Untersuchungen über akute Effekte von pulsierenden Magnetfeldern auf die Erholung von physischer Belastung an Thermen-Gästen – Eine Pilotstudie

G. Fischer [1], T. Leitner [2], S. Porta [2,3]

Einleitung

In der humanmedizinischen Fachliteratur über Magnetfeldtherapie wurden bislang meist Studien an Patienten mit klar umschriebenen Krankheitsbildern publiziert. Metaanalysen (1, 2) fundierter Untersuchungen ergaben, dass Schmerzminderung bei degenerativen Gelenkserkrankungen und Förderung der unkomplizierten Frakturheilung als gesichert angesehen werden können. Weiters kann der analgetische Effekt am Bewegungs- und Stützapparat eine Steigerung der Motilität und des Allgemeinbefindens nach sich ziehen (3). Aber auch bei gravierendem neuropathologischem Geschehen war ein solcher feststellbar (4). Darüber hinaus existieren therapeutische Arbeiten mit pulsierenden Magnetfeldern bezogen auf viele andere Erkrankungen, wobei in der Mehrzahl der Fälle Erfolge zugunsten der Verumprozedur verzeichnet werden konnten; dabei handelt es sich allerdings vielfach um nicht replizierte, des öfteren auch mit versuchstechnischen und/oder statistischen Mängeln versehene Untersuchungen. Zweck der vorliegenden, doppelblind durchgeführten Studie war es, eventuelle Unterschiede in Dauer und Art der Erholung nach kurzzeitiger Belastung bei Schein- bzw. Verummagnetfeldexposition festzustellen. Als Probanden rekrutierte man auf freiwilliger Basis „gesunde" Tagesgäste (keine Rehab-Patienten) der Park-Therme Bad Radkersburg mit einem Alter zwischen 39 - 83 Jahren, die Randomisierung der Zuordnung zur Verum- bzw. Placebobehandlung erfolgte alternierend gemäß der Reihenfolge des Eintreffens der Interessenten beim Untersuchungsteam nach Lautsprecherdurchsage. Der Stresszustand sollte anhand von 12 Elektrolyt- und Blutgasparametern bewertet werden (Clinical Stress Assessment Methode). In der Literatur finden sich keine vergleichbaren Publikationen mit der hier gewählten Fragestellung über Einflüsse magnetischer Wechselfelder auf das Verhalten von Stressparametern an „gesunden" Personen, dies in zweifacher Hinsicht: Seit etwa 40 Jahren bestehen keine klaren Aussagen über magnetfeldbedingte Stressauslösung bei Netzfrequenz (50/60 Hz) am Menschen; zum zweiten ist festzuhalten, dass zwar Berichte über Auswirkungen solcher Felder auf die klassischen Stresshormone (Katecholamine, Glucocorticoide) bei anderer Zielsetzung der Untersuchungen existieren, jedoch keine mit der hier verwendeten Parameterkombination (5, 6). Wegen der Kurzzeitexposition eines Durchschnittskollektivs in speziell gepulsten Magnetfeldern handelt es sich vorliegend um eine Pilotstudie. Noch immer stehen viele Wirkungsmechanismen als Erklärungsmodell bei Magnetfeldexposition zur aktuellen Diskussion; nachgewiesenermaßen spielen dabei induzierte Wirbelströme, der Hall- und der magnetohydrodynamische Effekt eine wesentliche Rolle. Auf zellulärem Niveau gesehen stellt die Zellmembran mit ihren Ionenkanälen (gap-junctions) den Hauptangriffspunkt des angelegten pulsierenden Magnetfeldes dar; weiters werden Veränderungen im extra-/intrazellulären Milieu und die Aktivierung von Botenstoffen in Betracht gezogen. Den im Folgenden beschriebenen Messungen im doppelten Blindversuch wurden zwei Prämissen zu Grunde gelegt:

1. Eine einzige Exposition auf einem matratzenartigen Applikator kann den Allgemeinzustand gesunder Durchschnittspersonen in entspannter Lage nicht verbessern.
2. Daher wurden auf freiwilliger Basis Gäste einer Kurtherme vor der Magnetmattenexposition körperlich belastet, um eventuelle Unterschiede in der Dauer und Art der sowohl unter Placebo - als auch unter Verumbedingungen stattfindenden Erholung feststellen zu können.

Dazu wurden alle Probanden zum ersten Mal 3 Minuten nach Absolvierung einer kurzen sportlichen Belastungssituation und zum zweiten

Mal nach Erholung im Liegen auf aktiver oder inaktiver Matte hinsichtlich physiologischer Stressparameter evaluiert.

