

Niederfrequenzforschung

Signaltransduktion in Krebszellen durch 50 Hz verändert

Das Wachstum von Östrogen-Rezeptor-positiven Brustkrebszellen (MCF-7-Zellen) kann durch das Hormon Melatonin gehemmt werden. Durch Einwirkung von elektromagnetischen Feldern kann diese Melatoninwirkung fast komplett aufgehoben werden. In dieser Arbeit untersuchten die Forscher, welchen Einfluss 50-Hz-Magnetfelder der Stärke 1,2 μ T auf die Signaltransduktion des Melatonin-Rezeptors MT1 haben.

Brustkrebs ist die häufigste Krebsart bei Frauen. Man weiß, dass Östrogen das Wachstum von Brustkrebszellen beschleunigt und dass Melatonin eine wachstumshemmende Wirkung auf Östrogenrezeptor-positive Brustkrebszellen hat, und diese Wirkung wird durch elektromagnetische Felder aufgehoben. Bis heute ist nicht bekannt, wie die Signale zwischen Östrogen und Melatonin sich gegenseitig beeinflussen, aber es gibt immer mehr Hinweise, dass der MT1-Rezeptor eine wichtige Rolle dabei spielt.

Es gibt Überlegungen, dass die zunehmende Elektrifizierung für den Anstieg von Brustkrebs verantwortlich ist, weil durch die Felder die Melatoninsynthese verringert wird. Man weiß schon seit den 1970er Jahren, dass das in der Zirbeldrüse gebildete Hormon Melatonin Entwicklung und Wachstum von Brustkrebszellen beeinflusst. Auch den Verdacht, dass nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder die Wirksamkeit des Melatonins beeinträchtigen, gibt es schon lange. Die Melatoninsynthese *in* und -ausschüttung *aus* der Zirbeldrüse erfolgt nachts (bei Dunkelheit) und beeinflusst die Ausschüttung von Prolaktin aus der Hypophyse und die Synthese von 17- β -Östradiol in den Eierstöcken. Die Zunahme von Brustkrebs bei Frauen, die in Nachtschichten arbeiten, lässt sich aufgrund dieser Regulationsmechanismen erklären, da die Verminderung des Melatoninspiegels zu erhöhtem Wachstum der Brustkrebszellen führen kann. In Zellkulturen ist oft gezeigt worden, dass das Wachstum von Brustkrebszellen durch physiologische Konzentrationen von Melatonin gehemmt wird, und dass diese Wirkung bei Anwesenheit von elektromagnetischen Feldern fast ganz verschwindet. An Ratten wurde gezeigt, dass das Entfernen der Zirbeldrüse zum Anstieg von Brustkrebs führt, was durch Gabe von Melatonin vermindert werden kann. Außerdem verzögert Melatonin die Tumorentwicklung nach Verabreichung von Krebs erzeugenden Chemikalien. Damit Melatonin wirken kann, müssen Östrogenrezeptoren auf den Brustkrebszellen vorhanden sein. Wenn man diese Signalkette versteht, kann man auch die negative Wirkung von elektromagnetischen Feldern erklären.

Bis heute ist nicht ganz klar, wie sich Melatonin und Östrogen gegenseitig beeinflussen, zumal die Ergebnisse verschiedener Arbeiten widersprüchlich sind (Die widersprüchlichen Ergebnisse kommen sehr wahrscheinlich dadurch zustande, dass die Brutschränke, in denen die Zellkulturen gehalten werden, selbst hohe Magnetfelder bis $>1 \mu$ T erzeugen. Das haben die Autoren dieser Studie mit eigenen Untersuchungen festgestellt.), aber es gibt immer mehr Hinweise, dass MT1 der Rezeptor für die Melatoninwirkung in östrogen-positiven Brustkrebszellen ist.

