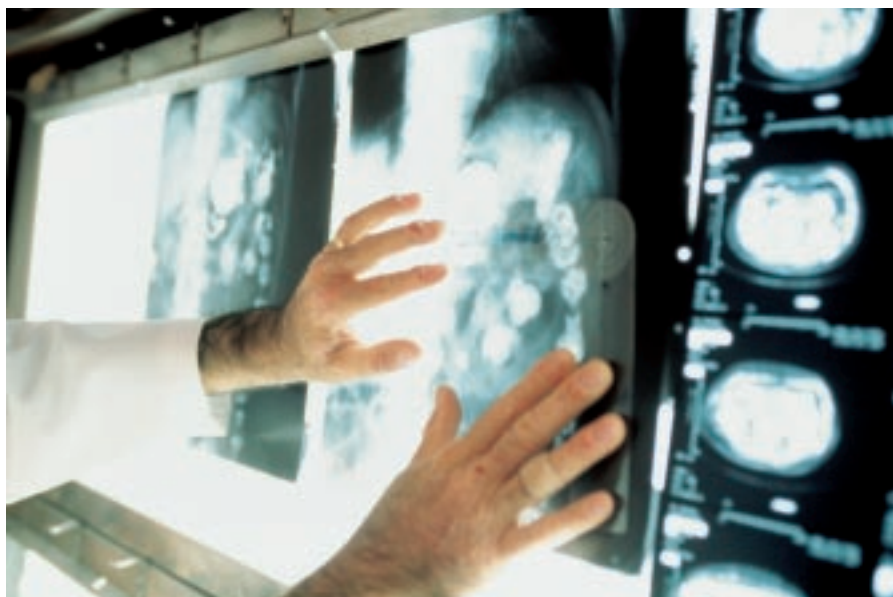


Medizinische Anwendungen

Bericht von Frank Gollnick

Auf der Tagung der BEMS in München vom 11. bis 16. Juni 2000 wurden bei den medizinischen Anwendungen elektromagnetischer Felder die Bereiche „Klinische Geräte“, „Epilepsieforschung und -therapie“ sowie „Elektromedizin“ in eigenen Sitzungen behandelt. Hierbei stand nicht die wissenschaftliche Untersuchung möglicher Gefahren durch elektromagnetische Wellen oder Magnetfelder im Vordergrund, sondern der medizinische Nutzen, der daraus gezogen werden kann. Leider waren einige Beiträge stark von kommerziellem Interesse geprägt und wissenschaftlich kaum verwertbar.



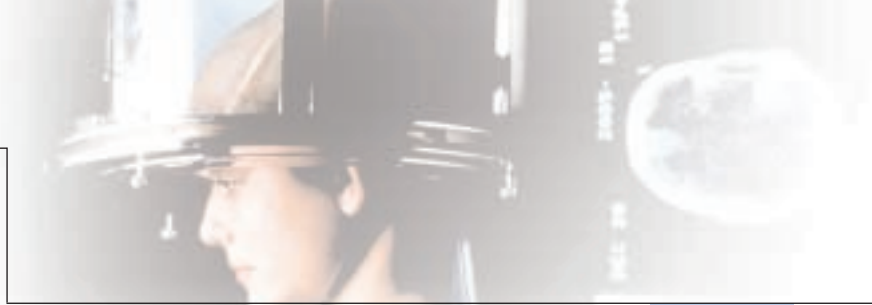
In der Sitzung über *klinische Geräte* beschäftigten sich Wachtel et al. (USA) mit den molekularen Ursachen für einen Befund an der Vanderbilt University, USA: Starke Magnetfelder in der Größenordnung 0,1 - 1 T sollen in einer Quadrupol-Anordnung (vier kreuzweise angeordnete Elektroden) angewandt schmerzlindernde Wirkung an Patienten ausüben. Nach Wachtel ergeben sich Hinweise, dass die Magnetfelder Ionenkanäle in bestimmten menschlichen Nervenfasern theoretisch so stark beeinflussen können, dass es so zu einer teilweisen Blockade der (Schmerz-) Reizfortleitung komme.

