

auch in den Eizellen. Eine mögliche Erklärung für diese Effekte ist, dass elektromagnetische Felder von 900 und 1800 MHz eine externe Stressbelastung darstellen, gegen die die Keimzellen keine Abwehrmechanismen haben, wie sie es bei ernährungsbedingtem oder chemischem Stress haben. Die Experimente zeigen, dass 900 und 1800 MHz in Eizellen bis zu 55 % mehr Zelltod verursachen im Vergleich zu den Kontrollen und den scheinexponierten Zellkulturen bei nur 6 Minuten Bestrahlung pro Tag über 6 Tage. Die stärkste Zellschädigung (DNA-Fragmentierung) war bei den checkpoints, die schon als empfindlichste Stadien bekannt sind. Sie sind es offensichtlich auch bei elektromagnetischen Feldern im Anfangsstadium ist die Empfindlichkeit noch höher als in den Stadien 7–8 (mittlere Stadien). Man geht davon aus, dass die Natur solche checkpoints zur Kontrolle eingerichtet hat, um geschädigte Zellen nicht unnötig lange durchzufüttern. Es sollen keine Nährstoffe verschwendet werden. Außerdem könnten die DNA-Schäden vererbt werden, wenn keine Reparatur erfolgt oder der Zelltod eintritt.

Frequenzen um 900 MHz scheinen eine stärkere Wirkung zu haben als 1800 MHz. Eine mögliche Erklärung kann der biophysikalische Mechanismus sein, der schon früher vorgeschlagen wurde über die Wirkung von EMF auf Zellen, die besagt, dass niedrigere Frequenzen eine stärkere bioaktive Wirkung haben als höhere unter den selben Bedingungen. Dazu passt, dass elektrische Felder im Bereich von einigen Volt pro Meter (V/m) in der Lage sind, Zellfunktionen zu unterbrechen durch irreguläres Öffnen von Kanälen (gating), nämlich von elektro-sensitiven Ionenkanälen der Plasmamembranen. Die elektromagnetischen Felder von 900 MHz und 1800 MHz haben anscheinend genügend Intensität, um diese Vorgänge auszulösen. Dazu muss weitere Forschung erfolgen.

Die neuen Ergebnisse stimmen voll mit früheren überein und liefern darüber hinaus eine weitere Erklärung: Die große Abnahme der reproduktiven Kapazität in den früheren Experimenten ist nicht zurückzuführen auf Verlangsamung der Zellprozesse, wie angenommen wurde, sondern auf die Zerstörung einer großen Zahl von Keimzellen während der frühen und mittleren Stadien der Eizell-Entwicklung. Entweder geschieht dies durch stressinduzierte Apoptose oder durch Nekrose, die von der Mobilfunkstrahlung verursacht wird. Die neuen Ergebnisse stimmen auch überein mit früheren Ergebnissen anderer Wissenschaftler: Weil es keine erkennbare Temperaturerhöhung gab sind die Effekte als nicht-thermisch einzustufen.

Es ist nicht klar, ob die Apoptose vom Organismus eingeleitet wurde, weil die elektromagnetischen Felder Stress hervorrufen, oder ob die Mobilfunkstrahlung eine direkte Schädigung verursacht, die dann zu Nekrose führt. Das herauszufinden, wird Gegenstand der nächsten Serie von Experimenten sein.

Obwohl man es nicht direkt übertragen kann, halten es die Forscher für möglich, dass ähnliche Wirkungen auch beim Menschen auftreten können, und zwar aus zwei Gründen: Erstens sind Insekten widerstandsfähiger als Säuger, zumindest gegenüber ionisierender Strahlung, und zweitens passen die Ergebnisse zu Ergebnissen von Experimenten mit anderen Säugerzellen. Es kann auch sein, dass die Einleitung des Zelltods vieler Zellen der Grund für Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen ist, bekannt als „Mikrowellensyndrom“. Deshalb denken die Forscher, dass diese Ergebnisse einen vorsichtigen Gebrauch des Mobilfunks anraten lassen und ein Überdenken der heutigen Expositions-kriterien nötig ist.

