

transformation induzieren kann. Die Ergebnisse sind nachvollziehbarer als die der anderen Arbeitsgruppe; die Unterschiede entstehen durch das Bestrahlungssystem und die Dauer der Bestrahlung. Obwohl nur 3 Bestrahlungsintensitäten angewandt wurden, kann man begründet annehmen, dass geringere oder höhere Intensitäten mehr bzw. weniger Zeit benötigen, um die NIH/3T3-Zellen zu transformieren. Der Grund, warum frühere Experimentatoren keine Kanzerogenität fanden, mag an den weniger empfindlichen Zellen liegen. Ein anderer Grund ist wahrscheinlich die kurze Einwirkungsdauer von z. B. 1 Stunde über nur 24 Stunden oder 3 Tage. Diese Experimente hier kombinierten in vivo- und in vitro-Experimente, die gleichzeitig mit 3 Intensitäten durchgeführt wurden, weshalb die Ergebnisse untereinander als glaubwürdig einzustufen sind. Zudem ist eine Dosis-abhängige Wirkung festgestellt worden.

Quelle: Yang L, Hao D, Wang M, Zeng Y, Wu S, Zeng Y (2012): Cellular Neoplastic Transformation Induced by 916 MHz Microwave Radiation. *Cellular and Molecular Neurobiology* 32, 1039–1046, DOI 10.1007/s10571-012-9821-7

Mikrowellenwirkung

2,45-GHz-Strahlung beeinflusst Hitzeschockproteine 70 und 90

Die hier an Schilddrüsen von Ratten untersuchte Wirkung von Mikrowellen mit Intensitäten unterhalb der thermischen Schwelle ergab, dass die Konzentrationen der Hitzeschock-Proteine HSP-70 und HSP-90 vermindert wurden ohne dass Schäden an den Zellstrukturen entstanden und ohne dass Apoptosemechanismen in Gang gesetzt wurden.

Nicht-ionisierende 2,45-GHz-Strahlung kann die Genexpression der Hitzeschock-Proteine in der Schilddrüse verändern. Hitzeschock-Proteine sind an vielen physiologischen Prozessen in den Zellen beteiligt, z. B. bei hormoneller Signalgebung, bei der Kontrolle der Zellteilung und beim Zellwachstum sowie an der Kontrolle und Regulation bei Zellstress verschiedener Ursachen (z. B. Strahlung, Gifte). In der Schilddrüse werden bestimmte HSP-70- und HSP-90-Konzentrationen für die Homöostase und die Behandlung von Zellgiften gebraucht, deshalb gelten diese Proteine als Biomarker für das Aufspüren von Zellgiften und umweltbedingtem Stress, der die normale Funktion der Schilddrüse beeinträchtigt. In dieser Studie wurden HSP-90- und -70-Konzentrationen bestimmt, um den Zellstress durch Mikrowellenstrahlung zu untersuchen und ob bzw. wie die Apoptose-Aktivität beeinflusst wird. Die Körpertemperatur der Tiere wurde gemessen, um allgemeinen Körperstress der Tiere erfassen zu können.

Die 96 Tiere wurden 30 Minuten der 2,45-GHz-Strahlung von 0 (Kontrolle), 1,5, 3,0 und 12 W ausgesetzt. Das sind durchschnittliche SAR-Werte von 0,046, 0,104 und 0,482 W/kg in der Schilddrüse bzw. Ganzkörperwerte von 0,0169, 0,0364 und 0,161 W/kg. Die Hälfte der Tiere wurde nach 90 Minuten getötet und fixiert, weil da die HSP-Bildung erfolgt. Die zweite Hälfte wurde erst nach 24 Stunden getötet und untersucht, weil zu diesem Zeitpunkt die Wiederherstellung der normalen Funktionen erwartet werden kann. Die Messung der Körpertemperatur erfolgte, bevor die Tiere in die Bestrahlungskammer gesetzt wurden und 0, 30, 60, 90 min und 24 Stunden nach der Bestrahlung.