Die Hypothese, dass durch statische Magnetfelder die Heilung von Knochenbrüchen unterstützt wird, wird von vielen Wissenschaftlern nicht geteilt. Untersuchungen von Rogachefsky & Markov (USA) wollen an einer Reihe von Patienten eine

Beschleunigung der Heilung einer bestimmten Knochenfraktur um durchschnittlich drei Wochen beobachtet haben. Gründe dafür sollen die Stimulation der Stoffwechselaktivität von Knochenstammzellen und eine verstärkte Durchblutung im Gebiet der Fraktur sein.

Ein neues verbessertes Design für eine 915 MHz - Katheterantenne, mit der ein Arzt das Gewebe gezielter mit Hitze bearbeiten kann, wurde von Pisa et al. (USA) vorgestellt. Mit solchen Kathetern werden - z.T. schon heute oder in Zukunft - minimalinvasive Hitzebehandlungen an Krebsherden sowie eine Reihe von Entfernungen und Verformungen kritischer Gewebe durch Hitzebehandlung im Inneren des Körpers vorgenommen.

Eine Studie an 50 Mäusen (30 behandelt, 20 Kontrollgruppe) zur Brustkrebsbehandlung durch ein gleichgerichtetes



und Geräte

120 Hz Magnetfeld (10 - 20 mT) sollte zeigen, dass die Tumor-Wachstumsrate und die Neubildung von Blutkapillaren (zur Versorgung des Tumorgewebes) um bis zu 41% (bei 15 mT) unterdrückt werden konnten (Williams et al., USA). Die Gründe hierfür sind noch offen.

Eine mögliche störende Beeinflussung von Herzschrittmachern durch elektrische Felder der Energieversorgung - 50 und 60 Hz bei Feldstärken über 1,5 kV/m - wurde von Sastre et al. (USA, Kanada) festgestellt. Als Grundlage dienten Messungen an menschlichen Körpermodellen und Computermodellrechnungen.

Von Morrissey et al. (USA) wurde die Störfestigkeit ausgewählter medizinischer Geräte, wie EEG-Geräte, Infusionspumpen etc. gegenüber elektromagnetischen Feldern im Bereich 800 MHz - 1900 MHz getestet. Dies geschah insbesondere im Hinblick auf die kommende Entwicklung und Einrichtung neuer drahtloser Kommunikationssysteme in Kliniken, wobei dort in Zukunft nicht wie bisher ein pauschales Verbot mobiler Kommunikation verhängt werden muss. Vielmehr müssen die technischen Eigenschaften der neuen Systeme mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit medizinischer Geräte (mangelnde Einstrahlungsfestigkeit) exakter ausgelegt werden.

Einen besonderen Schwerpunkt bei der Betrachtung medizinischer Anwendungen bildete in diesem Jahr das Thema „Epilepsieforschung“. Hier wurden in vier ausführlichen Vorträgen die führenden Techniken der Magnetdetektion und der Magnettherapie in der Epileptologie vorgestellt.

Nach einer Einführung in das Thema und das Krankheitsbild der Epilepsie wurde von Fernandez (aus der in Deutschland in diesem Bereich führenden Arbeitsgruppe von C. Elger) das Verfahren des „functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)“ (funktionelles Magnetresonanz-Abbildungsverfahren) erläutert. Diese Technik dient zur exakten Lokalisierung des sogenannten „Epileptischen Fokus“ im Gehirn des Menschen. Hierbei können die genaue Ausdehnung bestimmt und verschiedene Zonen des Fokus unterschieden werden, die das Krankheitsbild bestimmen. Solche Informationen sind im Hinblick auf Planung und Abschätzung der Effektivität operativer Eingriffe von besonderer Bedeutung. Auch mit diesem Aspekt der möglichen Behandlung von Epilepsiepatienten beschäftigte sich Fernandez eingehend: Nur wirklich betroffenes Gewebe wird vor einem neurochirurgischen Eingriff kenntlich gemacht. Die Gefahr der Entfernung wertvollen gesunden Gehirngewebes kann somit auf ein Minimum reduziert werden.