Quelle:

Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis JP, Margaritis LH (2007): Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. Mutation Research 626, 69–78

Magnetfeldwirkung auf Proteine

Magnetfelder verändern die Kollagenstruktur der Haut

Die in der Medizin eingesetzte Kernspintomografie wurde hier für Experimente verwendet, um mögliche Wirkungen auf Zellebene bei Hautfibroblasten herauszufinden. Die angewandten Magnetfelder bewirken verschiedene Veränderungen bei bestimmten Proteinen, den Kollagenen, vor allem in der Löslichkeit, was die Funktion der Struktur- und Regulationsproteine in Hautzellen und der umgebenden Substanzen (der extrazellulären Matrix) beeinflusst.

Fibroblasten sind die Vorläuferzellen der Fibrozyten, der Bindegewebszellen. Fibroblasten erzeugen Proteine, die aus der Zelle ausgeschleust werden und im so genannten Extrazellularraum zu langen Kollagenfasern verbunden werden und die extrazelluläre Matrix bilden. Sie setzt sich zusammen aus vielen Kohlenhydraten und Strukturproteinen (Kollagene als Gerüst-/Stützproteine) mit Wassereinlagerung. Die extrazelluläre Matrix (ECM) macht den größten Anteil der normalen Haut aus, durch sie erhält die Haut ihre Eigenschaften wie Elastizität, Straffheit und Druckfestigkeit. Neben der Stützfunktion reguliert die Matrix den Transport von Nähr- und Abfallstoffen, den Wassergehalt und Immunreaktionen. Störungen der ECM und des Kollagenstoffwechsels, verursacht durch Sonneneinstrahlung, Infektionen, schlechte Nährstoffversorgung und Alterungsprozesse, sind in medizinischer und kosmetischer Hinsicht von Interesse.

Kollagen in der Hautmatrix ist hauptsächlich zusammengesetzt aus Typ I (80–85 %) und Typ III (8–11 %), beides faserige Kollagene, die vernetzt sind und die für die Hautspannung verantwortlich sind. Bei Hautalterung steigt die Vernetzung des Kollagens an. Im ECM laufen viele chemische und physikalische (mechanische und elektromagnetische) Stoffwechselprozesse ab, die Auf- und Abbau sowie Reparatur betreffen. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts gibt es zahlreiche therapeutische Ansätze, mit elektromagnetischen Feldern verschiedene Verletzungen und Krebs zu behandeln. Viele 1000 wissenschaftliche Arbeiten wurden zu biologischen Wirkungen von EMF veröffentlicht, viele davon wurden mit Radiofrequenzen und Mikrowellen durchgeführt. Obwohl positive Wirkungen bei Wund- und Knochenheilung, Schmerz-beseitigung und Stoffwechselregulation bekannt sind, weiß man wenig über die Mechanismen, da die Prozesse im Körper sehr komplex sind. Da die Haut die äußere Schicht des Körpers ist, wirken elektromagnetische Felder hier stärker ein als auf jeden anderen Teil des Körpers. Diese Studie hatte zum Ziel, die physiologische Wirkung von Magnetresonanz (NMR) auf menschliche Hautfibroblasten in Zellkulturen zu untersuchen, besonders den Grad der Kollagenvernetzung, den Wassergehalt und den NMR-Einfluss auf die Gesamtheit der Proteine.

Zellkulturen der Hautfibroblasten wurden einerseits „quasi-statischen“ Magnetfeldern von 4 mT (moduliert mit einem 40-Hz-Magnetfeld) und andererseits 100-kHz-Feldern mit einer Feldstärke von 1 mT ausgesetzt. Die Felder wirkten zweimal 2 Stunden pro Tag (morgens und abends) über 5 Tage auf die Zellen ein, insgesamt also 20 Stunden bei Raumtemperatur. Als Kontrollen dienten unbehandelte Zellkulturen. Nach dem Ernten der Zellen wurden sie in 5 Fraktionen aufgeteilt, um sie mit verschiedenen Methoden untersuchen zu können. Anschließend wurde der Gesamt-Proteingehalt und die Struktur der verschiedenen Kollagengruppen untersucht.

