

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

18. Jahrgang / Nr. 6

www.elektrosmogreport.de

Juni 2012

Wirkung gepulster Felder

Gepulste Felder beeinflussen Adenosin-Rezeptoren

An Rattenhirnen und isolierten Membranen von Nervenzellen der Hirnrinde wurde die Wirkung auf 2 verschiedene Adenosinrezeptoren (A_1 und A_{2A}) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl intakte Gewebe als auch isolierte Membranen auf PEMFs reagieren, aber auf unterschiedliche Weise. Intakte Gewebe und Zellen antworten mit vorübergehender signifikanter Erhöhung der Aktivität der Adenosinrezeptoren A_{2A} , isolierte Membranen mit gleichbleibend hohen Werten.

Verschiedene Wirkungen gepulster elektromagnetischer Felder auf Hirngewebe sind bekannt und werden bei klinischen Therapien genutzt, aber die Wirkungsmechanismen und die möglichen Wechselwirkungen mit den Zellmembranen sind kaum untersucht. Adenosin hat viele Funktionen in den Zellen, es reagiert mit mindestens 4 Zelloberflächenrezeptoren, die als Adenosinrezeptoren A_1 , A_{2A} , A_{2B} und A_3 bezeichnet werden. A_1 und A_{2A} sind hoch aktiv im Zentralnervensystem im Vergleich zu den anderen. Adenosin reguliert verschiedene physiologische Prozesse, es verlangsamt den Puls und senkt den Blutdruck, verzögert die Herzkammertätigkeit und hemmt die Neuronenaktivität. Adenosin hat im Nervensystem eher dämpfende und beruhigende Wirkung und fördert den Schlaf.

Die Studie wurde durchgeführt, um die Wirkung von PEMFs auf A_1 und A_{2A} -Rezeptoren zu untersuchen. Die Untersuchungen erfolgten an kompletten PEMF-behandelten Rattenhirnen, an isolierten Membranen von Rindenneuronen der Ratten und an primären Zellkulturen der gleichen Zellart (als ein Test für ein In-Vitro-Modell für Neuronen). Man wollte untersuchen, ob sich Unterschiede in den Reaktionen der 3 verschiedenen Ansätze ergeben, sowohl im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen als auch zwischen den Ansätzen und bei verschiedenen Feldintensitäten und Einwirkungszeiten. Die gepulsten Felder (75 Hz, Pulsdauer 1,3 ms) hatten magnetische Feldstärken von 1,5 und 3,0 mT, die 8 Stunden lang einwirkten. Die Untersuchungen erfolgten mit der Sättigungsbindung der beiden Rezeptoren A_1 und A_{2A} und der Bestimmung der mRNA (RT-PCR-Methode).

Der A_1 -Adenosinrezeptor wurde getestet um festzustellen, ob die Wirkung selektiv für den A_{2A} -Rezeptor ist oder auch andere Rezeptoren angesprochen werden. Die PEMF-Behandlung zeigte bei den A_1 -Adenosinrezeptoren keine signifikanten Unterschiede in allen Ansätzen, Zeiten und Intensitäten. Aus anderen Experimenten ist bekannt, dass A_{2B} wie A_1 reagiert, während A_3 sich wie A_{2A} verhält. Die beiden letzteren sind bei Entzündungsreaktionen aktiv und die PEMF-Einflüsse könnten in anti-entzündlichen Wirkungen bestehen, die zu den

besseren Heilungsverläufen führen. Bei den A_{2A} -Adenosinrezeptoren zeigten sich in den isolierten Membranen nach 2 Stunden signifikante Hochregulierungen bei 1,5 und 3 mT um das 1,9- bzw. 2,2-Fache; die Werte waren gleich hoch bis 8 Stunden. Bei den kompletten Gehirnen und den primären Zellkulturen stieg die Anzahl nach 2 Stunden signifikant und fiel nach 8 Stunden auf das Niveau der Kontrollen ab. Bei 1,5 mT betrug der vorübergehende Anstieg nach 4 Stunden jeweils das 2-Fache, nach 6 Stunden das 1,6- bzw. 1,8-Fache gegenüber den unbehandelten Kontrollen. Bei 3 mT in den intakten Geweben und Zellen bei den A_{2A} -Rezeptoren nach 2 Stunden ein 2,0- bzw. 2,2-facher und nach 4 Stunden ein 1,6- bzw. 1,9-facher Anstieg zu sehen.