Mattson (USA) präsentierte ein weiteres Verfahren, mit dem neben den betroffenen Gewebereichen vor allem die Konzentrationen von Neurotransmittern (d.h. Botenstoffen zwischen den Schaltstellen im Gehirn) und von Medikamenten direkt im Gehirn bestimmt werden können. Dieses Verfahren der „Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMRS)“ (Kern-Magnetresonanz-Spektroskopie) dient ausserdem zur Aufklärung der Mechanismen, die zur Auslösung von Anfällen beitragen oder währenddessen ablaufen. Ihre besondere Stärke hat die Methode bei der Untersu-



chung von Effekten antiepileptischer Medikamente auf die Neurotransmitter. Sie wurde daher als eine Methode zur „nicht-invasiven Biopsie“ des Gehirns (also zur Vermeidung einer tatsächlichen Probenentnahme) dargestellt.

Von Stefan (Deutschland) wurde mit der „Magnetoenzephalographie (MEG)“ ein drittes Verfahren zur Anwendung in der Diagnose der Epilepsie vorgestellt. Hier wird die Ausbildung geringster Magnetfelder an den Zellen des Gehirns bzw. in definierten kleinen Regionen des Gehirns gemessen und in einer 3D-Rekonstruktion sichtbar gemacht. Grundlage für die Rekonstruktion sind die oben bereits erwähnten NMR-Aufnahmen. Die eigentliche Messung findet computerunterstützt durch „Superconducting Quantum Interferometer Devices (SQUID's)“ statt, eine Technik, bei der Magnetfelddetektoren durch Kühlung mit Helium supraleitend und damit höchstempfindlich gemacht werden. Das Verfahren trägt wie auch die anderen genannten Verfahren dazu bei, dass die Gefahren bei der chirurgischen Behandlung medikamentös nicht behandelbarer Epilepsieformen deutlich verringert werden.

Den Abschluss dieser Sitzung bildete der Bericht über den Stand der Entwicklung der „Transcranial Magnetic Stimulation“ (TMS). Bei dieser Methode werden durch gut focussierbare Magnetpulse lokale Wirbelströme im Gehirn induziert, die Nervenreizung bewirken. Theodore (USA) erläuterte das Verfahren, das wesentliche Vorteile gegenüber anderen therapeutischen Ansätzen hat. Neben dem theoretischen Ansatz und dem Hintergrund der therapeutischen Wirksamkeit wurden bereits vorliegende Daten und Erfahrungen präsentiert. Die Einführung in die klinische Praxis ist bereits erfolgt.

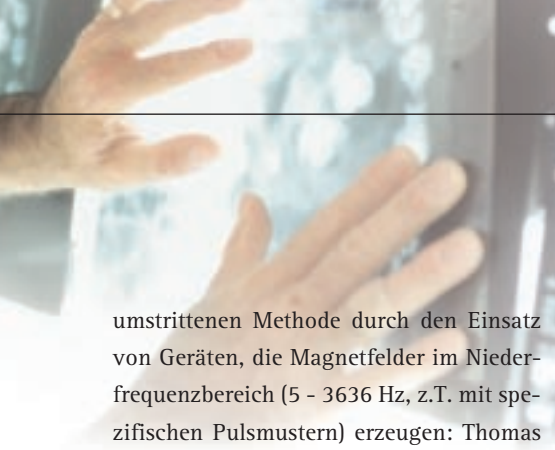
Ein weiterer Themenschwerpunkt bei der Tagung lag auf dem als „Elektromedizin“ bezeichneten Einsatz von elektromagnetischen Wellen oder Magnetfeldern zur Therapie von Krankheiten. Hierbei wurden

Magnetfeld-Therapiemethoden oder Ergebnisse der „Elektro-Hyperthermie“ (Erhitzung von Gewebe durch elektromagnetische Wellen, z.B. zur Krebsbekämpfung) abgehandelt.

Nindl et al. (USA) beschäftigten sich mit den heutzutage üblichen UVA- oder UVB-Lichttherapiemethoden bei der Behandlung von Hautkrankheiten, wie z.B. der Schuppenflechte. Da die eingesetzten UV-Strahlen jedoch bekanntlich eine potentielle Krebsgefahr darstellen, untersuchte man die Möglichkeit, die notwendige Lichtdosis durch zusätzliche Behandlung mit statischen bzw. niederfrequenten Feldern (20 Min. 40 μ T statisch + 100 μ T 15 -100 Hz sinusförmig) zu reduzieren. An der hierzu als Modell benutzten menschlichen Lymphocyten-Zellkultur sowie an Keratinozyten (Bindegewebezellen) aus der Haut ergab sich der Befund, dass bei bestimmten Frequenzen eine Unterstützung des UVB-Behandlungseffekts eintritt. Demnach könnte ein zusätzlicher Einsatz von Magnetfeldern die zur Therapie notwendige Lichtdosis herabsetzen.