Der in MCF-7-Brustkrebszellen vorhandene hochaffine MT1-Rezeptor war in diesen Experimenten Forschungsgegenstand. Zwei Varianten dieser Zelllinie wurden verwendet, eine mit vielen MT1-Rezeptoren und eine mit wenigen. Es wurde der

Einfluss von 50-Hz-Magnetfeldern auf die Signaltransduktion an diesem Rezeptor untersucht. Die Zellen waren homogenen 50-Hz-Sinus-Magnetfeldern von $1,2 \mu$ T 48 Stunden lang ausgesetzt. Die Kontrollzellen wurden in mit μ -Metall abgeschirmten Kammern, die ein künstliches Gleichfeld von 45μ T (Erdmagnetfeld) erhielten, gehalten. Die Feldstärke in der Umgebung betrug $0,08 \mu$ T. Die Zellkulturen wurden im 6-fach-Ansatz bei jeder Konzentration dreimal wiederholt.

Mit verschiedenen Tests an den beteiligten Genen und Faktoren der Expression (p53, p21, c-myc, Transkriptionsfaktor CREB) konnte klar herausgefunden werden, dass die wachstumshemmende Wirkung von Melatonin nur dann zum Tragen kommen kann, wenn an der Zelloberfläche viele Melatoninrezeptoren vorhanden sind. Die Experimente zeigen deutlich, dass die anti-östrogene (= wachstumshemmende) Wirkung des Melatonins in den Brustkrebszellen der MCF-7-Zelllinie fast vollständig aufgehoben wird, wenn 50-Hz-Magnetfelder von $1,2 \mu$ T einwirkten, d. h. die Wechselwirkung zwischen Östrogenrezeptoren und der Melatonin-Signaltransduktion läuft über den MT1-Melatonin-Rezeptor.

Die Ergebnisse der Experimente zeigen klar die negative Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf die wachstumshemmende Wirkung von Melatonin bei dieser Zelllinie von Brustkrebszellen. Die Wechselwirkung bzw. Weiterleitung zwischen Melatonin- und Östrogenrezeptoren wird auf der Transkriptionsebene durch die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern unterbrochen.

Quelle:

Girgert R, Hanf V, Emons G, Gründker C (2009): Signal Transduction of the Melatonin Receptor MT1 Is Disrupted in Breast Cancer Cells by Electromagnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 2010, online DOI 10.1002/bem.20557

Magnetfeldtherapie

Gepulste Felder verbessern die Heilung bei Hüftprothesen

Diese erste Doppelblindstudie über die Wirkung von gepulsten 75-Hz-Magnetfeldern ergab Verbesserungen bei Heilung, Knochendichte und Funktionalität der Gelenke nach 90-tägiger Behandlung der Patienten, die zur Nachbehandlung der implantierten künstlichen Hüftgelenke in der Klinik waren, gegenüber scheinbehandelten Patienten.

In dieser Studie wurden 30 Patienten untersucht, die wegen einer Nachoperation in der Klinik waren, da sich die Prothese gelockert hatte. Die teilnehmenden Personen wurden in 2 Gruppen zu je 15 Personen eingeteilt. Die eine Gruppe erhielt mindesten 6 Stunden pro Tag eine Magnetfeldbehandlung (75 Hz, Puls 1,3 Millisekunden, maximale Amplitude 2 mT) über 90 Tage, die andere Gruppe wurde scheinbehandelt. Die behandelte Gruppe bestand aus 14 Frauen und einem Mann, die Kontrollgruppe aus 13 Frauen und 2 Männern. Das durchschnittliche Alter betrug 68,5 bzw. 68,7 Jahre. Die anderen Parameter wie Größe, Gewicht und rechts-links-Verteilung der Implantate waren auch fast gleich. Für die Studie wurde vor der Operation eine Klassifizierung der Lockerung des Implantats und der Instabilität der Knochen vorgenommen; auch beim Zustand der Lockerungen gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Anzahl der ausgetauschten Prothesen betrug bei den Kontrollen 11 und in der Magnetfeld-Gruppe 12. Weder die Patienten noch die Untersucher wussten, welcher Patient welche Behandlung bekam. Die Doppel-Verblindung wurde erst nach der Auswertung aufgelöst.

