

## Hochfrequenzwirkung

# Selektive Wirkung von GHz-Frequenzen auf Entzündungen

Bei der Untersuchung der entzündungshemmenden Wirkung einzelner GHz-Frequenzen stellte man fest, dass neben der Wirkung einer einzelnen Frequenz auch die Kombination von Träger- und Modulationsfrequenzen entscheidend ist. Auch die Leistungsflussdichte spielt eine Rolle.

Dass die entzündungshemmende Wirkung von Hochfrequenzstrahlung frequenzabhängig ist, war schon aus früheren Experimenten bekannt. Aber es gibt wirksame und unwirksame Trägerfrequenzen. Hier sollte herausgefunden werden, in welchem Bereich die stärkste Wirkung zu erreichen ist.

Dafür wurden bei Mäusen künstlich durch Zymosan (einem Extrakt aus Zellwänden von Hefezellen, der aus Proteinen und Kohlehydraten besteht und mit dem man künstlich sterile Entzündungen erzeugen kann) Schwellungen an der linken Hinterpfote hervorgerufen. Als Kontrolle diente die rechte Hinterpfote, in die physiologische Kochsalzlösung gespritzt wurde. Die Ergebnisse werden in Prozent zur eigenen Kontrolle angegeben. Der SAR-Wert betrug an der Oberfläche 1,5 W/kg bei einer Leistungsflussdichte von 0,1 mW/cm<sup>2</sup>. Die Temperaturerhöhung lag bei zu vernachlässigenden 0,003 °C. Die zusätzlichen Modulationsfrequenzen betragen 0,03–100 Hz.

Untersucht man die Frequenzen zwischen 42,0 und 43,0 GHz, so sieht man, dass 42,0 und 43,0 GHz eine Entzündungsreduktion um 4 % erreichen, während 42,2; 42,4 und 42,6 GHz signifikante Reduktionen um 12–18 % erreichen. Als wirksamste Trägerfrequenz ohne Modulation wurde 42,2 GHz entdeckt. Bei verschiedenen Intensitäten, von 0–700 µW/cm<sup>2</sup>, zeigte sich ab etwa 70 µW/cm<sup>2</sup> ein Plateau, d. h. ein gleichbleibend starker Rückgang der Schwellung von etwa 20 % gegenüber der (rechten) Kontrollpfote. Bei 42,2 GHz gab es demnach keine Modulationsabhängigkeit, die Modulation mit 0,1–100 Hz und einer Intensität von 0,3 mW/cm<sup>2</sup> zeigte keine weitere Steigerung der entzündungshemmenden Wirkung. Bei 43,0 und 61,22 GHz konnte demgegenüber die Modulation durch die Frequenzbereiche 0,07–0,1; 0,5–1,7; 6–8 und 16–32 Hz ein signifikantes Abschwellen bewirken; das sind 3 Maxima, bei denen die Entzündungshemmung 20–24 bzw. 15 % betrug.

Diese Untersuchungen über die biologischen Wirkungen von modulierten Hochfrequenzen niedriger Intensitäten zeigen, dass Ganzkörpereinwirkung der Strahlung auf Mäuse entzündungshemmende Wirkung hat, und dies sogar bei „unwirksamen“ Trägerfrequenzen, wenn diese mit den passenden Frequenzen moduliert werden. Diese Experimenten zeigen, dass die Wirkung der Strahlung auf Lebewesen hochselektiv ist, dass die Wirkung der modulierten (gepulsten) Strahlung sehr viel wirksamer ist als die un gepulsten, dass bei einer festen Trägerfrequenz die verschiedenen Modulationsfrequenzen verschiedene Wirkungsgrade hervorrufen und dass es möglich ist, für bestimmte Anwendungen geeignete Kombinationen von Träger- und Modulationsfrequenz auszuwählen, um Funktionen in biologischen Systemen zu beeinflussen. Die Strahlung wirkt auf verschiedene nicht bekannte regulatorische Elemente ein, die möglicherweise mit dem Calcium-System zu tun haben.

