

Es gab keine Unterschiede zwischen den Gerätetypen.

Klinische Symptome traten selten auf während der Tests in der Klinik, Störungen verschwanden, wenn das Mobiltelefon ausgeschaltet wurde. Bei den In vitro-Tests kamen Störungen häufiger vor als bei der klinischen Studie, wahrscheinlich bedingt durch die gleichmäßig verteilten (homogenen) Felder des Generators, die sich anders verhalten als die heterogenen Felder des Mobiltelefons im normalen Betrieb.

Die Stör-Wirkung könnte an drei Punkten ansetzen: das implantierte Gerät ist beeinträchtigt, das Programmiergerät wird beeinflusst oder die Kommunikation zwischen den beiden ist gestört. Die Kommunikation zwischen den beiden Geräten läuft über 100–200 kHz. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die reguläre Programmierung durch die Mobilfunkfrequenzen gestört wird. Es erfolgt eine falsche Reaktion des Programmiergerätes. Das bedeutet, dass ein Mobiltelefon, wenn nicht vermeidbar, so gering wie möglich während der Programmierung verwendet werden sollte. Patienten mit Schrittmachern sollten im täglichen Leben die Nähe zu Hochfrequenzquellen meiden und ihr Mobiltelefon so weit wie möglich vom Schrittmacher entfernt tragen, um unerwartete Störungen zu vermeiden. Risikoanalysen deuten an, dass etwa 1 von 100 000 Patienten Stör-Ereignisse erfährt.

Die Grenzen der Studie der Studie sind laut Aussage der Autoren: Die Variabilität sowohl der Signalqualität als auch der Feldstärke der Mobilfunkgeräte, die von der Entfernung zur Basisstation abhängt, kann instabile Verhältnisse zwischen Schrittmacher und Programmiergerät ergeben. In diesen Tests waren nur Wählen und Gesprächsaufbau untersucht worden, nicht die anderen Phasen des Telefonierens. Auch konnten verschiedene Bedingungen in der Klinik aufgrund der Sicherheitsbestimmungen nicht erzeugt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei den Untersuchungen der In vivo- und In vitro-Bedingungen Störungen bei bestimmten Frequenzen, 750–900 MHz, auftreten können, und zwar während der Kommunikation zwischen Schrittmacher und Programmiergerät. Dies tritt vor allem dann auf, wenn sich die Mobilfunkgeräte nahe am Programmierkopf befinden. Die Störungen der Schrittmacher führten nicht zu schweren Symptomen außer zu „falscher Inhibition“ der Schrittmacher und mit geringer Häufigkeit zu Schwindel bei den Patienten. Da GSM-Mobiltelefone im täglichen Leben weit verbreitet sind und deshalb diese Strahlungsquellen überall anzutreffen sind, sollte Patienten mit Schrittmachern nicht geraten werden, kein GSM-Mobiltelefon zu benutzen, die Geräte sollten aber während der Programmierung der Schrittmacher nicht eingeschaltet werden.

Gemäß den experimentellen In vivo- und In vitro-Studien und den Simulationsanalyse-Ergebnissen ist klar, dass die Hochfrequenzgeräte die Kommunikation zwischen den Schrittmachern und den Programmiergeräten beeinflussen, wobei der Grad der Beeinflussung von vielen Faktoren abhängt, u. a. von Materialien, dem Abstand der auslösenden Feldquelle und der Tiefe des Implantats im Körper. Obwohl die Schrittmacher und die Programmiergeräte einen offiziellen elektromagnetischen Stör-Test durchlaufen müssen, können manche Kommunikationsgeräte, die mit starker Sendeleistung ausgestattet sind und routinemäßig im täglichen Leben genutzt werden, schädliche Auswirkungen auf Patienten mit Herzschrittmachern haben.

Quelle:

Huang D, Dong ZF, Chen Y, Wang FB, Wei Z, Zhao WB, Li S, Liu MY, Zhu W, Wei M, Li JB (2015): Interference of GSM Mobile Phones With Communication Between Cardiac Rhythm Management Devices and Programmers: A Combined In Vivo and In Vitro Study. *Bioelectromagnetics* 36, 367–376

Mikrowellenwirkung

2,45-MHz-Felder verändern Gewebe und Rezeptoren

In dieser Studie wurde das Ausmaß der Stressreaktionen von Ratten-Thymuszellen untersucht nach Bestrahlung mit 2,45 GHz. Die nicht-thermischen 2,45-GHz-Felder erzeugten Veränderungen in der Permeabilität des Endothels und Neubildung von Gefäßen im Thymus. Das Thymusgewebe zeigte zudem morphologische Veränderungen, mehr Blutgefäße und rote Blutkörperchen außerhalb der Gefäße. HSP90 war vermindert und die Glucocorticoid-Rezeptoren (GR) vermehrt in der Thymusrinde der bestrahlten Tiere.

