

Wirkung von 900-MHz-Strahlung auf die Zellteilung

Die regelrechte Funktion des Spindelapparates ist bei Zell-Hybriden aus Hamsterzellen und menschlichen Zellen gestört, wenn die elektrische Komponente (E-Feld) von 900-MHz-Strahlung während der Zellteilung einwirkt. Das Magnetfeld (H-Feld) hatte keine Auswirkungen. Es ist eine nicht-thermische Wirkung, die in die letzten Phasen der Zellteilung eingreift.

Frühere Untersuchungen hatten bei 835 MHz (20–90 V/m) Störungen bei der Zellteilung ergeben, bedingt durch das Eingreifen in die Funktion des Spindelapparats. Weitere Untersuchungen hatten gezeigt, dass das halbstündige Einwirken von 90 V/m eine (das ist die Hälfte einer Zellteilungs-Runde) die Funktion des Spindelapparates in Ana- und Telophase stört. Das kann zu ungleicher Verteilung der Chromosomen führen, aber nicht zu Chromosomenschäden, wie es bei ionisierender Strahlung der Fall ist. Da Chromosomenschäden aber trotzdem nachgewiesen wurden, müssen dem andere Mechanismen zugrunde liegen als bei ionisierender Strahlung. Ein möglicher Mechanismus ist die Störung des Spindelapparates, dafür kann sowohl die elektrische als auch die magnetische Komponente verantwortlich sein. Diese Arbeit sollte einen Beitrag zur Aufklärung der Mechanismen leisten. Für die Tests wurden so genannte FC2-Zellen verwendet, eine Zelllinie, die das Chromosom 11 aus menschlichen Zellen und Chromosomen aus dem Eierstock vom Hamster enthält. Die Zellen waren eine halbe Stunde lang SAR-Werten zwischen 10,7–17,2 mW/kg ausgesetzt, bei 20 °C und 37 °C. Entweder wirkte das E- oder das H-Feld ein unter verschiedenen Bedingungen (moduliert und unmoduliert, stehende Wellen u. a.). Bei den Kontrollen erfolgte keine Hochfrequenzwirkung, aber das Gerät war eingeschaltet.

Die Anzahl der Mitosen war bei 37 °C höher als bei Raumtemperatur (20 °C). Es gab kaum einen Einfluss der Temperatur auf die Funktion des Spindelapparates. Aber durch das E-Feld wurde die Funktion des Spindelapparates signifikant beeinträchtigt, während das H-Feld kaum Unterschiede zur Kontrolle zeigte. Bei 90 V/m ist die Zahl der Spindelstörungen in der Ana- und Telophase doppelt so hoch wie bei 45 V/m. Die meisten Störungen bestanden in fehlender und/oder verzögerter Trennung der Chromosomenpaare (Aneuploidie). Aneuploidie ist oft in Tumorzellen zu finden, man weiß aber nicht, ob sie die Ursache oder die Folge der Krebsentstehung ist. Solche Reaktionen sind auch bei Pflanzen unter Einwirkung von 900 MHz gefunden worden. Chemikalien benötigen übrigens mindestens 2 Stunden, um ähnliche Spindelstörungen zu erreichen. Da der Spindelapparat Mikrotubuli-Fasern enthält, die elektrisch geladene Protein-Dipole sind und durch ständiges Binden (Polymerisation) und Lösen (Depolymerisation) äußerst instabil sind, kann man annehmen, dass eine von außen einwirkende elektrische Kraft wie das E-Feld der HF-Strahlung das Gleichgewicht in den Proteinen stören kann. Die Ergebnisse sind ein erster Schritt zum Verständnis der Mechanismen, die der Hochfrequenzwirkung auf den Spindelapparat zugrunde liegen.

Quelle:

Schrader T, Kleine-Ostmann T, Münter K, Jastrow C, Schmid E (2011): Spindle Disturbances in Human-Hamster Hybrid (A_L) Cells Induced by the Electrical Component of the Mobile Communication Frequency Range Signal. *Bioelectromagnetics* 32, 291–301

Wirkung elektrischer Felder auf Hautzellen

Viele Gene von menschlichen Hautzellen werden durch Einwirkung elektrischer Felder in ihrer Aktivität verändert. Fünf der hier untersuchten Gene, die signifikant verändert waren, sind an Zellwachstum und Zelldifferenzierung beteiligt. Die Zelldifferenzierung wird beschleunigt auf Kosten des Zellwachstums.

Die Arbeitsgruppe hat in der Vergangenheit viele Experimente zur Heilung von Knochen und Knorpel durchgeführt und beobachtet, dass die Heilung verbessert wird durch Beschleunigung der Differenzierung des Knorpelgewebes und der Knochenbildung. Diesmal sollte die Wirkung von elektrischen Feldern an einem einfachen Modell, menschlichem Hautgewebe, untersucht werden und mit Hilfe der Gentechnik die Genaktivitäten der beteiligten Gene bestimmt werden. Von 3 verschiedenen Patienten wurden je 2 Hautstücke abgetragen und in einem Kulturmedium gehalten, das fast physiologische Entwicklung ermöglicht. Von jedem Paar wurde ein Stück täglich 40 Minuten 11 Tage lang elektrisch stimuliert (275 V/m, 20 % des Stroms gehen durch das Hautgewebe, 80 % durch das Nährmedium), das andere Stück diente als Kontrolle. Die Trägerfrequenz von 40 Hz wurde mit 0,125 Hz moduliert, der stimulierende Impuls dauerte 4 s, danach folgten 4 s Pause. An den Tagen 4, 7 und 12 während der Bestrahlung wurden Proben für die Bestimmung der Genaktivität entnommen. Insgesamt wurden 38.500 Gene untersucht (Mikroarray) und ausgewählte Gene mit einer anderen Methode (rtPCR) überprüft (es ergab sich gute Korrelation).

Die stimulierten Kulturen zeigten eine Verminderung der Wachstumszone, die die Gewebestücke umgibt, und mehr Gewebeschichten. Es fanden weniger Zellteilungen statt, dafür differenzierten die Zellen schneller aus. Das sind die gleichen Befunde, die an Knochengewebe gefunden werden: schnellere Reifung des Knorpels und Beschleunigung der Verknöcherung nach Behandlung mit elektromagnetischen Feldern. Damit werden viele Experimente an Zell- und Gewebekulturen und an lebenden Menschen und Tieren unter Anwendung derselben Art von elektrischen Signalen bestätigt.

Nach der statistischen Analyse waren 1131 Gene der Kontrollgruppe und 471 der stimulierten im betrachteten Zeitraum aktiv. Sie wurden in 9 Gruppen nach ihrem Expressionsverhalten eingeteilt. Bei der Kontrolle waren 2 Gruppen (Cluster), die 19 und 99 Gene enthielten, über die Zeit hochreguliert. 2 andere Gruppen (29 und 76 Gene) waren niederreguliert. Bei den EF-Proben gab es 2 Gruppen mit 11 bzw. 41 hochregulierten Genen und 2 (6 bzw. 24 Gene), die niederreguliert worden waren. In den 15 Tagen der Kulturdauer gab es keine Temperaturänderungen. Die Anzahl der Gene, bei denen die Genregulation an den verschiedenen Tagen verändert war im Vergleich zu Tag 1 sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

	Kontrolle/Kontrolle		Stimulierte/Kontrolle	
	↑	↓	↑	↓
Tag 4	93	203	315	626
Tag 7	389	313	228	397
Tag 12	397	609	441	505