven Kinder um jährlich 3 % zu. Man hat Störungen in der präfrontalen Rinde lokalisiert; die Kinder haben dort ein geringeres Volumen, weniger graue und weiße Substanz und es besteht eine Asymmetrie. Diese Kinder haben Aufmerksamkeitsstörungen und können sich schlecht konzentrieren, vielleicht, weil sie wichtige von unwichtigen Informationen kaum trennen können und sich schnell ablenken lassen. Die Entstehung der Hyperaktivität ist unbekannt, es mehren sich die Zeichen, dass außer genetischen noch mehrere Faktoren zusammenwirken wie familiäre und gesellschaftliche Situation, Rauchen und auch Mobilfunknutzung der Mutter während der Schwangerschaft. Um zu sehen, ob die Strahlung bei Ungeborenen ungünstige Auswirkungen auf Gedächtnis und Verhalten hat, wurden Verhaltenstests und elektrophysiologische Untersuchungen unterhalb des SAR-Grenzwertes von 2,0 W/kg mit den Tieren durchgeführt. Die Bestrahlung erfolgte permanent mit 900 und 1800 MHz (SAR 1,6 W/kg) von Tag 1 bis Tag 17 der Schwangerschaft. Die auf „Anruf“ eingestellten Telefone wurden über der Futterbox des Käfigs angebracht, 4,5–22,3 cm von den Tieren entfernt. 42 Kontrolltiere wurden unter denselben Bedingungen mit ausgeschalteten Handys gehalten. Untersucht wurden an weiblichen Mäusen Gedächtnisstörungen, Hyperaktivität und Ängstlichkeit. Hyperaktivität und Ängstlichkeit sind eng verbunden und können sich gegenseitig bedingen.

Für die Experimente wurden 161 Nachkommen (82 bestrahlte und 79 Kontrolltiere) nach 8, 12 und 16 Wochen getestet. Es wurden Gegenstände in den Käfig gelegt und ausgetauscht. Gemessen wurde die Zeit, die die Tiere mit dem Untersuchen verbrachten. Das Verhalten der Tiere wurde im Blindverfahren ausgewertet. Die Kontrolltiere untersuchten signifikant länger als die bestrahlten nach 8, 12 und 16 Wochen. Ein weiteres Experiment bestand darin zu beobachten, wie oft die Nachkommen-Tiere (71 bestrahlte und 70 Kontrollen) zwischen hellen und dunklen Bereichen des Käfigs wechselten. Dieser „Angsttest“ im Alter von 12, 15 und 18 Wochen ergab, dass sich die bestrahlte Gruppe wesentlich mehr zwischen den Feldern bewegte. Die durchschnittliche Anzahl der Bewegungen der bestrahlten Tiere betrug 29,9, 32,5 und 14,8, die Kontrollgruppen 23,9, 13,8 und 6,5. Das ist ein Zeichen von Hyperaktivität. Die bestrahlten Mäuse hielten sich signifikant kürzer im Dunkeln auf in allen 3 Altersgruppen (211, 187 und 236 Sekunden im Vergleich zu 226, 216 und 271 in der Kontrollgruppe). Die Aufenthaltsdauer im Dunkeln ist ein Maß für Angst. Ein weiterer Test wurde mit 98 Tieren (51 Kontrollen und 47 bestrahlten, 12 Wochen alt und als Erwachsene) durchgeführt, der Aufschluss über die Furcht vor der Erkundung der Umgebung gibt. Es wurde die Zeit gemessen, die sich die Tiere auf einer Plattform aufhalten. Eine längere Aufenthaltsdauer ist ein Maß für erhöhte Furchtsamkeit. Es gab keinen signifikanten Unterschied, die Kontrolltiere hielten sich