Mikrowellen können Stressreaktionen im Körper hervorrufen wie Produktion von Hitzeschockproteinen (HSPs), die zu Veränderungen in Immunreaktionen und Thymusfunktionen führen. Wenn das Gleichgewicht zwischen Immun-, Nerven- und Hormonsystem durch äußere Faktoren verschoben wird, versucht der Körper die Homöostase wiederherzustellen. Der Thymus ist ein Organ, das auf physiologische Veränderungen wie z. B. Altern, Schwangerschaft und äußere Einwirkungen sehr sensitiv reagiert. In den letzten Jahren wurde bekannt, dass ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung das Immunsystem beeinflusst und die Thymusfunktionen verändert. Hitzeschock-Proteine (HSPs) regulieren bei Säugetieren die Aufrechterhaltung der Homöostase als Reaktion auf innere oder äußere Einflüsse, damit die normalen Funktionen gewährleistet sind. Elektromagnetische Felder können als Induktoren oder Mediatoren der HSP-Produktion agieren, als Reaktion auf Stress. Die Mechanismen sind noch wenig verstanden. Anti-Tumor-Immunität kann durch Mikrowellenhyperthermie induziert werden unter Beteiligung von Hitzeschockproteinen, die Tumorantigene und andere Gefahrensignale tragen, die von den absterbenden Tumorzellen ausgesendet werden. HSPs reagieren auf Stressereignisse, wo sie für den Schutz der gefährdeten Zellen sorgen. HSPs werden deshalb im Labor als Biomarker für schädliche Einwirkungen auf Zellen benutzt. Die Funktion des Glucocorticoidrezeptors (GR) ist, wie viele Signalproteine, abhängig vom HSP90, das zusammen mit HSP70 Stabilität, Funktion und Regulation des Rezeptors. Die Aktivierung der Glucocorticoidrezeptoren durch Mikrowellen könnte bei der Immunantwort relevant sein.

2,45-MHz-Mikrowellen werden zur Diathermie bei Rheuma und zur Schmerzlinderung eingesetzt. Kürzlich wurde nachgewiesen, dass die durch Mikrowellen induzierte HSP-Induktion an entweder Steigerung oder Hemmung der Immunität beteiligt sein könnte. Das war die Motivation, diese hier vorliegenden Biomarker-Experimente durchzuführen, um die therapeutische und toxische Schwelle der Mikrowellen zu bestimmen.

64 weibliche Ratten wurden in 2 Gruppen zu je 32 Tieren eingeteilt, die wiederum in je 4 Untergruppen. Gruppe A: Kontrolle (0 W), dann Bestrahlung mit 1,5, 3,0 und 12 W für 30 min. 90 Minuten nach der Bestrahlung wurde der Thymus entnommen, dessen Gewebe und Zellextrakte auf Proteinkonzentration, HSP- und GR-Gehalte und morphologische Veränderungen zu untersuchen. Die Gruppe B erhielt dieselben Prozeduren, aber Tests wurden erst 24 Stunden nach der Bestrahlung durchgeführt. Die Bestrahlung erfolgte mit durchschnittlichen SAR-Werten im Thymus von 0,046, 0,104 und 0,482 W/kg (Ganzkörperwert 0,0169, 0,0364 und 0,161 W/kg).