Die „Elektro-Hyperthermie“-Behandlung hat nach Aussage von Szasz (Ungarn) wesentliche Vorteile gegenüber klassischen Hitze-Behandlungsmethoden in der Tumortherapie, die ohne den Einsatz von elektromagnetischen Wellen arbeiten. Bei den klassischen Methoden kann die zwangsläufig einhergehende Entstehung von sogenannten „Hitzeschock-Proteinen“ (Eiweisse, welche die betroffenen Zellen auf die neuen Gegebenheiten „umprogrammieren“ können) die gewünschte Vernichtung von Tumorzellen ineffektiv machen. Bei der Elektro-Hyperthermie entsteht die Hitze zunächst in den Zellzwischenräumen. Die Tumorzellen werden somit von aussen zerstört, bevor sie in ihrem Inneren die vor Hitze schützenden Proteine produzieren können. Ausserdem werden spezielle tumorabwehrende Eigenschaften des Immunsystems unterstützt.

Fünf weitere Beiträge beschäftigten sich mit Therapiemöglichkeiten einer nicht un-



umstrittenen Methode durch den Einsatz von Geräten, die Magnetfelder im Niederfrequenzbereich (5 - 3636 Hz, z.T. mit spezifischen Pulsmustern) erzeugen: Thomas et al. (Kanada) stellten ein Testprotokoll für rheumatisch erkrankte Patienten vor, mit dem die Effektivität von Magnetfeldtherapien objektiv erfasst werden soll. Dies soll helfen, die Behandlungsmethoden besser weiterentwickeln zu können. Die Patienten werden dabei einem Balancetest im Stehen bei offenen und geschlossenen Augen unterzogen. Im gezeigten Test mit 20 Patienten sollte das in Zeitvariation gepulste 60 Hz Magnetfeld (200 μ T) eine Abnahme der gemessenen Unterschiede zwischen den Zuständen mit offenen oder geschlossenen Augen bewirken.

In zwei weiteren Studien sollte festgestellt worden sein, dass Schmerzsymptome oder Bewegungseinschränkungen bei Patienten mit Arthritis oder Wirbelsäulenerkrankungen durch die Anwendung von Magnetfeld-Therapiegeräten vermindert werden können. Dabei sollen Daten von 50.000 Arthritispatienten (Markoll, USA, Deutschland) und von 100 Patienten mit Rückenproblemen (Walzl & Thuile, Österreich) erhoben worden sein.

Bei Patienten mit Inkontinenz wurde von Davey et al. (USA) über eine Verbesserung des Zustands nach einer sechswöchigen Behandlung mit einem 3636 Hz Magnetfeld (gepulst mit 5 Hz und anschließend 50 Hz) im Bereich der Schliessmuskulatur berichtet. Die statistisch signifikanten Aussagen beruhen auf subjektiven Berichten (Tagebuch) von 66 Patientinnen.

Nach chirurgischen Eingriffen zur Linderung schwerer Rückenschmerzen („Spinale Fusion“, d.h. Verbinden bestimmter Wirbel miteinander oder mit dem Kreuzbein) wurde nach neun Monaten eine deutlich verbesserte Verbindung der Knochen bei einer Magnetfeld-behandelten Gruppe von Patienten beobachtet (30 Min. Behandlung pro Tag; Ryaby et al., USA). In einer Blindstudie an 201 Patienten wurde eine komplette Verheilung an 64% der

mit dem Feld Behandelten im Gegensatz zu 43% bei den nicht behandelten Patienten festgestellt. Als Grund dafür wurde vom Vortragenden auf eine Beschleunigung der Knochenheilung durch das Feld hingewiesen.