Ergebnisse: Die Wirkung der verschiedenen Strahlungsintensitäten auf die Körpertemperatur war nicht abhängig von der Bestrahlungszeit. Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Strahlungsintensitäten und

zur Kontrolle und auch nicht direkt nach der Bestrahlung und 24 Stunden später, aber signifikante Unterschiede gab es vor und nach der Bestrahlung, und nach der 12-W-Bestrahlung gegenüber der Kontrolle.

90 Minuten nach der Bestrahlung waren die HSP-70- und HSP-90-Konzentrationen signifikant vermindert bei 1,5 und 3 W, bei 12 W nicht-signifikant. 24 Stunden nach der Bestrahlung waren die HSP-Konzentrationen z. T. wiederhergestellt, erreichten aber nicht den Level der Kontrollen. Die stärkste Verminderung erfolgte bei 1,5 W nach 90 Minuten und die schlechteste Wiederherstellung bei 3 W nach 24 Stunden. Es gab wenig Anzeichen für Verletzung der Drüsenzellstrukturen und es waren keine Anzeichen für Apoptose (Chromatin-Kondensation, Zellkern-Fragmentierung) zu sehen, was möglicherweise auf die zu kurze Bestrahlungszeit zurückzuführen ist.

Man würde erwarten, dass Stress in der Zelle die HSP-Konzentrationen erhöht. Die Abnahme der Konzentrationen deutet auf nicht-thermische Mechanismen hin, die leichte Temperaturerhöhung auf thermische. Die 2,45-GHz-Strahlung scheint gleichzeitig thermische und noch nicht identifizierte nicht-thermische gemeinsame Mechanismen bei HSP-90 und HSP-70 zu aktivieren, wenn auch die beiden Proteine verschiedene Funktionen haben.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die akute, unterhalb der thermischen Schwelle liegende Mikrowellenstrahlung Stress in der Zelle erzeugt ohne dass Apoptosereaktionen angesprochen werden. Die Ergebnisse dieser Studie haben außerdem gezeigt, dass erstens die Schilddrüse empfindlich auf 2,45-GHz-Strahlung reagiert, zweitens nicht-thermische Mechanismen die Abnahme der Hitzeschock-Proteinkonzentrationen verursachen, drittens die Wiederherstellung der HSP-90-Konzentration auf den Normalstand bei 3 W langsam geht und dass viertens keine Anzeichen für Verletzungen oder Apoptose im Schilddrüsengewebe durch nicht-ionisierende Strahlung zu sehen ist.

Quelle: Misa-Agustíño MJ, Leiro JM, Jorge-Mora MT, Rodríguez-González JA, Jorge-Barreiro FJ, Ares-Pena FJ, López-Martin E (2012): Electromagnetic fields at 2.45 GHz trigger changes in heat shock proteins 90 and 70 without altering apoptotic activity in rat thyroid gland. *Biology Open* 1, 831–838; doi: 10.1242/bio.20121297

Epidemiologie Niederfrequenz

Erzeugen niederfrequente elektromagnetische Felder ALS?

In diese Metaanalyse wurden 17 Studien auf den Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und der unheilbaren Krankheit Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) untersucht. Die Daten vieler Studien bis April 2012 ergaben, dass es bei beruflich exponierte Personen einen signifikanten Zusammenhang bei gepoolten und Fall-Kontroll-Studien gibt, nicht aber bei Kohortenstudien. Weitere Berechnungen lassen den Schluss zu, dass es ein leicht erhöhtes, aber signifikantes Risiko gibt bei Personen, die im Beruf hohen Feldern ausgesetzt sind.

Die Amyotrophe Lateralsklerose ist eine rasch fortschreitende neurodegenerative Erkrankung, die zum Verlust der Nervenverbindungen zur Muskulatur führt. Als Folge entstehen Lähmungen. Die ALS gilt als multifaktorielle Erkrankung, sie tritt zu etwa 90 % sporadisch auf, erbliche Faktoren spielen aber wohl auch eine Rolle. In epidemiologischen Studien werden