Die HSP90-Konzentration im Thymus war bei allen Proben gegenüber der unbestrahlten Kontrolle niedriger, signifikant aber nur in der 12-W-Probe nach 90 Minuten; nach 24 Stunden

waren ebenfalls alle bestrahlten niedriger, aber nur die 3,0-W-Probe signifikant. Bei HSP70 war 90 Minuten nach der Bestrahlung die 3,0-Probe höher als die Kontrolle, alle anderen Ansätze hatten niedrigere Werte. Die mikroskopische Untersuchung der Morphologie des Thymusgewebes zeigte bei der höchsten SAR (0,482 W/kg) eine signifikant erhöhte Anzahl von Blutgefäßen. Mit steigender SAR traten hämorrhagische retikuläre Epithelzellen des Thymus (das sind im Thymus vorhandene Zellen, die sekretorische Granula enthalten. Sie sorgen dafür, dass T-Zellen abgetötet werden, die körpereigene Zellen angreifen) und rote Blutkörperchen außerhalb der Gefäße nach 90 Minuten und nach 24 Stunden auf. Die retikulären Epithelzellen waren bei beiden Gruppen nur bei 12 W signifikant erhöht. Die einzige signifikante Abnahme in der Anzahl der Blutgefäße nach 24 Stunden trat bei 0,104 W/kg (3 W) auf. Signifikante Zunahme war bei 12 W bei 90 min und bei 24 Stunden bei 1,5 und 12 W und zu sehen. Die roten Blutkörperchen im Thymus waren signifikant erhöht bei 3 und 12 W in beiden Gruppen gegenüber der unbestrahlten Kontrolle. Die Glucocorticoidrezeptoren waren vermehrt in der Thymusrinde bei 3 und 12 W, im Mark waren alle erhöht außer die mit 1,5 W bestrahlten im Vergleich zu den unbestrahlten Kontrollen.

Diese Studie beschreibt erstmals Veränderungen in der Morphologie, des Zellstress mit den Gehalten von HSP90 und HSP70 und den Glucocorticoidrezeptoren im Rattenthymus, wenn dieser 2,45-GHz-Strahlung ausgesetzt wurde. Mit diesen Veränderungen gingen erhöhte Permeabilität der Thymuszellen und erhöhte Gefäßbildung mit Auftreten von roten Blutzellen außerhalb der Gefäße und retikulären Epithelzellen einher. Die Kombination dieser Mechanismen könnte die Immunreaktionen des Thymus verändern. Zellstress-Proteine sind starke Immunmodulatoren, sie können steigernden oder hemmenden Einfluss auf Immunreaktionen haben, je nach Kontext. Die Zunahme der Glucocorticoidrezeptoren in der Thymusrinde bedeutet, dass nicht-ionisierende Strahlung die Immunantwort beeinflussen kann. Der Thymus spielt eine wichtige Rolle im Immunsystem, die GR-Aktivierung wird benötigt bei Auswahl, Entwicklung und Reifung der Thymozyten. Die Erhöhung der Permeabilität der Gefäße aufgrund der Strahlung war begleitet von einer vermehrten Anzahl von Blutgefäßen im Thymusmark und erhöhtem Blutfluss und/oder Gefäßerweiterung. Ähnliche Ergebnisse kennt man von der Blut-Hirn-Schranke nach nicht-thermischer Mikrowellenbestrahlung von Ratten. Das heißt, die Mikrowellen erzeugen akute Stressreaktionen der Zellproteine innerhalb von 24 Stunden und sofort sichtbare Veränderungen im Thymusgewebe, vor allem gesteigerte Permeabilität des Endothels und Bildung neuer Blutgefäße.

Die Ergebnisse der HSP-Gehalte zeigen einen schwachen Zellschutz im Thymus nach 24 Stunden. Beide HSPs haben verschiedene Funktionen bei Apoptose und Zelltod. Übermäßige Produktion von HSP90 zeigt einen Anstieg von Apoptose und verhindert Caspase-Aktivierung (Caspasen werden aktiviert, wenn die Apoptose, der programmierte Zelltod, eingeleitet werden muss), während HSP70 die Zellen vor letalen Einflüssen schützt. Mit steigender SAR nahm der HSP90-Gehalt ab, HSP90 scheint die unreifen Immunzellen zu schützen zu wollen. Kürzlich haben mehrere Forscher angenommen, dass nicht-ionisierende Strahlung für die Induktion der Apoptose und des Zelltods sorgt und für einen Anstieg an reifen Lymphozyten. Eine Abnahme des Proteins HSP90 und damit seiner schützenden Wirkung in Hemmung der Caspasen könnte die Aktivierung dieses Signalweges bedeuten und dadurch einen Thymusmodulationsbiomarker darstellen. HSP90-Gehalte können eine anti-entzündliche Wirkung anzeigen. In der Physikalischen Therapie mit Mikrowellen, wie z. B. der Diathermie, wird wahrscheinlich die Effektivität der Immunantwort bei den Patienten gesteigert

und man könnte damit die Schwelle zur toxischen Strahlungsmenge bestimmen.

