

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

19. Jahrgang / Nr. 2

www.elektrosmogreport.de

Februar 2013

Epidemiologie berufliche Exposition

Belastung von Beschäftigten am Magnetresonanz-Gerät

Geschätzte 100.000 Menschen arbeiten im Einflussbereich eines Magnetresonanz-Gerätes (MRT) und sind hohen Feldern im Vergleich zum normalen Hintergrundlevel ausgesetzt. Diese Geräte senden ein komplexes Gemisch aus statischen und hochfrequenten Feldern aus. Für die Erfassung der Felder in epidemiologischen Studien müssen daher Standards festgelegt werden. Anstelle der Kategorisierung über die Berufsbezeichnung soll eine Klassifizierung nach der Arbeit an Geräten erfolgen. Der Vorschlag: Vorläufig sollen 3 Kategorien die Arbeit in den Magnetfeldern charakterisieren.

Weltweit gibt es schätzungsweise 20.000–25.000 Magnetresonanz-Geräte, einige Tausend davon in Europa. An jedem Gerät arbeiten etwa 5 Personen aus verschiedenen Berufen wie Röntgenassistenten, Krankenschwestern, Anästhesisten, Techniker, Ingenieure und Reinigungspersonal, z. T. auch Chirurgen und Kardiologen. Diese sind verschiedenen Feldern während der Arbeit ausgesetzt. Aufgrund der erheblichen Feldstärken sollten gesundheitliche Wirkungen in epidemiologischen Studien beachtet werden, besonders weil es auf lange Sicht zu ständigen oder sich wiederholenden Einwirkungen kommt. Aus Untersuchungen sind akute, vorübergehende Anzeichen von Sehstörungen bei Bewegung im statischen Magnetfeld bekannt, ebenso wird von Schwindel, Übelkeit und der Einbildung von Bewegung berichtet. Über andere akute Wirkungen, z. B. auf Hirnfunktionen, Spätfolgen wie Krebs oder neurodegenerative Erkrankungen (z. B. Alzheimer oder ALS) weiß man kaum etwas. In den letzten Jahren gab es Berichte von in vivo- und in vitro-Experimenten, bei denen genotoxische Wirkungen gefunden wurden. Es gibt aber keine Untersuchungen zu Langzeitwirkungen der wiederholt einwirkenden MRT-Felder. Deshalb erfordert es gut durchdachte epidemiologische Studien, die die komplexe Mischung aus statischen und hochfrequenten Feldern sowie dem Magnetfeldgradienten berücksichtigen und die mit einer sinnvollen Klassifizierung brauchbare Ergebnisse liefern.

Die meisten MRT-Geräte in Kliniken haben superleitende Magneten von 1,5–3 T (geschlossener) oder 0,2–1 T (offener Magnet). Wenige Geräte in Forschungseinrichtungen haben bis 9,4 T. Aufgrund der Abschirmung nehmen die Feldstärken schnell mit der Entfernung vom Scanner ab, so dass relevante Felder bei 1,5–3 T-Scannern im Abstand von 0,5–1,0 m auftreten. Meistens sind RöntgenassistentInnen und Krankenschwestern nicht mehr als 10 % der Feldstärke der Quelle ausgesetzt, es sei denn, sie müssen direkt am Patienten bleiben.

Durch Bewegung in einem statischen Feld oder einem Feldgradienten entsteht ein niederfrequentes Wechselfeld, da das statische Feld immer anliegt; somit werden elektrische Ströme im Körper erzeugt. Die Gradientenfelder im mT-Bereich werden von 3 Spulen in den 3 Raumrichtungen zugeschaltet. Die Wellenform des Gradienten ist komplex und nicht periodisch im kHz-Bereich und steigt und fällt in Mikrosekunden. Die berufliche Belastung nah am der Feldquelle kann mehr als 100-fach über den ICNIRP-Grenzwerten liegen. Das Hochfrequenzfeld ist nur während des Scannens vorhanden und kann das Personal dann belasten, wenn der Patient währenddessen versorgt werden muss. Zur Erfassung der beruflichen Belastung wird vorgeschlagen, die Berufe in 3 Kategorien einzuteilen:

Kategorie 1: Es wird kein Scan durchgeführt, nur ein statisches Feld ist vorhanden. Für das Personal ist das bis zu 30-mal pro Arbeitstag der Fall, sie befinden sich im Magnetfeld und im Gradienten. Das betrifft etwa 10.000 Beschäftigte in Europa (RöntgenassistentInnen und Techniker) – die größte Gruppe, die den hohen Feldern ausgesetzt ist. Die Gruppe anderer Personen wie Reinigungskräfte, Krankenschwestern, Anästhesisten u. a. ist wahrscheinlich größer, aber weniger den Feldern ausgesetzt.

