

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

22. Jahrgang / Nr. 6

www.elektrosmogreport.de

Juni 2016

Niederfrequenz

Einfluss von EMF auf adulte Stammzellen

Elektromagnetische Felder (EMF) haben wichtige Funktionen im Körper, bekannt sind z. B. Heilung von Knochenbrüchen, Regeneration von Knorpel und Linderung von Schmerzen. Auf Zellebene wurden viele Wirkungen gefunden. Die in letzter Zeit an adulten (reifen, erwachsenen) Stammzellen gefundenen vielfältigen Wirkungen niederfrequenter Felder durch Forschung mit Frequenzen zwischen wenigen Hz und 150 Hz (Sinus oder gepulst) werden in dieser Arbeit dargestellt.

Elektromagnetische Felder haben einen großen Einfluss auf den Körper, sie werden erfolgreich in der Physiotherapie bei Knochenstörungen, Arthrose oder Knorpelregeneration und Schmerzlinderung eingesetzt, neuerdings auch in Stammzell-Experimenten im Labor. Stammzellen sind in fast allen Geweben im Körper verteilt, sie haben vielfältige Aufgaben. Sie halten die Homöostase aufrecht und sind an vielen weiteren Stoffwechselprozessen beteiligt. Sie können allerdings auch negative Eigenschaften haben, z. B. wenn sie zu Krebs-Stammzellen werden. Die meisten EMF-Experimente wurden mit mesenchymalen Stammzellen während der Differenzierung von Knochen- oder Knorpelzellen durchgeführt.

In fast allen Geweben im menschlichen Körper sind die adulten Stammzellen für Zellregeneration und Reparatur nach Verletzungen zuständig, wobei sie durch viele biochemische und biophysikalische Reize in ihrer Zellumgebung beeinflusst werden. Dazu gehören Stress, Druck, Ernährungszustand, EMFs usw. Entscheidend ist, dass die Regulation richtig funktioniert, sonst entstehen Störungen bei Regeneration und Homöostase, die zu krankhaften Veränderungen führen können, einschließlich der Tatsache, dass Stammzellen Krebs-Stammzellen werden können, die zu Krebs- und Metastasen-Bildung beitragen. Adulte Stammzellen können „Helden“ und „Schurken“ sein. Sie sind außerdem beteiligt an Embryogenese, Zellwanderung, DNA-Synthese und Genexpression. Die Reaktionen hängen vom Stadium der Zelle ab und es gibt Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Die negativen Eigenschaften, die zu krankhaften Veränderungen führen, können chronische Funktionsstörungen nach sich ziehen, die über Kaskaden zu Krankheit oder sogar Tod führen können. Diese Arbeit gibt einen Überblick über das derzeitige Wissen zu EMF und deren Wirkung auf adulte Stammzellen, positive (Heilung) wie negative (Krebsentstehung).

EMF als therapeutisches Werkzeug stimulieren die Knochenbildung, steigern die Mineralisierung von Knochen, mindern Osteoporose und stärken Knorpelgewebe. Es wer-

den endogene elektrische Potenziale und Ströme in Wund-Gewebe erzeugt, die verschwinden, wenn die Heilung vollzogen ist. EMF haben dabei positiven Einfluss auf verschiedene Stufen der Heilung, bei Zellwanderung, Wachstum, Bildung von Wachstumsfaktoren, NO-Signalen, Zytokin-Modulation u. a. Diese Wirkungen wurden bei Anwendung von 30–300 kHz und 3–30 Hz beobachtet.

Während der frühen Entwicklung eines Lebewesens können äußere EMF Einflüsse auf Stammzellen haben. Die Prägung von mütterlichen und väterlichen genetischen Anteilen geschieht in der frühen Entwicklung, daran sind epigenetische Mechanismen beteiligt. Unterbrechung dieser Prägung führt zu Fehlgeburt oder Missbildungen bzw. Krankheiten wie Krebs. Endogene EMF sind in regenerierenden und sich entwickelnden Geweben und Organen vorhanden, im Zytoplasma der Zelle oder um die Zelle herum. Die Stärke der Felder kann mehrere hundert von Millivolt/mm ausmachen. Äußere Felder können das Zellverhalten beeinflussen; z. B. ist bei künstlicher Befruchtung die Erfolgsrate geringer und Missbildungen häufiger, was evtl. auf EMF in der frühen Prägung zurückgeht.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass EMF (sinus und gepulste) das Wachstum von adulten Stammzellen erhöhen, dass Zelldifferenzierung, Zellzyklus, DNA-Synthese und die Überlebensrate von Zellen gesteigert werden bei Herz-, Nerven-, Knochen- und Knorpelzellen. Auch die Expression bestimmter Marker (z. B. die Aktivität der Alkalischen Phosphatase) wird erhöht. Andere Wirkungen von EMF auf Stammzellen sind Änderung der Zellform, elektrische Wechselfelder verändern Hitzeschock- und andere Proteine (HSP27 und HSP70) und man fand hohe Konzentrationen an NADH.