Die Daten zeigen klar eine zeitabhängige Wirkung der PEMFs auf die A_{2A} -Konzentrationen mit vorübergehendem Anstieg beim intakten Gehirn und den primären Zellkulturen, während bei den isolierten Membranen konstant hohe Werte zu sehen waren. Bei 3 mT erfolgte die Reaktion schneller (nach 2 und 4 Stunden) als bei 1,5 mT (nach 4 und 6 Stunden) und sank auf den Wert der Kontrollen nach 6 bzw. 8 Stunden. Die vorübergehend steigende Wirkung kann erklärt werden als einen Mechanismus, durch den intakte Zellsysteme die Homöostase aufrechterhalten, wahrscheinlich durch Wiederverwendung der überexprimierten Rezeptoren.

Mit der Bestimmung der mRNA-Expression in den Rindenzellen sollte herausgefunden werden, ob die PEMF-Behandlung Veränderungen an der Zelloberfläche oder auf der Transkriptionsebene verursacht. Die Daten zeigen, dass PEMFs in keinem Fall die mRNA von A_1 - und A_{2A} -Rezeptoren in den primären Nervenzellen (Test-Modell) beeinflussen, somit keinen Einfluss auf Prozesse im Zellinnern haben. Bei A_1 sind alle Werte gleich, Kontrollen und PEMF-behandelte sowie alle Zeiten und beide Intensitäten; bei A_{2A} gibt es geringfügige Unterschiede bei 4 und 6 Stunden. Es handelt sich demnach bei der PEMF-Einwirkung um eine selektive Wirkung auf die entzündungshemmenden A_{2A} -Rezeptoren. A_{2A} -Rezeptoren steigern die Glutamatausschüttung, während die Aktivierung der A_1 -Rezeptoren die Glutamatausschüttung reduziert. Diese Experimente hier deuten darauf hin, dass die Aktivierung der A_{2A} -Rezeptoren eine schützende Wirkung bei Hirnverletzungen

Weitere Themen

900 MHz schädigt Ameisen, S. 2

Die Sammlerinnen erleiden eine Verminderung des Orientierungssinns und verlieren ihr Geruchsgedächtnis unter Einwirkung von 900-MHz-Mobilfunkstrahlung.

Politik, Wirtschaft und Forschung, S. 3

Schädliche Einwirkungen von elektromagnetischen Feldern werden von offizieller Seite übersehen, nur unabhängige, kritische Forscher verstehen wohl die Forschungsergebnisse.

hat. Bekannt ist, dass PEMFs schützende Wirkungen bei Ischämien haben und neue Untersuchungen belegen eine Einwirkung auf das Glutamat-System mit einer gesteigerten neuronalen Erregbarkeit.

Diese Ergebnisse zeigen, dass PEMF-Behandlung verschiedene biologische Wirkungen auf intakte Zellen und Organe bzw. isolierte Membranen hat. Es gibt eine klare zeit- und intensitätsabhängige Wirkung der PEMFs auf die Aktivität der A_{2A} -Adenosinrezeptoren in Rattenhirnen und Nervenzellkulturen. Die Hochregulation durch PEMFs war konstant in den isolierten Membranen und vorübergehend in den Neuronen und ganzen Hirnen. In den Zellen werden die Rezeptoren wieder verwendet, deshalb der vorübergehende Anstieg der A_{2A} -Adenosinrezeptor-Konzentrationen. Dieser Anstieg könnte für das Hirngewebe von großem Vorteil sein, da die Stimulation der A_{2A} -Adenosinrezeptoren fördert positive Wirkungen auf das Überleben und die Lebensfähigkeit von Neuronen.