Material und Methoden

1. Testmethode

CSA Test (Clinical Stress Assessment)

Bei dem angewandten Messverfahren handelt es sich um den CSA-Test (Clinical Stress Assessment). Dieser hat das Ziel, aufgrund spezifischer metabolischer Veränderungen im Energiehaushalt, die sämtlich als Katecholamineffekte definiert werden können (also Änderungen im Säure-Basen- und im Elektrolythaushalt sowie im Kohlenhydratstoffwechsel) nach einer kurzen Belastung auf den augenblicklichen wie auch auf den vorangegangenen Belastungszustand zu schließen. Die Interpretation des CSA-Tests basiert auf der Tatsache, dass die Ausschüttung und Wirkung der Katecholamine keinem negativen Feedbacksystem unterliegt, sondern ein additives Verhalten aufweist. Die Reaktion auf eine „Stress-Situation" (Belastung) zeigt daher nicht nur die augenblickliche, sondern auch die Intensität einer eventuell vorangegangenen Belastung an, da sich solche Belastungen addieren. Dies bedeutet, dass Menschen, die bereits vorbelastet sind, anders auf eine weitere Anstrengung reagieren als unbelastete Menschen, da der vorangegangene Stresszustand die erneute Stress-Situation beeinflusst. Für Erholungssituationen wie hier gilt selbstverständlich Umgekehrtes. Die Provozierbarkeit eines Organismus ist ein Maß für seine Empfindlichkeit. Liegt bereits bei geringer Belastung hohe Empfindlichkeit vor, so ist also bei stärkerem Stress mit einer Überlastung zu rechnen (7, 8). Wichtig für die Quantifizierung der Empfindlichkeit ist weniger die Stresshormonkonzentration im Blut als die Reaktion von verschiedenen Organsystemen auf die Provokation. Die Messung der Blutgaskonzentration vor und nach einer Standardprovokation bezieht in die Beurteilung sowohl die Reaktion von Herz, Lunge wie auch der Muskeln ein. Mit dem hier eingesetzten Test evaluiert man die Katecholamineffekte auf den Stoffwechsel, da Katecholamine bekanntlich großen Einfluss auf den Kohlenhydrat- sowie auch auf den Elektrolytstoffwechsel, die Atem- und Pulsfrequenz etc. haben, die Messung der Hormone selbst jedoch sehr zeitaufwändig und kostspielig ist (8). Diese Effekte bilden also ein bestimmtes katecholamininduziertes Muster, aus dem man die Belastung bzw. die Belastbarkeit sowie vorangegangene Anstrengung des Einzelnen bzw. der Gruppe ersehen kann. Auch ist es möglich durch Bestimmung der Katecholamineffekte in gewisser Weise zwischen psychischem und physischem Stress zu unterscheiden. Der Einfluss der Katecholamine auf den Stoffwechsel lässt somit einige Aussagen über die Aktivität, den Zustand und die Belastbarkeit zu. Es handelt sich bei dieser Methode um einen Provokationstest im endokrinologischen Sinn, vergleichbar mit klinischen Provokationen von Katecholaminen, Glucocorticoiden oder Wachstumshormon, d.h. der Körper soll über eine ihm auferlegte Anstrengung (Stresssituation) sozusagen „aus der Reserve gelockt werden", um auf diese Art und Weise Aussagen über den körperlichen Zustand des jeweiligen Probanden treffen zu können. Mit Hilfe dieses Tests kann man somit alltägliche oder außergewöhnliche psychische und/oder physische Belastungen erkennen, aber natürlich auch, wie hier, NACH stattgefundener Belastung die ERHOLUNG quantitativ messen (8).

2. Messgeräte

Zur Bestimmung der Blutgas- und Blutelektrolytwerte wurden Geräte der Firma NOVA verwendet, wie sie routinemässig in Intensivstationen zum Einsatz kommen (NOVA CCX).

3. Versuchsablauf

Bei 37 freiwilligen, älteren Probanden (39–83 a) entnahm man nach einer geringen körperlichen Anstrengung (20 langsame Kniebeugen in individueller Ausführung) aus der Fingerbeere 200 µl Kapillarblut, aus dem folgende Parameter bestimmt wurden: Blutgase (pH, HCO_3, pO_2, O2-Sat, BE, pCO_2), Blutelektrolyte (Natrium, Calcium (ionisiert), Magnesium (ionisiert), Kalium) sowie Blutglukose und Laktat. Unmittelbar danach wurden die Testpersonen mit dem QRS-System behandelt. Dieses besteht aus einem mittels Chipkarten zu aktivierenden Steuergerät, das in den Ganzkörperspulenmatten (ca. 180 x 80 x 2 cm) patentierte, nach einer e-Funktion ansteigende Rechteckimpulse mit dazwischenliegenden Pausen erzeugt. Die Probandenzuordnung erfolgte randomisiert je nach