Die Mechanismen der EMF-Einflüsse auf Stammzellen bleiben unklar, sowohl bei Sinus- als auch gepulsten Feldern. Sie könnten auf Zellmembranen wirken, auf transmembrane Ionen-Kanäle, der Ionenfluss wird verändert. Die intrazelluläre Ca^{2+} -Konzentration beeinflusst Wachstum und Differenzierung von Stammzellen, es können auch Signaltransduktion und Zellkommunikation betroffen sein. Stammzellen reagie-

Weitere Themen

Einfluss von HF auf den Magnetkompass, S. 2

Neue Experimente mit europäischen Rotkehlchen können z. T. frühere Ergebnisse nicht bestätigen, bestätigen aber, dass schwache Breitbandfelder den Vogelzug stören.

Magnetfeldreduktion schwächt Muskelzellen, S. 4

Ein schwaches statisches Feld von 3 μ T, wie es im Weltraum vorkommt, vermindert die Energieversorgung von Muskelzellen, weil der Energiestoffwechsel in den Mitochondrien direkt beeinflusst werden könnte.

ren unterschiedlich je nach Differenzierungsstadium der Zelle. Es kann sein, dass die Aktivität von Transkriptionsfaktoren und die Gene für die Zellzyklus-Regulation moduliert werden. Einige Forscher meinen, niederfrequente EMF und gepulste Felder (PEMF) agieren über Modifikation von Signalkaskaden. Erhöhte ROS-Bildung in der Zelle kann ein Mechanismus sein, der die Zellzerstörung verursacht. In geringer Konzentration sind ROS second messenger in Zellen und aktivieren Signalkaskaden, die mit Wachstum und Differenzierung von vielen Zelltypen zu tun haben. Hohe ROS-Konzentrationen modifizieren Signalwege durch Phosphorylations-Mechanismen. Schwache EMF beschleunigen den Elektronentransfer und destabilisieren zelluläre Makromoleküle. Das könnte die Stimulation von Transkription und Proteinexpression erklären, die nach EMF-Behandlung beobachtet wurde. EMF könnten indirekt über ROS oder Störung der DNA-Reparatur genotoxische Wirkungen haben. Die Wirkung der EMF-Stimulation hängt von Intensität, Frequenz und Dauer der Einwirkung ab.

Die erfolgreichen Studien nutzten Sinus-Wellen in Differenzierungsexperimenten, die meisten 1–5 mT und 10–50 Hz, die einzige mit 20 mT zeigte keine signifikante Wirkung auf Differenzierung von Knochenzellen, aber eine Abnahme in Wachstum und Stoffwechsel der Stammzellen. Höhere Intensitäten könnten Temperaturerhöhungen oder oxidativen Stress verursachen.

Die am häufigsten benutzten Bereiche bei den gepulsten EMF waren 0,1–3 mT und 15–75 Hz. Zwei Studien zu Knochenzell-Differenzierung hatten sehr ähnliche Parameter (0,1 mT, 15 Hz), aber verschiedene Pulszeiten (5 bzw. 1 μ s). Diese Unterschiede führten zu verschiedenen Ergebnissen: Anstieg der Differenzierung bzw. keine Wirkung. Das zeigt, dass viele Faktoren intrazelluläre Prozesse beeinflussen, Zeitpunkt, Pulsdauer, Zellart und Versuchsbedingungen. Eine Steigerung der Differenzierung erfolgte von 1–5 mT (sinus) und 0,1–3 mT für PEMF, die Frequenzen variierten von 15–100 Hz (sinus) und 15–150 Hz (PEMF). Das heißt, dass die EMF-Parameter bei Stammzell-Therapien erfolgreich angewendet werden können, bei Zellwachstum und Zelldifferenzierung, bei Knochenbildung, Heilung von Knochenbrüchen oder bei Knorpelregeneration. Auch bei Haut-Stammzellen wirken EMF positiv auf das Wachstum des Gewebes sowie bei Behandlung von Erkrankungen der Blutgefäße und bei neurodegenerativen Störungen.

Beim Zellwachstum war der Anstieg am stärksten bei 5 mT und 50 Hz (sinus), 1,8 mT bei 15 Hz (PEMF) und 1,8–3 mT bei 75 Hz (PEMF).

In einigen Bereichen können EMF die Regeneration fördern, in anderen könnten sich Krebswachstum, Degeneration und krankhafte Veränderungen ergeben, je nach Stammzelltyp. Diese Prozesse können am ehesten auf epigenetischer, zweitens auf genetischer Ebene und schließlich auf der Ebene von Proteinen und mit Zellfunktions-Experimenten geklärt werden, die zu einem positiven oder negativen Einfluss in Richtung Gesundheit oder Krankheit führen.