Quelle: Varani K, Vincenzi F, Targa M, Corciulo C, Fini M, Setti S, Cadossi R, Borea PA (2012): Effect of Pulsed Electromagnetic Field Exposure on Adenosine Receptors in Rat Brain. *Bioelectromagnetics* 33, 279–287

Mobilfunkwirkung auf Insekten

900-MHz-Strahlung beeinträchtigt Gedächtnis bei Ameisen

Sechs Kolonien einer Ameisenart wurden in Experimenten mit 900-MHz-Feldern, ähnlich denen von Mobilfunkanlagen, mehrmals bestrahlt. Die bestrahlten Tiere konnten nach ausreichendem Training kaum einen Zusammenhang zwischen Futter und Geruch herstellen oder sich an markanten Punkten orientieren. Zudem verschwand die Erinnerung schneller unter Mobilfunkeinwirkung.

Sechs Kolonien der Ameisenart *Myrmica sabuleti*, die frisch aus den Ardennen eingesammelt worden waren, wurden den Tests unterzogen. Eine Kolonie enthält eine oder mehrere Königinnen und mehrere hundert Arbeiterinnen. Letztere wurden zur Futtersuche trainiert auf den Geruch von Fenchel und auf einen grünen Würfel zur Orientierung im „Gelände“ (Konditionierung). Dieses Gelände bestand aus Y-förmigen Wegstrecken, wobei Fenchelgeruch und Gegenstand zufallsmäßig in dem einen oder anderen „Arm“ des Ypsilon platziert wurden. Als Futter diente brauner Zucker in der Umgebung des Stocks und als tierische Nahrung Teile von anderen Insekten. Die Bestrahlung erfolgte mit 10 dBm (1 mW) aus 2 Kanälen, das entsprach knapp 1 V/m über jedem Stock. Die Bestrahlung erfolgte mehrmals in verschiedenen Abständen und Zeitspannen. Gemessen wurden die Zeit und die Trefferquote, mit der das Futter gefunden wurde.

Die frischen Kolonien erreichten nach dem Riechtraining ohne Bestrahlung in 4 Tagen die maximalen Quoten von 80–85 %. Ohne Training ging das Gedächtnis dafür nach 3,5 Tagen verloren. Nach Bestrahlung verloren die ersten 17,5 % das Geruchsgedächtnis in 16 Stunden und die letzten 12 % in 23,5 Stunden. Bei der Sicht-Orientierung im Gelände brauchten die Tiere unter normalen Bedingungen 6–7 Tage zum Lernen und erreichten Quoten von 75–80 %. Nach Entfernen des Orientierungspunktes behielten die Tiere das Gedächtnis noch 30 Stunden, dann verminderte es sich, nach einem Tag um 10 % und weitere 5 % nach 3 Tagen. Danach behielten sie 10 % ihres Sicht-Gedächtnisses. Wenn 900-MHz-Strahlung einwirkte, erreichten die Ameisen nach 60 Stunden nur eine Quote von 46–47 %, die selbst nach fast 6 Tagen nicht besser wur-

de. Nach 30 Stunden Erholung erlangten 10 % der Tiere das Gedächtnis zurück innerhalb von 60–70 Stunden und die letzten 5 % nach 3 Tagen. Beim Fortführen des Trainings wurde die erwartete Quote von 75–80 % nicht erreicht, mit 65 % blieb sie 10 % unter den Erwartungen. Nach erneuter Bestrahlung verloren die Tiere 7 % der Erinnerung in 9 Stunden und hatten nach 22 Stunden alles komplett vergessen.

