

Nano-Partikel werden durch Magnetfelder beeinflusst

Wenn Ferritin-Nano-Partikel (Ferritin-Käfigprotein, s. S. 4) magnetischen Wechselfeldern ausgesetzt sind, wird im Innern dieser Teilchen die Energie erhöht. Diese Energie wird auf die äußeren Strukturen dieses Proteinkäfigs verteilt und dadurch werden Eigenschaften und Funktion der Partikel verändert. Die beobachteten Veränderungen sind nicht-thermischer Natur.

Nach der Theorie reagieren die meisten biologischen Moleküle nur schwach mit Magnetfeldern. Daher wird die Wirkung nicht-ionisierender Strahlung auf biologisches Material als Wärmewirkung durch Absorption der einwirkenden Kräfte beschrieben. Diese Kräfte sind im Hochfrequenzbereich unabhängig vom Magnetfeld, ändern sich aber mit dem elektrischen Feld, der Dichte und der Leitfähigkeit des Mediums. Überträger der Feldwirkungen in den Zellen können Magnetit-Nano-Kristalle sein, deren Wirkung auch im Zusammenhang mit der Alzheimer-Krankheit diskutiert wird. Möglicherweise besteht dabei eine Verbindung zwischen Eisen-Ionen, Lipidperoxidation und Brüchen in der Zellmembran durch das Beta-Amyloid, unter Beteiligung des Ferritin-Käfigproteins. Es hat das größte magnetische Moment aller Proteine und hat eine wichtige Funktion in allen Lebewesen, vom Bakterium bis zum Menschen.

Um die Wirkung von Magnetfeldern zu testen, wurde die Freisetzung des Eisens in 14–20 Proben nach Behandlung der Nano-Partikel mit verschiedenen Magnetfeldern (120 μT bei 250 kHz bis 15 μT bei 2 MHz), deren Feldstärken weit unter der thermischen Schwelle liegen, aber eine nachweisbare Wirkung haben, bestimmt. Die Einwirkdauer lag unter der Lebensdauer von Radikalen, die bei der Fenton-Reaktion (Nachweis von Eisen-Ionen) beteiligt sind. Die elektrischen Felder lagen zwischen 0,1 V/m (250 kHz) und 0,4 V/m (2 MHz), der SAR-Wert bei 10^{-8} – 10^{-7} W/kg. Es gab während der Experimente keine Temperaturunterschiede zwischen den bestrahlten und den unbestrahlten Proben. Gemessen wurden die Eisenfreisetzungsraten aus den Partikeln mit Ferrozin, einer Substanz, die eine starke Affinität zu 2-wertigem Eisen hat. Wie erwartet stieg die Magnetfeldwirkung anfänglich mit der Expositionszeit an. Nach 5 Stunden reduzierte sich die Wirkung durch Abbau des Proteins und/oder des Ferrihydrit-Kerns. Die stärkste Wirkung tritt 5–30 Minuten nach der Ferrozin-Zugabe auf, dann erfolgt allmähliche Abnahme der Wirkung über mehrere Stunden. Die Wirkung hängt von der Magnetfeldstärke ab. Nach der Bestrahlung resultiert ein Anstieg der inneren Energie, dann entspannen die Proteine wieder durch Brownsche Bewegung (mechanische Rotation) oder Néelsche Reaktion (Abstrahlung von Phononen). Beide Prozesse verändern Struktur oder Ladung und damit die Funktionsfähigkeit der Proteine, so dass Transport und Speicherung des Eisens in den Proteinkäfig beeinträchtigt werden. Es scheint ein bisher unbekannter nicht-thermischer Mechanismus zwischen den Ferritin-Nano-Partikeln und den Hochfrequenz-Magnetfeldern vorzuliegen. Der vermutete Mechanismus bewirkt, dass weniger Eisen-Chelate in das Innere der Partikel gelangen. Das zeigt, dass hochfrequente Magnetfelder in Wechselwirkung mit den Käfigproteinen treten und deren Funktion verändern.