Ergebnisse: Es zeigten sich beim Gesamtproteingehalt kaum Unterschiede zwischen den mit Magnetfeldern behandelten Zellen und den Kontrollen. Der Gesamtproteingehalt sagt etwas über die Intensität des Zellwachstums und der Stoffwechselprozesse in den Zellen aus. Aber bei genauer Analyse der einzelnen Fraktionen wurden Unterschiede sichtbar. Das hochmolekulare Kollagen war signifikant vermindert in den bestrahlten Zellen, begleitet von einem unspezifischen Anstieg der Proteinkonzentration im niedermolekularen Bereich. Dies konnte mit verschiedenen Methoden festgestellt werden. Bei der NMR-Feldeinwirkung war die Veränderung in der Matrixfraktion gegenüber der Kontrolle viel stärker ausgeprägt als bei dem „quasi-statischen“ Magnetfeld, besonders bei dem löslichen Kollagen im extrazellulären Raum war der Anstieg bei NMR-Anwendung erkennbar: Typ-I-Kollagen um 17,2 %, Typ III um 27 % und Typ IV um 17,3 %; dazu kam eine signifikante Abnahme der halblöslichen Kollagen-Komponente im extrazellulären Raum: Typ I 15,7 %, Typ III 19,6 % und Typ IV 34,7 %. Bei der unlöslichen Fraktion war der Unterschied zur Kontrolle noch stärker: Typ III war um 26 % und Typ IV 35 % vermindert. Im Unterschied dazu war das zelluläre Kollagen durch NMR-Anwendung bei keinem Kollagentyp verändert. Ganz charakteristische Veränderungen zeigen sich aber im zweidimensionalen Proteinmuster der anderen Zellproteine nach der NMR-Anwendung: es erscheinen ganz andere Proteinflecken als bei der Kontrolle oder es verschwinden welche. Das zeigt, dass durch NMR Einflüsse auf die zelluläre Proteingesamtheit ausgelöst wurden. Die Veränderungen waren bei Proteinen zu finden, die das Zellskelett bilden und für die Adhäsion des Zellverbands zuständig sind. Das extrazelluläre Kollagen zeigte sich als weniger vernetzt nach der Magnetfeldbehandlung; ohne Resonanzfrequenz war der Effekt weniger ausgeprägt.

Diskussion: Fibroblasten als Bestandteile der Haut sind bei vielen Mechanismen beteiligt. Neben der Bildung der Bindegewebsfasern (Fibrogenese) auch bei der Gewebekontraktion und bei der Epitheldifferenzierung, während der das Kollagen aus Vorläufermolekülen gebildet wird (s. u.). Wenn eine Gewebeschädigung eingetreten ist, ob durch akute Verletzung oder chronische Einwirkung wie Alterung, Zellstress oder oxidative Schädigung, tragen Fibroblasten aktiv zu Reparaturprozessen bei; besitzen eine einzigartige Fähigkeit, ihre Eigenschaften zu verändern. Auf- und Abbau des bei Säugergewebe sehr verbreiteten Proteins Kollagen Typ I ist unter strikter physiologischer Kontrolle, die aber bei bestimmten Krankheiten gestört ist, z. B. bei Osteoporose, Fibrose, rheumatischer Arthritis oder bestimmten Krebsarten. Prokollagen wird durch genetische Aktivierung aus der Fibroblasten-Zelle ausgeschieden. Außerhalb der Zelle entstehen durch Spaltung und Verkettung mehrerer Prokollagenfasern unlösliche Kollagenfasern. Dieser Prozess kann durch verschiedene Einwirkungen auf verschiedenen Ebenen gestört werden, offensichtlich auch durch elektromagnetische Felder. In vielen Gewebearten regulieren mechanische und elektrische Signale die Synthese von zellulären und extrazellulären Komponenten durch eine Signalkette an der Zellmembran. In dieser Studie wurde herausgefunden, dass NMR-Exposition in Hautfibroblasten bestimmte Veränderungen hervorruft: einerseits Einflüsse auf die Proteinproduktion und andererseits auf die Bildung der extrazellulären Kollagenkomponenten.