Kategorie 2: Statisches und niederfrequentes Feld sowie kHz-Streufelder des Gradienten sind vorhanden. In dieser Situation befinden sich die Personen außerhalb der Feldquelle an der Öffnung. Weil sich das Hochfrequenzfeld innerhalb der Öffnung und nur noch sehr nah außerhalb befindet, sind die meisten Beschäftigten nur statischen und niederfrequenten Feldern ausgesetzt; dazu kommen Streufelder des Gradienten im kHz-Bereich. In diese Kategorie gehören Anästhesisten, Kinderkrankenschwestern, Physiker, Ingenieure und Bedienpersonal. Die Zahl der Personen ist viel kleiner als in Kategorie 1 und sie sind den Feldern nicht häufig ausgesetzt, deshalb ist diese Gruppe schwierig einzustufen. Das betrifft wahrscheinlich nur ein paar hundert Personen in Europa. Anästhesisten sind wahrscheinlich am häufigsten im Untersuchungsraum anwesend, weshalb sie als Basis für epidemiologische Studien dienen können. Obwohl diese Personengruppe eher selten mit

Weitere Themen

Niederfrequenzwirkung auf Zellen, S. 2

Stammzellen der Haut reagieren mit beschleunigter Teilungsrate und Phasenverschiebung auf elektromagnetische Felder.

Absurde Anschuldigungen, S. 3

Prof. Lerchl von der Jacobs Universität übertrifft sich selbst, diesmal mit Plagiatvorwürfen

Prof. Dariusz Leszczynskis Blog, S. 3

Er schreibt wieder für The Washington Times, nachdem er die Kolumne Mitte letzten Jahres eingestellt hatte.

kHz-Feldern belastet werden, wird für diese Gruppe der Einfachheit halber angenommen, dass sie mindestens einmal im Monat dem Gradienten ausgesetzt ist.

Kategorie 3: Statische und niederfrequente Magnetfelder, kHz- und hochfrequente Felder.

Diese Kombination von Feldern tritt auf, wenn eine Untersuchung am Patienten erfolgt und der Beschäftigte sich teilweise im Untersuchungsraum des Gerätes befindet. Dazu gehören Chirurgen und andere Berufe, die Eingriffe vornehmen, sowie Techniker und Bedienpersonal. Das sind geschätzte 100 Personen in Europa, aber die Zahl wird zunehmen, da die Anzahl der MRT-Untersuchungen zunehmen wird.

Weitere Personen können in allen 3 Kategorien hinzukommen. Die Gruppen können später in weitere Gruppen unterteilt werden, wenn das Personal viele Jahre am MRT-Gerät gearbeitet hat. Dauer und Art der Felder, die auf die Beschäftigten einwirken, stellen eine grobe, aber nützliche und leicht anwendbare Einteilungsmöglichkeit dar. Damit ist eine Basis für die EMF-Aufzeichnung der individuellen Belastungen des Personals in epidemiologische Studien vorhanden.

Quelle: Mild KH, Hand J, Hietanen M, Gowland P, Karpowicz J, Keevil S, Lagroye I, van Rongen E, Scarfi MR, Wilén J (2013): Exposure Classification of MRI Workers in Epidemiological Studies. *Bioelectromagnetics* 34, 81–84

Niederfrequenz und Zellwachstum

Niederfrequente Felder beeinflussen das Zellwachstum

Wenn menschliche Stammzellen der Haut in Zellkulturen verschiedenen Niederfrequenzfeldern von 5 mT ausgesetzt werden, wird die Teilungsrate signifikant beschleunigt. Die höchste Rate trat bei 50 Hz auf, die Zahl der S-Phasen bei der Zellteilung stieg signifikant an und Zellen in der G1-Phase nahmen ab.

Die Stammzellen der Haut (human epidermal stem cells = hESC) sitzen in der Basalschicht der Haut und werden ständig zu Keratinozyten (den Hornzellen, die die oberste Schicht der Haut bilden) ausdifferenziert; somit sind sie Vorläuferzellen der obersten Schichten der Haut. Es ist kaum etwas bekannt über die Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf diese Zellen und ob es Auswirkungen auf die ausdifferenzierten Keratinozyten gibt. Niederfrequente Felder werden seit Jahren als Therapie zur besseren Wundheilung eingesetzt, wobei die Mechanismen nicht klar sind. Wundheilung erfordert Wachstum (Vermehrung) und Differenzierung der neuen Keratinozyten aus Haut-Stammzellen.

Zur Untersuchung einer möglichen Wirkung wurde das Zellmaterial von 6 jungen Männern (10–20 Jahre alt) gewonnen und in Zellkulturen überführt (CD29⁺/CD71⁻-Zellen). Die Zellen wurden isoliert und 7 Tage verschiedenen niederfrequenten Feldern ausgesetzt: 1, 10 und 50 Hz. Die Feldstärke von 5 mT wirkte 30 Minuten/Tag ein. Als Kontrolle dienten scheinbestrahlte Kulturen. Nach den 7 Tagen wurde die Zellform im Phasenkontrastmikroskop untersucht, das Zellwachstum bzw. die Zellvermehrung (Zelldichtemessung) am 1., 5. und 7. Tag und die Phasen der Zellteilung am 7. Tag nach Ende der Bestrahlung. Um zu analysieren, ob sich die Zelloberfläche verändert, wurden zur Charakterisierung des Zell-Phänotyps zwei Oberflächen-Antigene bestimmt: Der CD29-Marker mit hoher Expression (CD29⁺) zusammen mit der Niedrig-Expression von CD71 (CD71⁻, β 1-Integrin-Untereinheit und Transferrin-Rezeptor). Die Zellen waren