Nach 90 Tagen war bei den Magnetfeld-behandelten Patienten das Implantat besser integriert als bei den unbehandelten Kontrollen. Die Mineralisierung der Knochen (Knochendichte) war insgesamt deutlich verbessert. Schmerz, Beweglichkeit und Gehfähigkeit hatten sich bei den Magnetfeld-behandelten um 78 % verbessert, bei den unbehandelten Kontrollen um 44 %, das ist ein signifikanter Unterschied.

Ursache für schlechte Heilung und schlechten Knochenaufbau nach Implantation sind oft Entzündungszellen, die entzündungsfördernde Stoffe wie Zytokine und Matrix-abbauende Enzyme an den Kontaktstellen zwischen Implantat und Knochen ausschütten. Folgender Mechanismus könnte dem zugrunde liegen: Die gepulsten Felder können Adenosinrezeptoren (A_{2A} und A_3) in menschlichen neutrophilen Granulozyten aktivieren. Adenosin ist bekannt als potentes endogenes Anti-Entzündungs-Agens. Dessen Wechselwirkung mit dem spezifischen Membranrezeptor A_{2A} , der an physiologischen Prozessen wie Wundheilung, Gewebereparatur und Organregeneration und speziell der Hemmung und Beendigung von Entzündungen beteiligt ist, könnte die heilungsbeschleunigende Wirkung bewerkstelligen. Auf diese Weise können PEMFs den Aufbau von Knochen verbessern, Entzündungsreaktionen und Schmerzen vermindern und die Genesung beschleunigen. Bei diesen Untersuchungen gab es keine negativen Nebenwirkungen.

Quelle:

Dallari D, Fini M, Giavaresi G, Del Piccolo N, Stagni C, Amendola L, Rani N, Gnudi S, Giardino R (2009): Effects of Pulsed Electromagnetic Stimulation on Patients Undergoing Hip Revision Prostheses: A Randomized Prospective Double-Blind Study. *Bioelectromagnetics* 30, 423–430

Niederfrequenzforschung

Stresswirkung von 50 Hz auf Ratten

In dieser Arbeit wurde untersucht, wie sich dauerhaft einwirkende 50-Hz-Magnetfelder auf das Verhalten und physiologische Parameter von Ratten auswirkt. Veränderungen der Hormonkonzentrationen waren nicht bei kurzzeitiger, aber bei Langzeitbehandlung zu finden. Im Verhalten gab es keine signifikanten Unterschiede zu den Kontrollen.

Elektromagnetische Felder können die Psyche beeinflussen (Depressionen, Angstzustände u. a.), bei Ratten und auch bei Menschen. Ratten sind ängstlicher, wenn sie Magnetfeldern ausgesetzt sind, das haben viele Experimente ergeben, aber die Mechanismen sind nicht bekannt. Man geht davon aus, dass die elektromagnetischen Felder einen chronischen Stressor darstellen und das Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System (HPA-Achse) beeinflussen. Das Ziel dieser Experimente war, kurz- und langzeitige Wirkungen von 50-Hz-Magnetfeldern zu untersuchen. Die 32 männlichen Tiere (8 pro Gruppe) wurden im Kurzzeitexperiment je 8 Stunden an 5 Tagen (gesamt 40 Stunden) bzw. 4–6 Wochen (Langzeit) einem Magnetfeld von 0,5 mT (Grenzwert für berufliche Exposition) ausgesetzt. Nach 4 Wochen der Magnetfeldbehandlung wurde ein Schwimmtest durchgeführt, dann kamen die Tiere wieder in die Magnetfeldkammer. In der 6. Woche folgte der Labyrinth-Test. Im Schwimmtest wurde aufgezeichnet, ob und wie lange die Tiere schwimmen, sich treiben lassen oder strampeln, um aus dem Wasser heraus zu kommen. Im Labyrinth wurden die Bewegungen der Tiere weg vom Startpunkt gemessen, um das Maß der Ängstlichkeit zu erfassen.