Quelle:

Digel I, Kurulgan E, Linder Pt, Kayser P, Porst D, Braem GJ, Zerlin K, Artmann GM, Temiz Artmann A (2007): Decrease in extracellular collagen crosslinking after NMR magnetic field application in skin fibroblasts. *Medical & Biological Engineering & Computing* 45, 91–97

Mobilfunk-Forschung

Keine Forschung zur Handy-Nutzung in Deutschland

Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunkprogramms (DMF) ausgeschriebene vorgesehene Forschungsarbeit zum Nutzungsverhalten der Deutschen beim Telefonieren mit dem Handy soll nun nicht durchgeführt werden, das gab das Bundesamt für Strahlenschutz Ende Februar bekannt. Das Vorhaben sei zu aufwändig und zu teuer.

Weltweit gibt es zu wenige Studien, die Auskunft über die Gesundheitsfolgen des Mobilfunks geben. Um die gesundheitlichen Entwicklungen bei Vieltelefonierern verfolgen zu können, sind Langzeitstudien erforderlich.

Die Ausgangslage war, dass einige Länder in Europa (England, Finnland, Deutschland, Dänemark und Schweden) die so genannte COSMOS-Studie (Cohort Study On Mobile Phone Use And Health) gemeinsam durchführen wollten, eine internationale prospektive Kohortenstudie. Bei dieser Art von Untersuchungen werden bestimmte Gruppen von Personen über einen längeren Zeitraum wissenschaftlich begleitet, so dass am Ende der Laufzeit die gesundheitliche Entwicklung zwischen Viel- und Wenignutzern des Mobilfunks verglichen werden können. Jeder Staat sollte 50.000 Personen befragen, zusammen sollten also Daten von 250.000 Menschen ausgewertet werden. Untersucht werden soll, ob die Langzeitnutzung von Handys zu einem Anstieg von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder bestimmten Symptomen führt.

Im Deutschen Mobilfunkprogramm war vorgesehen, mit einer Machbarkeitsstudie vor der eigentlichen Untersuchung zu ermitteln, ob die geplante Studie zu verwirklichen ist. Das Ergebnis war, dass im Prinzip die Voraussetzungen für die Studie gegeben sind. Zur Eingangserhebung können z. B. die Nutzungsdaten von den Mobilfunkanbietern erfasst werden (ob Viel- oder Wenignutzer).

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) gab im Februar bekannt, dass es den vorgesehenen Forschungsauftrag nicht geben wird, weil in der Voruntersuchung (der so genannten Machbarkeitsstudie) die Rücklaufquote der Fragebögen, also die Beteiligungsbereitschaft der Bevölkerung, mit 5 % bzw. 12 % (bei 2 verschiedenen Befragungsarten) extrem niedrig war. In anderen Ländern die Beteiligung viel höher, bis zu 43 %. Um die Kohortenstudie mit 50 000 Handy-Nutzern in Deutschland nach den internationalen Vorgaben durchführen zu können, müssten über eine Million Personen angeschrieben werden, um die Kriterien (Alter, Geschlecht, Lebenssituation usw.) zu erfüllen, wobei der Erfolg nicht gewährleistet wäre. Diesen Aufwand hält das BfS nicht für gerechtfertigt und entschied deshalb, sich nicht an der COSMOS-Studie zu beteiligen.

Quelle:

www.bfs.de/elektro/papiere/handy_kohorte.html

Kurzmeldungen

Immissionen von 9 kHz–3 GHz im Internet abrufbar

Ein neues automatisches Messsystem für elektromagnetische Felder zur Messung von Funkanlagen wurde von der Bundesnetzagentur (Pressemitteilung vom 19. März 2007) vorgestellt. Durch die Installation der Messsysteme werden stündlich Daten erstellt und auf den Server der BNetzA übermittelt. Damit