### Quelle:

Gapeyev AB, Mikhailik EN, Chemeris NK (2009): Features of Anti-Inflammatory Effects of Modulated Extremely High-Frequency Electromagnetic Radiation. *Bioelectromagnetics* 30, 454–461

## Gleichfeldwirkung

# Statische Magnetfelder hemmen die Blutgefäßbildung

Das normale Wachstum von normalen Blutgefäßen kann durch statische Magnetfelder gehemmt werden, und diese Tatsache macht man sich als nicht-invasive Methode zu nutze, wenn man bei Tumoren die Gefäßbildung (Angiogenese, s. S. 4) verhindern will. Bei den hier angewendeten Magnetfeldern wurde mit mehreren Methoden (in vivo und in vitro) eine signifikante Wachstumshemmung erreicht.

Die Bildung von neuen Blutgefäßen wird natürlicherweise durch mehrere stimulierende und hemmende Schritte gesteuert, die in Embryogenese, weiterer Entwicklung von Lebewesen und bei Reparaturprozessen im Gleichgewicht gehalten werden. Auch bei krankhaften Prozessen wie rheumatoider Arthritis und Tumor- und Metastasewachstum werden neue Gefäße gebildet. Bei Tumorwachstum ist dieses Gleichgewicht gestört, unkontrolliertes Wachstum ist die Folge. In Tumoren werden die Zellen anfangs durch Diffusion mit Sauerstoff versorgt, später, ab ca. 0,5 mm Durchmesser, reicht das nicht mehr aus, und es werden keine Nährstoffe mehr geliefert, so dass neue Versorgungsgefäße benötigt werden.

Organismen sind elektrophysikalische Systeme, die durch Magnetfelder beeinflusst werden (z. B. lagern sich Erythrozyten quer zu den Feldern zusammen, das Brustkrebswachstum wird gehemmt). Magnetfelder verlängern das Leben von Leukämie-Mäusen und verändern Blutdruck und Puls. Therapeutisch werden statische Magnetfelder von 1 mT–1 T eingesetzt. Wenig ist bekannt über die Wirkung bei der Angiogenese. Deshalb wurden hier drei verschiedene Testsysteme verwendet, zur Bestätigung der Magnetfeldwirkung, mit statischen Magnetfeldern von 0,2–0,4 T im räumlichen Gradienten von 2,09 T/m in Radialrichtung behandelt. In-vivo-Systeme waren bebrütete Hühnereier (CAM) und kleine Membranen, die in Mäuse implantiert wurden (Matrigel Plugs), das In-vitro-System bestand in Zellkulturen aus menschlichen Endothelzellen der Nabelschnurvenen (HUVEC). Als Maß der Gefäßbildung wurde der Hämoglobingehalt bestimmt (In-vivo-Tests) bzw. die optische Dichte gemessen. Das Gefäßwachstum wurde nach 5–11 Tagen untersucht. Die HUVECs wachsen im Magnetfeld von Anfang an bis 12 h leicht verzögert, nach 24 h ist eine signifikante Hemmung des Wachstums nach dem Anschalten des Magnetfeldes zu sehen. Bei den Hühnereiern (CAM) waren bei den mit Magnetfeld behandelten Anzahl und Verzweigungen der Gefäße und der Hämoglobingehalt geringer als in den Kontrollen. Die Angiogenese in den implantierten Membranen (Matrigel Plugs) war bei den exponierten Mäusen nach 7 und 9 Tagen signifikant geringer ausgeprägt.

Durch die Magnetfelder wird das Gleichgewicht in den Endothelzellen gestört, was sich auf die Signalkontrolle der Angiogenese auswirkt. Endogene Faktoren und magnetische Kräfte wirken zudem auf die Erythrozyten ein. Erythrozyten transportieren den Sauerstoff über das Hämoglobin, das durch seinen Eisengehalt von Magnetkräften beeinflussbar wird. Durch den verminderten Hämoglobingehalt wird die Sauerstoffversorgung vermindert und die Gefäßbildung wird gehemmt. Es sind also zwei Faktoren beteiligt: Magnetkräfte, die auf das Hämoglobin einwirken, und Störung der Signalkontrolle.

### Quelle:

Wang Zhe et al. (2009): Inhibitory Effects of a Gradient Static Magnetic Field on Normal Angiogenesis. *Bioelectromagnetics* 30, 446–453