

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

15. Jahrgang / Nr. 6

www.elektrosmogreport.de

Juni 2009

Zellforschung

Gepulste Felder verändern das Zellwachstum

Zwei experimentelle Arbeiten befassten sich mit der Wirkung von gepulsten elektromagnetischen Feldern auf Zellen. In menschlichen Knochenmark-Stammzellen wurden Entwicklung der Zelldichte, Form und Differenzierung der Zellen sowie die Phasen der Zellteilung untersucht. Außer bei der Zellform gab es signifikante Unterschiede zwischen Kontrollzellen und EMF-behandelten Zellkulturen. In der 2. Arbeit konnte ein Schritt geklärt werden, wie sich Zellarten untereinander im Wachstum beeinflussen.

Obwohl elektromagnetische Felder seit langem in Kliniken zur beschleunigten Knochenheilung und Behandlung anderer Knochenkrankheiten einschließlich der Osteoporose eingesetzt werden, sind die Wirkungsmechanismen weitgehend unbekannt. Andererseits haben elektromagnetische Felder auch negative Wirkungen auf das Wachstum der Knochenzellen. Die Experimente hier leisten einen Beitrag zur Aufklärung der Vorgänge in den Zellen.

Die Zellkulturen der menschlichen mesenchymalen Knochenmark-Stammzellen wurden 8 Stunden pro Tag über einen Zeitraum von 10 Tagen untersucht. Es gab zwei verschiedene Ansätze der Zellkulturen, einmal mit einer Zelldichte von 1000 und einer mit 3000 Zellen/cm². Die Einwirkung der Felder betrug 4,5 ms pro Puls mit 20 Pulsen bei 15 Hz, die Feldstärken lagen bei 0–1,8 mT in 200 µs, die in 25 µs auf 0 zurückgehen. Die Wirkung der gepulsten Felder auf das Wachstumsverhalten war signifikant verschieden gegenüber den Kontrollkulturen. Die bestrahlten Zellen erreichten in kürzerer Zeit eine hohe Zelldichte. Die Kontrollen der 1000-Zellen-Ansätze erreichten nach 24 Stunden eine Zelldichte von 1,18–1,23 · 10³ Zellen und die bestrahlten Kulturen 1,75–1,84 · 10³ Zellen. Das ist ein Anstieg der Zelldichte um 59 %. Bei der Einsaat von 3000 Zellen/cm² gab es eine Steigerung um 40 %. Die höhere Dichte, also die stärkere Vermehrung der Zellen, ist auf die Verkürzung der Lag-Phase (Ruhezeit vor dem Beginn der Zellteilungsphase) zurückzuführen, nicht auf eine beschleunigte Teilung der Zellen, denn die Steigung der Wachstumskurve war bei allen Ansätzen in der exponentiellen Phase nahezu gleich. Insgesamt kam es zu 20–60 % höherer Zelldichte. Beim Zellzyklus ist nach 6 und 12 Stunden (4 Stunden nach der ersten Feldbehandlung) zu sehen, dass die Felder einen höheren Prozentsatz von G2/M-Phase-Zellen erzeugten (Phase der DNA-Synthese). Nach 18 und 24 Stunden (10 und 16 Stunden nach Feldeinwirkung) war der Prozentsatz von zwei Phasen (G2/M- und S-Phase) vermindert, und zwar um 8–12 bzw. 3–4 %. Der Anteil von G0/G1-Phasen (neu geteilte Zellen) stieg an um 13–16 %. Nach 48 Stunden (16 Stunden nach der zweiten Feldbehandlung) war der Unterschied zu den Kontroll-

len immer noch signifikant, aber nicht mehr so deutlich wie nach 24 Stunden. Das zeigt, dass die mit gepulsten Feldern behandelten Zellkulturen mehr Zellteilungen durchgemacht haben. Die Untersuchung der Zellformen ergab weder nach 3 noch nach 8 Tagen signifikante Unterschiede. Der beschleunigte Zellzyklus könnte durch Veränderung des Membranpotenzials verursacht werden, meinen die Autoren. Die gepulsten elektromagnetischen Felder verändern die Ionenkanäle und es kommt zu gesteigerter Membranpolarisation. Damit ist ein weiterer Schritt gemacht zur Aufklärung der Wirkungsmechanismen, die zur verbesserten Heilung durch Bestrahlung führen.

