

signifikant verändert gegenüber den unbehandelten Kontrollen schon nach dem ersten Tag der Differenzierung.

Aus den mesenchymalen Stammzellen entwickeln sich neue Knochenzellen, d. h. neue Knochensubstanz wird zur Neubildung oder nach Verletzungen aufgebaut. Die Entwicklung von den Stammzellen zu den reifen Knochenzellen (Osteozyten) ist ein komplizierter Vorgang, der von den undifferenzierten Vorläuferzellen über das Stadium der Osteoblasten abläuft: Von der Stammzelle geht es über die Differenzierungs- zur Mineralisierungsphase. Alle diese Vorgänge werden durch die dazugehörigen Gene reguliert. In diesen Experimenten sollte untersucht werden, wie gepulste elektromagnetische Felder (PEMFs) auf das Zellwachstum, die Alkalische Phosphatase-Aktivität (wichtig für den Aufbau der Knochensubstanz Calciumphosphat), die Mineralisation der extrazellulären Matrix der Knochen und die Genexpression in den mesenchymalen Stammzellen des Knochenmarks wirken.

Die Feldbehandlung erfolgte 8 Stunden pro Tag während der Kulturperiode von 7 oder 11 Tagen; 20 Pulse von 4,5 Millisekunden bei 15 Hz wirkten ein. Während jedes Pulses steigt das Magnetfeld von 0 auf 1,8 mT in 200 Mikrosekunden und wird abgebaut auf 0 mT in 25 Mikrosekunden. Die Kontrollen und magnetfeldbehandelten Kulturen wurden wechselseitig in den beiden Brutschränken aufbewahrt, damit Verfälschungen durch die Geräte vermieden werden. Die Zellen waren in drei verschiedene Gruppen eingeteilt: Zwei Gruppen konnten ausdifferenzieren zu Osteoblasten und Osteozyten, während die 3. Gruppe als mesenchymale Stammzellen untersucht wurden.

Es gab signifikante Unterschiede bei den Zellen im Osteoblasten- bzw. Osteozytenmedium schon nach dem ersten Tag. Die Zelldichte war bei den PEMF-Zellen signifikant höher als bei den Kontrollen (29,6 % und 34,8 %) und das blieb so bis zum 7. Tag. Das Zelldichte-Verhältnis von exponierten zu Kontrollzellen ging nach dem 3. Tag auf 85 % zurück, während es bei den zu Osteozyten ausdifferenzierten Zellen auf 110 % angestiegen war. Das zeigt, dass das Wachstum der Zellen von den Magnetfeldern unterschiedlich beeinflusst wird, abhängig von der jeweiligen Entwicklungsphase.

Die Expression von 6 verschiedenen Genen wurde an den Tagen 2, 4 und 7 bestimmt. Die Aktivität der verschiedenen Gene, die für die Neubildung der Knochenzellen zuständig sind, wurde schon früh in der Differenzierungsphase verändert (z. T. erhöht, z. T. vermindert, je nach Entwicklungsstadium) gegenüber den Kontrollen und blieb unterschiedlich bis zum Ende. Auch die Alkalische Phosphatase war gegenüber den Kontrollen signifikant verändert. Man fand bis zu mehr als 30 % erhöhte Werte in 1–5 Tagen. Das steigerte die Mineralisation der Knochen in der mittleren Phase der Knochenzellentwicklung (Osteogenese), die zudem insgesamt beschleunigt worden war. ALP löst Phosphat aus phosphathaltigen Substanzen heraus, damit dieses in genügender Menge für die Mineralisierung der Knochen zur Verfügung steht. Die Mineralisierung der extrazellulären Matrix erfolgt normalerweise in der Mitte der Knochenzeldifferenzierung. 11 Tage PEMF-Behandlung bewirkte eine stärkere Mineralisierung gegenüber den Kontrollen.

In diesen Experimenten beschleunigten die PEMFs Zellwachstum, -differenzierung und Mineralisation der Knochenzellen in den verschiedenen Entwicklungsstadien, ablesbar an veränderter Zelldichte, Genexpression und ALP-Aktivität.