Die Studie zu HSP-Levels und morphologischen Veränderungen im Thymusgewebe durch 2,45-GHz-Strahlung mit nicht-thermischen SAR führt zu folgenden Schlüssen: 1. Nicht-ionisierende und nicht-thermische Strahlung bildet ein quantitatives und qualitatives Modulierungsagens für HSP90, aber nicht für HSP70 in Thymusgewebe, 2. gibt es einen Zusammenhang zwischen Strahlung und gesteigerter Permeabilität des Endothels und der Gefäßbildung des Thymus, 3. zeigt der Anstieg der Glucocorticoidrezeptoren in den Rindenzellen des Thymus, dass die Strahlung einen Stimulus für Immunantwort darstellt.

Quelle:

Misa-Agustiño MJ, Leiro-Vidal JM, Gomez-Amoza JL, Jorge-Mora MT, Jorge-Barreiro FJ, Salas-Sánchez AA, Ares-Pena FJ, López-Martín E (2015): MF radiation at 2450 MHz triggers changes in the morphology and expression of heat shock proteins and glucocorticoid receptors in rat thymus. *Life Sciences* 127, 1–11

Magnetfelder und Pflanzenwachstum

Das Erdmagnetfeld beeinflusst das Blühen von Pflanzen

Werden normale Ackerschmalwand-Pflanzen (Arabidopsis) ohne Magnetfeld aufgezogen, kann die Blütenbildung verhindert werden. Dies geht auf den blauen Anteil im Licht bei geringer Intensität und kurzer Einwirkdauer zurück. Die entsprechenden Rezeptoren sind die Cryptochrome 1 und 2 (CRY1/2). Mutanten, die einen Defekt in den CRY1/CRY2-Genen haben, zeigten keine Unterschiede in der Blütenbildung, ob sie mit oder ohne Magnetfeld wachsen. Der rote Lichtanteil scheint keinen Einfluss zu haben.

Das Blühen von Pflanzen wird durch Photosensor-Rezeptoren wie z. B. den Rezeptor für rotes Licht, Phytochrom (PHY), und den für blaues Licht, Cryptochrom (CRY) gesteuert. Cryptochrome kommen bei Bakterien, Pflanzen und Tieren vor und spielen eine Rolle beim Tag-Nacht-Rhythmus und bei der Wahrnehmung des Erdmagnetfeldes. Die beiden Proteine CRY1 und CRY2 sind lichtabhängig und geben bei Pflanzen außer beim Tag-Nacht-Rhythmus bestimmte Signale für die Entwicklungsstadien, die durch blaues Licht beeinflusst werden. Schon früher hatten die Forscher herausgefunden, dass ein Fast-Null-Magnetfeld bei der Wildpflanze Ackerschmalwand das Blühen in weißem Licht verhindert. Als Ursache wurde eine Veränderung des Cryptochroms vermutet. Um dies herauszufinden, wurden Arabidopsis-Pflanzen (Wildtyp und eine CRY1/CRY2-Mutante) bei einem Fast-Null-Magnetfeld in blauem und rotem Licht verschiedener Dauer und Lichtstärke herangezogen. Als Kontrollen wurden Pflanzen im normalen Erdmagnetfeld gezogen.

Die Pflanzensamen wurden zum Keimen mit weißem Licht 12 Stunden bestrahlt. Danach wuchsen sie weiter entweder ohne Magnetfeld oder im natürlichen Erdmagnetfeld mit Rot- oder Blaulicht-Bestrahlung (460 bzw. 650 nm), 12 Stunden hell/12 Stunden dunkel oder 6 Stunden hell/6 Stunden dunkel. Die 12-Stunden- bzw. 6-Stunden-Wechsel sollten zeigen, ob die Lichtbedingungen eine Bedeutung bei der Blühinduktion haben.

Die Pflanzen, die im blauen Licht und ohne Magnetfeld wuchsen, zeigten verschiedenes Wachstum bei den verschiedenen Lichtzyklen. Beim 12/12-Rhythmus zeigten die Wildtyp-Pflanzen im Fast-Null-Magnetfeld keine signifikanten Unterschiede zu den im Erdmagnetfeld gewachsenen. Im 6/6-Zyklus