Die 2. Arbeit ging der Frage nach, ob die durch elektromagnetische Felder hervorgerufene verbesserte Knochenheilung auf die Zusammenarbeit zwischen Blutgefäßen und Osteoblasten zurückzuführen ist. Bekannt ist, dass beim Knochenwachstum neben der Kooperation verschiedener Zellarten der Wachstumsfaktor VEGF-A (Vascular endothelial growth factor) eine Rolle spielt. Deshalb hat man Endothelzellen und Osteoblasten jeweils im Wachstumsmedium der anderen Zellart weiter wachsen gelassen, so dass die Zellen von Ausscheidungsprodukten der anderen Zellart umgeben waren. Die Bestrahlungsbedingungen waren 15 Hz, 1,8 mT, 8 Stunden. Die bestrahlten Endothelzellen im Osteoblasten-Medium hatten eine 54-fach höhere Wachstumsrate als die unbestrahlten. Unbestrahlte bzw. bestrahlte Zellen im eigenen Medium dagegen zeigten nur 4-7-fachen Anstieg. Man fand überdies heraus, dass an der wachstumsfördernden Wirkung nicht, wie erwartet, der bekannte VEGF-A beteiligt ist, sondern ein löslicher Faktor, der von den Osteoblasten produziert wird. Das zeigt, dass die klinische Wirkung von niederfrequenten gepulsten Feldern auf Endothelzellen während der Knochenheilung nicht auf zellinnere (autokrine) Vorgänge beschränkt ist. Angrenzende Osteoblasten im elektrischen Feld beeinflussen das Wachstum der Endothelzellen (parakrin), indem ein löslicher Faktor freigesetzt wird, der verantwortlich ist für den 54-fachen Anstieg des Endothelzell-Wachstums. Die Identität des löslichen Faktors ist in Arbeit.

Weitere Themen

900/2450-MHz-Wirkung auf Nervenzellen, S. 2

Nicht-thermische Feldstärken verändern das Wachstum von Nervenzellen in Zellkulturen von Mäuse- und Ratten.

Elektroschockwaffen in Deutschland, S. 3

Eine Kleine Anfrage im Bundestag verlangt Auskünfte über den Einsatz der angeblich ungefährlichen Waffen.

Mobilfunkdiskussion in China, S. 3

Prof. Dariusz Leszczynski schrieb über Forschung und Grenzwerte in China.

Quellen:

Sun LY, Hsieh DK, Yu TC, Chiu HT, Lu SF, Luo GH, Kuo TK, Lee OK, Chiou T (2009): Effect of Pulsed Electromagnetic Field on the Proliferation and Differentiation Potential of Human Bone Marrow Mesench. Stem Cells. Bioelectromagnetics 30, 251–260

Hopper RA, VerHalen JP, Tepper O, Mehrara BJ, Detch R, Chang EI, Baharestani S, Simon BJ, Gurtner GC (2009): Osteoblasts Stimulated With Pulsed Electromagnetic Fields Increase HUVEC Proliferation Via a VEGF-A Independent Mechanism. Bioelectromagnetics 30, 189–197

Hochfrequenz-Zellforschung**Nervenzellentwicklung wird durch HF-Strahlung gestört**

Zwei Arbeiten untersuchten die Entwicklung von Nervenzellen nach Behandlung des Hirngewebes mit Hochfrequenzstrahlung. In der einen Arbeit wurde an zwei verschiedenen Zellkulturen nachgewiesen, dass 900-MHz-Strahlung (SAR 1 W/kg) das Wachstum von Nervenzellen verändert. RNA-Untersuchungen zeigten, dass die Aktivität der frühen Gene für die Regulation des Neuritenwachstums verändert ist. Bei der anderen Arbeit wurden bestimmte Regionen des Gehirns von neugeborenen und alten Ratten auf die Entwicklung der Nervenzellen nach 2,45-GHz-Bestrahlung (2,8 mW/cm²) erforscht. Es kam zu signifikanter Veränderung bei den neugeborenen Tieren.

Man wollte wissen, wie 900-MHz-Strahlung im Bereich der nicht-thermischen Wirkungen im Wachstum begriffene Nervenzellen beeinflusst. Dazu wurden eine cholinerge Nervenzelllinie von Mäusen und eine Primärkultur von Ratten-Hirnrindenzellen auf ihre Entwicklung untersucht. Das Augenmerk lag auf Sprießen, Verlängern und Verzweigen der Neuriten. Zusätzlich sollte geklärt werden, welche Stressprotein-Gene bei der Bestrahlung aktiviert werden und ob frühe Gene für das Neuritenwachstum verändert werden. Die Mäusezellen wurden 72 Stunden, die Rattenzellen 120 Stunden mit 1 W/kg bestrahlt und während dieser Zeit täglich untersucht. Man fand, dass in beiden Zellarten die Entwicklung der Neuriten verändert wird. Die bestrahlten Zellen bildeten weniger Neuriten aus, während die Länge und die Anzahl der Verzweigungen sich nicht von den Kontrollen unterschieden. Bei den bestrahlten Mäusezellen sah man nach 24 Stunden 7,6 bzw. 8,8 Neuriten/Zelle. Die Rattenhirnzellen wurden an den Tagen 2, 4 und 6 untersucht. Die bestrahlten Zellen zeigten verzögertes Wachstum: Tag 2: Kontrolle 4,3 und exponierte 3,9 Neuriten/Zelle, Tag 4: 5,0 bzw. 4,4. Am Tag 6 waren keine Unterschiede mehr zu sehen. Die elektromagnetischen Felder verzögern demnach Zellentwicklung und Zellreifung. Für die Genexpression wurde das Beta-Thymosin untersucht. Das ist ein Protein, das an der Entwicklung der Zellform beteiligt ist. Es reguliert das Sprießen, Verzweigen und Verlängern der Neuriten. Beta-Thymosin stieg während der frühen Differenzierung am 1. Tag in der 900-MHz-Gruppe um den Faktor 4 an und nahm am 6. Tag ab.