relativ bewegungslos und sie haben eine sehr hohe Langzeit-Wachstumskapazität. Bei allen 3 Frequenzen wurden am Tag 3, 5 und 7 die Zellform und die Zelloberflächen-Marker untersucht. Die Feld-behandelten Zellen waren nicht verändert im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen; zumindest diese Marker blieben unverändert. Die Apoptose wurde nicht gesteigert. Auch das Zellwachstum wurde an Tag 3, 5 und 7 untersucht in 4 unabhängigen Experimenten mit 12 Wiederholungen. Bei allen Frequenzen und zu allen Zeitpunkten erfolgte ein signifikanter Anstieg des Zellwachstums gegenüber den unbehandelten Kontrollen. Die größte Steigerung erfolgte nach 7 Tagen und bei 50 Hz. Zwischen 1 und 10 Hz gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Zellzyklus-Analyse ergab: Die Niederfrequenzfelder reduzierten signifikant den Prozentsatz der Zellen in der G1-Phase, während der Prozentsatz der S-Phase-Zellen signifikant erhöht wurde, bei allen Frequenzen fast gleichermaßen (3 Experimente für jede Frequenz).

Der Zellzyklus besteht in der G0 = Ruhephase)/G1-, S- und G/M- Phase. Der Anteil der S-Phase (Phase der DNA-Replikation) zeigt das Vermehrungspotenzial der Zellen an. Die Anzahl der S-Phase-Zellen stellt das Potenzial der Zellen zur Vermehrung bereit. Normalerweise teilen sich Zellen selten, weil die Zellphasen lang sind oder weil die Zellen lange in der G0-Phase verharren. Warum das Wachstumsverhalten der Zellen bei 50 Hz signifikant verschieden von 1 bzw. 10 Hz war, wobei der Anteil der Zellen in der S- und G2/M-Phase ähnlich waren bei den 3 Frequenzen, ist unklar. Das sollen zukünftige Experimente klären. Zusammen mit den Ergebnissen des Zellwachstums-Experiments zeigen die Daten, dass die Felder signifikanten Einfluss auf das Zellwachstum, die DNA-Synthese und das Phasen-Verhältnis von Zellen haben. Die Mechanismen sind unklar, aber es wird angenommen, dass die Felder eine Zellreaktion auf der Transkriptionsebene auslösen, und zwar der Zellzyklus-Regulatorgene c-jun (ein Proto-Onkogen, hat Regulatorfunktion, spielt bei Melanomen eine Rolle), c-myc (ein Proto-Onkogen), cyclin D und cyclin E (Regulator-Proteine im Zellzyklus). Bekannt ist, dass die Überexpression des Rezeptors für den Epidermis-Wachstumsfaktor (epidermal growth factor receptor = EGFR) das Zellwachstum der hES-Zellen steigern kann.

Das Hauptergebnis ist somit die Steigerung des Zellwachstums, das durch 50-Hz-Felder höher ausfällt als bei 1 und 10 Hz. Ähnliche Ergebnisse haben auch andere Forschergruppen gefunden. In diesen Experimenten wurde auch die Beziehung zwischen niederfrequenten Feldern und Ausbreitung der Zellen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass das 7-tägige, 30-minütige Einwirken von 50 Hz zu einer hohen Zelldichte führte. Außerdem wurde gezeigt, dass die Felder einen höheren Anteil an S-Phase-Zellen verursachten. Zusammen mit den Zellwachstums-Ergebnissen (Zelldichtemessung) ist eine signifikante Veränderung im Zellzyklus zu sehen: Der Anteil der Phase, in der die DNA synthetisiert wird und das Zellwachstum erfolgt, ist erhöht.

Es gibt in dieser Studie 2 Einschränkungen: Nicht untersucht wurden erstens anderen Mechanismen wie Hochregulation bestimmter Gene (Ionenkanäle, Epidermis-Wachstumsfaktoren oder Ras-Rezeptoren auf der Zelloberfläche) und zweitens die Differenzierung der Zellen in vitro. Zusammenfassend lässt sich aber schlussfolgern, dass niederfrequente elektrische Felder das Zellwachstum von hESCs steigern, abhängig von der Frequenz. Im Zellzyklus ist die S-Phase unabhängig von der Frequenz erhöht. In dieser Studie veränderten die Felder weder die Expression des Phänotyps der Epidermiszellen noch deren Morphologie. Das lässt vermuten, dass die Differenzierung der Zellen nicht beeinflusst wird. Somit könnte die Beschleunigung des Wachstums durch die Felder auf der Bereitstellung