Das Gewicht der Tiere sowie die Eigenschaften von Thymus und Nebennieren unterschieden sich in beiden Experimenten nicht zwischen Kontrollen und behandelten Tieren. Beim Hämatokrit gab es keine signifikanten Unterschiede. Beim Blutzucker zeigte sich bei der Kurzzeitbehandlung auch kein signifikanter Unterschied, aber nach 6 Wochen war der Blutzucker signifikant erhöht.

Nach Ablauf der 6 Wochen Magnetfeldbehandlung wurden ACTH, Corticosteron, Blutzucker und POMC-RNA (POMC ist ein Prohormon von ACTH) im Blutplasma bestimmt. Die Messung der Hormonwerte von ACTH und Corticosteron ergaben keine signifikanten Unterschiede, aber die Konzentration der RNA von POMC im Hypophysen-Vorderlappen war in der Langzeitbehandlung signifikant erhöht gegenüber der Kontrolle. Im Labyrinth gab es keine Unterschiede im Verhalten zwischen Kontrollen und behandelten Tieren, weder bei Kurz- noch bei Langzeittests. Beim Schwimmtest gab es im 2. Test-Durchgang signifikant mehr Tiere, die sich treiben ließen gegenüber der Kontrollgruppe und eine kürzere „Strampelzeit“.

Die Experimente zeigen, dass kurzzeitige Einwirkungen von 50-Hz-Magnetfeldern keinen (chronischen!) Stress und keine Angstzustände hervorrufen. Bei Langzeiteinwirkung der Felder zeigten sich erhöhte Blutzuckerwerte, erhöhte POMC-RNA-Konzentrationen im Hypophysen-Vorderlappen und gesteigerte Anfälligkeit für depressionsartige Verhaltensweisen.

Quelle:

Szemerszkya R, Zelenab D, Barnab I, Bárdosc G (2010): Stress-related endocrinological and psychopathological effects of short- and long-term 50 Hz electromagnetic field exposure in rats. *Brain Research Bulletin* 81, 92–99

Epidemiologie Mobilfunk

Beschwerden durch Mobilfunk in Selbitz

Selbitz ist eine Gemeinde in Franken. Eine neue Untersuchung zu Beschwerden durch Mobilfunk, durchgeführt von der Gemeinde in Zusammenarbeit mit den örtlichen Ärzten, wurde im Januar 2010 vorgestellt. Durch eine Befragung hatte man in der Gemeinde festgestellt, dass die Gesundheitsbeschwerden zunehmen, je näher die Bürger an der Mobilfunkanlage wohnen. Diese Studie veranlasste die Ärzte in Selbitz, eine verblindete Kontrolluntersuchung zu fordern, bei der die Sender zeitweise abgeschaltet werden.

Dr. Horst Eger, der auch schon an der so genannten Naila-Studie beteiligt war, hat am 21. Januar 2010 eine neue Studie zu Mobilfunk und Gesundheit vorgestellt. Anfang 2009 wurden in der Gemeinde Selbitz 1080 Fragebögen an die erwachsenen Einwohner (> 18 Jahre) verteilt, 251 gültige Fragebögen kamen bis Anfang Februar 2009 zurück. Das ist eine gute Rücklaufquote von 25 % nach einem Monat. Die Fragebögen enthielten 88 Fragen zu Gesundheitsbeschwerden, in die auf einer Skala von 0–5 der Schweregrad eingetragen werden konnte zu Schlafproblemen, chronischer Erschöpfung, Kopfschmerz, Nervosität, Hitzegefühl, Gereiztheit, depressiver Stimmung und Panikattacken bis hin zu Konzentrationsstörungen, Gelenk- und Muskelschmerzen, allergischen Reaktionen, Herzrasen, Erhöhung des Blutdrucks, Schwindelgefühl, Augenproblemen und Verdauungsstörungen. Die Teilnehmer wurden je nach Abstand der Wohnung zu der Mobilfunkanlage in 5 Gruppen eingeteilt: weniger als 100 m, 100–200 m, 200–300 m, 300–400 m; als Kontrollgruppe diente ein Abstand von