Außerdem wurden physiologische Veränderungen unter der Bestrahlung ausgemacht. Die Tiere bewegten sich langsamer und zögerlich, blieben oft stehen statt zügig ihren Weg zum Futter oder zum Stock zu machen. Manche Tiere hatten einen unsicheren Gang, es wurde weniger Futter gesammelt, die Larven und Nymphen entwickelten sich nicht richtig und starben nach den 4 Bestrahlungsperioden ab, während die unbestrahlten normal bis zum fertigen Tier (Imago) heranwachsen, und etwa 50 Tiere pro Kolonie und eine Königin lagen tot in der Futterecke. Sie waren nicht zum Friedhof transportiert worden, wie es in den normalen Stöcken der Fall ist. Diese Beobachtungen waren nicht erwartet worden, deshalb wurden sie nicht quantitativ erfasst, sie wurden auf Fotos dokumentiert. Zwei Monate nach den Bestrahlungen schienen die Ameisenstöcke gesund zu sein und zeigten normales Verhalten, hatten aber eine geringere Anzahl an Tieren als vor der Bestrahlung. Offensichtlich können die Stöcke sich nicht an die Strahlung anpassen. Eine unerwartete Beobachtung war, dass sich bei einigen Arbeiterinnen Eierstöcke entwickelten.

Man kann die Beobachtungen so zusammenfassen:

Bestrahlte frische Arbeiterinnen waren nicht in der Lage, den erlernten Orientierungspunkt Richtung Futter zu erkennen bzw. im Gedächtnis zu behalten. Nach der Bestrahlung und einer Erholungsphase von 30 Stunden konnten die Ameisen die Verbindung zwischen Futter und Geruch oder Sehen des Orientierungspunktes herstellen, aber sie erreichten nie die erwarteten Quoten. Nach dem Training der Tiere auf Geruch oder Orientierungspunkt ging das Gedächtnis bei den meisten Tieren verloren. Der Verlust erfolgte unter Bestrahlung mit 900 MHz schneller als bei den Ameisen, die nicht weiter trainiert worden waren (Kontrollen). Die Geruchserinnerung verschwand in 23,5 Stunden im Vergleich zu 3,5 Tagen, die Sicht-Orientierung in 22 Stunden im Vergleich zu 4 Tagen. Die bestrahlten Tiere verloren komplett die Fähigkeit, sichtbare Markierungen zu nutzen, während 10 % der normalen untrainierten Tiere diese Fähigkeit dauerhaft behalten. Die 900-MHz-Bestrahlung scheint die Orientierung auf Sicht (Geländegedächtnis) stärker zu vermindern als den Geruchssinn. Die physiologischen Beeinträchtigungen auf Bewegung, Futtersammeln und Entwicklung der Brut durch GSM-900-MHz-Strahlung waren deutlich zu sehen, wenn auch nicht quantifiziert, weil sie unerwartet auftraten.

Man sieht einen chronologischen Verlauf der Beeinträchtigung durch die Mobilfunkstrahlung, auf Konditionierung bzw. Lernen, Verhalten und die Physiologie. Zuerst ist das Lernen behindert, dann ist die Bewegung der Sammlerinnen in ihrem Sammelgebiet beeinträchtigt, dann litt die Brutaufzucht und schließlich starben ungewöhnlich viele Larven und Arbeiterinnen. Bei Ameisen ist das Sicht-Gedächtnis komplexer als der Geruchssinn, d. h. mehr Nervenzellen sind beteiligt als beim Geruchsgedächtnis. Durch die 900-MHz-Strahlung ist der Sehsinn stärker beeinträchtigt als der Geruchssinn. Dass die Konditionierung auf Fenchel sicher eine Konditionierung über den Geruchssinn ist, nicht über das Sehen, erkennt man daran, dass die Arbeiterinnen auf eine wässrige Lösung von Fenchelextrakt reagieren. Diese Ergebnisse und Beobachtungen zeigen, dass 900-MHz-Strahlung eine schwere Beeinträchtigung der Nervenzellen bewirken. Zur Futtersuche wird ein korrekt funktionierendes Gehirn und das anderer Nervenzellen