Die Zahlen der Krebspatienten steigen alarmierend, neben chemischen Schadstoffen könnten auch EMF Auslöser sein, dazu muss es mehr Forschung geben. EMF als therapeutische Anwendungen sind nützlich in der Medizin für Regeneration oder Wiederherstellung der Homöostase, und auch für den Kampf gegen Krebs. Mehr Forscher (Ingenieure, Mediziner) müssen für mehr Wissen über Stammzellen, Stammzelltransplantation, Biophysik, Biochemie, Gewebetechnik, Regenerative Medizin, Krebsforschung u. a. sorgen.

Zusammengefasst lässt sich schlussfolgern: Adulte Stammzellen sind wichtig für den Körper, weil sie für Homöostase,

Regeneration, Alterung usw. sorgen. Stammzellen reagieren auf äußere Einflüsse unterschiedlich, abhängig von Zellart, Zelldichte, Differenzierungsgrad, Art der elektromagnetischen Felder und dem Medium, in dem sie sich befinden. Es gibt zu wenige Daten über den Einfluss von EMF auf die Biologie der Stammzellen. Mehr Studien sind nötig, weil Stammzellen sowohl für erwünschte (Wundheilung, Regeneration) als auch unerwünschte (z. B. pathologisches Wachstum, Krebsentstehung) und viele weitere Prozesse im Körper verantwortlich sind. Die Parameter Frequenz, Intensität (Leistungsflussdichte) und Dauer waren in den Experimenten sehr unterschiedlich. Warum welche Parameter gewählt wurden, ist unklar. Das Wissen um gut eingestellte Werte von EMF, Frequenzen, Intensitäten, Dauer der Stimulation und Mikro-Umgebung kann helfen, den besten Ansatz für Stammzell-Therapien zu finden. Und es ist wichtig, die Wirkung der EMF auf die Krebsentstehung zu untersuchen.

Quelle:

Maziarz A, Kocan B, Bester M, Budzik S, Cholewa M, Ochiya T, Banas A (2016): How electromagnetic fields can influence adult stem cells: positive and negative impacts. *Stem Cell Research & Therapy* 7, 54; DOI 10.1186/s13287-016-0312-5

Magnetkompass von Vögeln

Schwache Breitband-Felder stören Orientierung von Zugvögeln

Bei europäischen Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), die auf ihrer Route im Frühling und Herbst nachts unterwegs sind, kann die Orientierung durch schwache breitbandige elektromagnetische Felder im Bereich 2 kHz bis 9 MHz gestört werden, während starke Felder eines schmalen Frequenzbandes keinen oder kaum Einfluss haben. Frühere Ergebnisse konnten nicht bestätigt und zugrunde liegende Mechanismen nicht geklärt werden.

In den letzten Jahrzehnten wurde viel darüber geforscht, wie sich Zugvögel, die nachts fliegen, am Erdmagnetfeld orientieren. Bekannt ist, dass die Tiere nicht zwischen Nord- und Südrichtung unterscheiden, sondern ob sich in Richtung Pol oder Äquator orientieren. Sie nutzen den Winkel zu den Magnetfeldlinien relativ zur Erdoberfläche statt der Polarität des Magnetfeldes. Wie sie das machen, dazu gibt es zwei Hypothesen: Einmal über einen Magnetrezeptor mit Magnetit (Fe_3O_4) im oberen Schnabel, der mit dem Trigemiusnerven in Verbindung steht, und die andere besagt, dass ein lichtabhängiger Radikalpaar-Mechanismus über einen chemischen Sensor als Magnetkompass fungiert. Dabei könnte eine Licht-induzierte Elektronentransfer-Reaktion die Radikale erzeugen. Die magnetische Empfindlichkeit wird beeinflusst durch die Radikalpaar-Dauer, die Photorezeptoren sind wahrscheinlich Cryptochrome, die bei Vögeln in der Retina gefunden wurden. (*Cryptochrome, Cry 1 und 2, sind Proteine, die weit verbreitet sind bei Lebewesen. Bei Zugvögeln sind sie an der Orientierung am Erdmagnetfeld beteiligt und bei Pflanzen sind sie Photorezeptoren für blaues Licht. Auch in Bakterien und Säugetieren sind Cryptochrome vorhanden und haben außer bei der Magnetrezeption des Erdmagnetfeldes eine Funktion bei der Aufrechterhaltung der inneren Uhr, dem Tag-Nacht-Rhythmus, die Red.*). Bestimmte Ganglien im Vorderhirn namens Cluster N sind aktiv, wenn Vögel