Quelle:

Céspedes O, Ueno S (2009): Effects of Radiofrequency Magnetic Fields on Iron Release From Cage Proteins. *Bioelectromagnetics* 30, 336–342

Kombinierte Felder hemmen das Krebszellwachstum

Magnetfelder bestimmter Frequenzen und Feldstärken, kombiniert mit statischen Feldern, haben Anti-Tumor-Wirkung bei Mäusen, denen Asciteszellen transplantiert wurden.

Die meisten Experimente mit statischen und alternierenden Magnetfeldern werden im Mikrottesla-Bereich durchgeführt, aber auch im Nanotesla-Bereich gibt es starke biologische Wirkungen. In dieser Arbeit werden Experimente vorgestellt, die geeignete Frequenzen und Feldstärken untersucht haben, um Tumorzellen zu bekämpfen. So wurden einzelne Frequenzen und Kombinationen von Wechselfeldern (0,5–16,5 Hz, aus früheren Experimenten) mit einem statischen Magnetfeld im Hintergrund in Höhe des Erdmagnetfeldes (42 μT) herausgefunden. Denn bis jetzt ist noch nicht klar, ob die Anti-Tumor-Wirkung amplitudenabhängig ist, und die Mechanismen der Anti-Tumor-Wirkung sind auch nicht bekannt.

Nach mehreren Versuchsreihen wurden die optimalen Frequenzen und Feldstärken festgestellt. Die optimalen Frequenzen sind 0,5; 1; 4,4 und 16,5 Hz und die Summe davon. Die Feldstärken 300, 100 und 150–300 nT haben die beste Anti-Tumor-Wirkung, wenn im Hintergrund ein statisches Feld von 42 μT vorhanden ist. Die Frequenzen und Feldstärken dazwischen hatten schwächere Wirkung.

Je 3×10 Mäuse bekamen die Ascites-Zellen intraperitoneal gespritzt, die Entwicklung der Tumoren wurde am 6. und 7. Tag untersucht. Alle unbehandelten Kontrolltiere starben zwischen Tag 13 und 18. Die mit kombinierten Feldern behandelten Mäuse lebten mehr als einen Monat. Am 12. Tag nach der Asciteszellen-Verabreichung wurden die Organe untersucht. Bei den Kontrolltieren hatte sich gelblicher Ascites gebildet, bei den mit Magnetfeld behandelten Tieren war fast kein Ascites zu sehen. Die Bauchorgane und die Lymphknoten waren bei beiden Gruppen vergrößert. Die histologischen Untersuchungen ergaben bei den Kontrollen Ansammlungen von Tumorzellen in dem die Bauchorgane umgebenden Fettgewebe, Leber, Milz, Pankreas und Lymphknoten waren deutlich angeschwollen. Die mit Ascites und Magnetfeldern behandelte Gruppe zeigte einen verkapselten Lymphknoten, Veränderungen an Leber und Nebennieren. Dies scheint auf dem Abbau von Tumorgewebe zu beruhen, da die Leber Entgiftungsfunktion und die Hormone der Nebennieren evtl. auf die Magnetfelder mit Tumor zerstörender Wirkung reagieren. Die nur mit Magnetfeldern behandelten Tiere hatten normale Organe, was zeigt, dass die Magnetfeldbehandlung allein keine schädliche Wirkung hat. Dass die Summe der optimalen Wechselfeld-Frequenzen und Amplituden stärker wirksam ist als jede einzelne Frequenz zeigt, dass es verschiedene Rezeptoren für die Anti-Tumor-Wirkung gibt oder ein Übertragungsweg existiert, der die Tumorbekämpfung einleitet. Möglicherweise werden autolytische Enzyme aktiviert, die die Tumorzellen auflösen, d. h. die natürlichen Mechanismen zur Bekämpfung der Tumorzellen werden aktiviert (Makrophagen). Wahrscheinlich wirken die Stimulierung des Tumor-Nekrose-Faktors und lokal konzentrierte ROS-Bildung an diesen Prozessen mit.

Quelle:

Novikov VV, Novikov GV, Fesenko EE (2009): Effect of Weak Combined Static and Extremely Low-frequency Alternating Magnetic Fields on Tumor Growth in Mice Inoculated With the Ehrlich Ascites Carcinoma. *Bioelectromagnetics* 30, 343–351