Auch bei den *Posterpräsentationen* der Tagung fanden sich Beiträge zur Magnetfeldtherapie, Epilepsieforschung und zu allgemeinen klinischen Anwendungen:

Nicht medikamentös behandelbare Epilepsiepatienten wurden in der Diagnosephase vor einem chirurgischen Eingriff von Hofmann et al. (Deutschland) im Hinblick auf ihre Gehirnaktivität (EEG-Messungen) untersucht. Dabei wurden von aussen schwache Magnetfeldreize (ca. 60 μ T) mit komplexen zeitlichen Mustern gesetzt und dabei das Aufkommen der sogenannten „epileptiformen Aktivität“ (Gehirnaktivität im Vorfeld eines Anfalls) gemessen. Der Forschungsansatz ermöglicht die Auslösung dieser Gehirnaktivität zu Diagnosezwecken bzw. auch die Reduzierung der Aktivität zu therapeutischen Zwecken.

Von einem weiteren Fall verbesserter Heilung von Knochenbrüchen, diesmal besonders bei alten Menschen, durch eine Magnetfeldtherapie mit schwachen mit 2 Hz sinusförmig modulierten Feldern berichteten Yukawa et al. (Japan). Bei 12 untersuchten Patienten kam es in neun Fällen zu einer kompletten Heilung, von einer Kontrollgruppe (ohne Magnetfeldbehandlung) wurde allerdings nicht berichtet.

Schlafstörungen können nach Aussage von Pasche (Schweiz) mit einem Therapiegerät effektiv therapiert werden, das, mit sehr niedriger Energie betrieben (Batteriebetrieb), ein 27,12 MHz Signal aussendet (Modulation bei bestimmten Frequenzen zwischen 0,5 und 300 Hz). Die Behandlung von Angstzuständen wurde mit gleichen Mitteln in einer Pilotstudie getestet, die ebenfalls erste Erfolge angedeutet hat.

Als Ergänzung zu Strahlen- und Chemotherapie wurde von Quian & Huasheng (China) eine endoskopische Mikrowellen-

sonde (mit 70 - 80 W in 10 Sek.-Pulsen betrieben) erfolgreich zur Behandlung von Speiseröhrenkrebs bei 300 Patienten eingesetzt. Die Überlebensdauer wurde durch die Zusatzbehandlung verbessert.

Ebenfalls aus China (Quian & Yaping) wurde von einer weiteren Mikrowellen-Anwendungsmöglichkeit berichtet, die dort angeblich in den Kliniken bereits weit verbreitet ist: Als Zusatzbehandlung bei Hepatitis wurde von schnellen und guten Heilungserfolgen berichtet, indem eine Mikrowellen-sonde (bei 2,45 GHz betrieben) 10 Tage lang für 20 Minuten pro Tag von aussen auf die Leberregion der Patienten plaziert wurde. Hier fehlten wiederum Berichte über eine Kontrollgruppe ohne Mikrowellenbehandlung.

Mit Sicherheitsaspekten bei Magnetresonanzenaufnahmen zu diagnostischen Zwecken beschäftigten sich Feiner et al. (Deutschland). Es wurde ein relevanter Testparameter definiert, der Voraussagen zulässt, ab welcher Flussdichte es zu einer Reizung äusserer Nervenbahnen kommt. Diese Reizung kann während der Untersuchung durch die im Patienten induzierten elektrischen Felder auftreten. Der Schwellenwert gilt als „Vorbote“ auf die Grenze einer schädigenden Belastung des Herzens.

Schliesslich wurde von Goldman (USA) eine vorläufige Studie über eine Elektropherotherapie vorgestellt, mit der Durchblutungsstörungen in Gliedmassen von Arteriosklerose-Patienten erfolgreich behandelt werden könnten. Die als „Galvanische Stimulation mit gepulster Hochspannung“ bezeichnete Methode soll die Zirkulation des Blutes im Gewebe verbessern und dadurch ein Fortschreiten der Erkrankung mit der Gefahr einer späteren Amputation unterdrücken.

Es muss noch einmal betont werden, dass einige Vorträge bzw. einige der im Teil der Posterpräsentationen vorgestellten Studien über *Therapiemethoden* überwiegend vorläufigen Charakter hatten.

Dr. Frank Gollnick, Physiologisches Institut der Friedrich-Wilhelm Universität Bonn