In der 2. Arbeit wurden neugeborene (7 Tage) und alte Ratten (24 Monate) gepulster 2,45-GHz-Strahlung bei 2,8 mW/cm² ausgesetzt. Es gibt mindestens 2 Regionen im erwachsenen Gehirn, die für das Nervenwachstum und deren Wanderung verantwortlich sind, die Subventrikularzone (SVZ) und der Gyrus dentatus im Hippocampus. Die SVZ ist die größte Neurogenese-Region im Erwachsenen-Gehirn. Die neu gebildeten Zellen wandern entlang eines schmalen Pfades in andere Be-

reiche, wo sie zu reifen Zellen ausdifferenzieren. Beide Altersstufen waren in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe wurde 2 Tage lang 4 Stunden/Tag (akut) und die andere 3 Tage lang 8 Stunden/Tag (chronisch) bestrahlt. Hier wurde untersucht, wie sich diese Entwicklung verändert, wenn die Tiere eine bestimmte Zeit mit Hochfrequenz bestrahlt werden. Die Ergebnisse: Bei den neugeborenen Ratten gibt es signifikante Unterschiede im Zellwachstum zwischen Kontrollen und bestrahlten Tieren, nicht aber bei den 24 Monate alten Tieren. Die Veränderungen in der Zellwachstumsrate sind dosis- und altersabhängig. Zwischen Tag 7 und Tag 10 ist die Aktivität sehr hoch, geht dann auf die der Kontrollen zurück und steigt vom 14. bis 21. Tag wieder an. Am Tag 35 nähert sich die Zellteilungsrate der der Kontrollen an. In den Tagen 1–7 nach der Geburt findet besonders starke Zellteilung, d. h. Entwicklung und Reifung der Nervenzellen, statt. Daher sind Befürchtungen von Schädigungen der Neurogenese gerechtfertigt, wie sie zumindest bei neugeborenen Tieren nachgewiesen wurde.

Quellen:

Del Vecchio GD, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA (2009): Continuous exposure to 900 MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. Neuroscience Letters 455, 173–177

Orendacova J, Racekova E, Orendac M, Martoncikova M, Saganova K, Lievajova K, Abdiova H, Labun J, Galik J (2009): Immunohistochemical Study of Postnatal Neurogenesis After Whole-body Exposure to Electromagnetic Fields: Evaluation of Age- and Dose-related Changes in Rats. Cellular and Molecular Neurobiology, doi: 10.1007/s10571-009-9385-3

Rezension**Strahlenstress, Wissenschaft und Politik**

Die neue Broschüre „Zellen im Strahlenstress“ fasst die Ergebnisse zu Mobilfunkforschung zusammen und beleuchtet einmal mehr die absurde Situation, dass die Bevölkerung von Industrie und Politik jahrelang getäuscht wurde und immer noch wird. Wissenschaftler, die unabhängige Forschung betreiben und unliebsame Ergebnisse produzieren, werden verunglimpft, und die politischen Verantwortlichen in verschiedenen Gremien, Institutionen und Regierung negieren jegliche Schädigung durch Mobilfunk.

Diese neue Veröffentlichung ist eine Zusammenfassung der Broschüren der Kompetenzinitiative, deren Inhalte oft kompliziert sind und hier für den Laien vereinfacht aufbereitet wurden. Auf 50 Seiten wird der Mensch als elektrisches Wesen beschrieben, werden grundlegende biologische Prozesse zwischen den Zellen, werden die elektrischen Eigenschaften von biologischen Systemen, Gentoxizität, Schädigung der Blut-Hirn-Schranke und von Spermien, Eizellen und Embryos erklärt. Auf Zellebene wird verdeutlicht, wie die oxidativen Stressreaktionen durch Freie Radikale entstehen und warum es so schädlich ist, wenn dies (z. B. ausgelöst durch elektromagnetische Felder, was gut untersucht und vielfach bestätigt ist) aus dem Ruder läuft, und es zur Tumorentwicklung durch elektromagnetische Felder kommen kann. Die Veränderungen der Membranpotenziale durch elektromagnetische Felder sind ebenso verständlich mit Hilfe von Abbildungen dargestellt wie allgemeine grundlegende biochemische Abläufe in der Zelle.

Die unrühmliche Rolle des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) wird aufgezeigt, das niemals Beweise für Schädlichkeit findet, um zu erreichen, weder bei Grenzwerten noch bei wei-