Quelle: Sun LY, Hsieh DK, Lin PC, Chiu HT, Chiou TW (2010): Pulsed Electromagnetic Fields Accelerate Proliferation and Osteogenic Gene Expression in Human Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells During Osteogenic Differentiation. *Bioelectromagnetics* 31, 209–219

Rezension

Antennen und Strahlungsfelder

Mit dem Buch „Antennen und Strahlungsfelder“ stellt der Verlag Vieweg + Teubner ein Lehrbuch in 3. Auflage für Studierende der Elektro-, Nachrichten-, Informationstechnik und verwandter Studiengänge vor.

Der Autor Prof. Dr.-Ing. Klaus W. Stark lehrt Hochfrequenz-, Mikrowellen-, Antennen- und Nachrichtentechnik an der Hochschule Ravensburg-Weingarten.

Die Entstehung des Buches aus einer zweisemestrigen Vorlesung zur Elektro- und Informationstechnik spiegelt sich in den mathematischen Darstellungen der theoretisch-physikalischen Grundlagen. Natürlich ist das Buch kein Kurs über theoretische Elektrodynamik, trotzdem sieht sich der Autor in der Pflicht, die grundlegenden Begriffe und das mathematische Handwerkszeug vorzulegen und schafft so den Rahmen und die Grundlage, Studenten mit unterschiedlichen Voraussetzungen in Mathematik und Physik auf die Anforderungen der Vorlesung vorzubereiten. Der Potenzial- und Feldbegriff wird mit der notwendigen Algebra vorgestellt und in Übungsaufgaben mit z. T. ausführlichen Lösungsbeschreibungen vertieft.

Die Praxis, am Ende eines Abschnitts bzw. Kapitels das Präsentierte durch Übungsaufgaben zu festigen, zieht sich durch das gesamte Buch und macht wiederum seinen Charakter als Lehrbuch sichtbar.

Mit dem mathematischen Rüstzeug der ersten Kapitel geht's zum Kern der Elektrodynamik, den Maxwell-Gleichungen. Folgerungen aus diesem Gleichungssystem werden gezogen und Spezialfälle (z. B. Telegraphengleichungen) abgeleitet und erklärt. Die Effekte bewegter/beschleunigter Ladungen werden diskutiert und die damit verbundene Möglichkeit zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen und ihrer fundamentalen Eigenschaften und Erscheinungsformen behandelt.

Im Anschluss an ein Kapitel zur Theorie der Wellenleiter, in dem Einleitersysteme (z. B. Hohlleiter) und Zweileitersysteme (z. B. Koaxialkabel) in ihren verschiedenen Erscheinungsformen beschrieben werden, befasst sich der Rest des Buches mit der Antennentechnik und den Strahlungsfeldern.

Beginnend mit dem einfachen isotropen Strahler werden alle gängigen Antennenarten aus linearen Leitern (z. B. Rahmenantennen) bis zu den Aperturstrahlern (z. B. Hornantennen) beschrieben. Die Antennengrundformen (z. B. Elementardipol) und baulichen Ableitungen werden ausführlich beschrieben. Die Behandlung der Antennentypen und ihre elektromagnetischen Eigenschaften finden neben der mathematischen Beschreibung auch eine umfangreiche grafische und tabellarische Unterstützung.

Insgesamt und in erster Linie hat der Autor ein Begleitbuch zu einer zweisemestrigen Vorlesung und damit ein Arbeitsmittel für Studenten der Elektrotechnik und verwandter Technikfächer geschrieben. Als Nachschlagewerk für den Laien bleibt es außen vor; Ingenieure und Naturwissenschaftler finden, auch wegen der umfangreichen Theorie und Formelsammlung, in dem Buch ein geeignetes Nachschlagewerk zur (schnellen) Information bei praktischen Fragen zu elektromagnetischen Phänomenen.

Dipl.-Phys. Dr. Hartmut Oswald, EMF-Institut Dr. Peter Nießen, Köln

Quelle:

Klaus W. Kark: Antennen und Strahlungsfelder; 3. Auflage 2010, Verlag: Vieweg + Teubner, ISBN 978-38348-0553-9