Geräteverfügbarkeit zum Placebosystem QRS 101 (11 männliche und 8 weibliche Probanden) bzw. zum Verumgerät QRS 301 (7 männliche und 11 weibliche Probanden). Als Versuchsdauer waren jeweils 30 Minuten vorgesehen, wobei für das Verumsystem das Programm Basis/Vital/Relaxation der Stufe 2 (mittlere Flussdichte 2 cm über dem Applikator 3,4 µT) nur in den ersten 16 Minuten appliziert wurde; während weiterer 14 Minuten erholten sich die Probanden ohne Feld im Liegen. Die Matten lagen auf parallel ausgerichteten Klappliegen in einem Abstand von etwa 80 cm. Nach Ende der Behandlungsphase wurde den Probanden erneut Kapillarblut entnommen, woraus man dieselben Parameter wie zuvor bestimmte. Die erhaltenen Werte wurden in eine Access-Datenbank eingegeben und über eine MS Excel-Maske automatisch die Durchschnitts- und SEM-Werte der Gruppe zur kurzen Information der Probanden bestimmt.

4. Auswertung

Nach Test aller Daten beider Gruppen auf Normalverteilung mit Kolmogorov-Smirnov-Tests und anschließender Lilliefors-Korrektur berechnete man die Überschreitungswahrscheinlichkeit der Unterschiede der normalverteilten Parameter mit t-Tests für unabhängige bzw. abhängige Stichproben, die p-Werte der nicht normalverteilten mit dem Mann-Whitney-U-Test bzw. dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen. Lineare Korrelationen zwischen Messparametern wurden überall dort herangezogen, wo es zu besserem Verständnis nötig war.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: Ergebnisse der Signifikanztests aller erhobenen Parameter.

Abb. 1, 2, 3: Graphische Darstellung der Mittelwerte relevanter Parameter. In den Abbildungen stellen die ersten zwei Säulen die Verhältnisse nach der Anfangsbelastung dar, die beiden rechten jene nach der Erholung auf der Matte.

Verhalten der Placebo-Gruppe

Die Ausgangsbasis bei beiden Gruppen (nach Belastung) war charakterisiert durch erhöhtes Laktat, erniedrigtes pCO_2, normalem pH, erniedrigtes HCO_3, erhöhtes pO_2, leicht erhöhte Sauerstoffsättigung, normales Calcium, Magnesium, etwas erhöhtes Natrium und in jedem Fall leicht erniedrigtes Base Excess. Besonders der normale pH und das erniedrigte HCO_3 unter den beschriebenen Bedingungen deuten auf Überkompensation nach Belastung hin. Eine solche Reaktion findet meist bei psychischer oder bei mäßiger physischer Belastung statt. Die Probanden waren also nicht über Gebühr gefordert. Zwischen den Resultaten aus den ersten Messungen von Placebo und Verum waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen, was die Vergleichbarkeit wesentlich erleichtert (siehe Tabelle 1). Zum besseren Verständnis der Ergebnisse wird die Veränderung der Werte im Zuge der Erholung nach Belastung in der Placebogruppe angeführt: Die nach der Anstrengung erhöhten Laktatwerte werden reduziert, was sich in den Puffersystemen (BE, pCO_2, HCO_3) nicht signifikant niederschlägt. Wohl aber steigt der Blut pH-Wert höchstsignifikant an, wohingegen der Sauerstoffpartialdruck pO_2 höchstsignifikant abnimmt. Ionisiertes Magnesium und Calcium sinken im Serum ab. Hierbei muss aber beachtet werden, dass es sich um Mittelwerte handelt. Da nun einige Gruppen nicht normal verteilt sind, wurde zusätzlich das Median-Verhalten betrachtet. Im Unterschied zu den Mittelwerten zeigt sich dabei ein leichtes Absinken von pCO_2. Als auffälliger Unterschied gegenüber den Mittelwerten ergibt sich bei den Medianen ein Anstieg von BE.

Verhalten der Verum-Gruppe

Die Verminderung von Laktat als Folge der Erholung ist sowohl bei Verum wie auch bei Placebo signifikant (p = 0,13% bzw. 0,0004%). In der Folge sind die Absolutwerte von BE am Versuchsende zwar nicht signifikant unterschiedlich, wohl aber die BE-Werte bei Verum und auch bei Placebo (siehe Signifikanztabelle). Die Zunahme des Blut-pH ist ebenfalls in beiden Fällen höchstsignifikant. In keinem Fall verzeichnete man jedoch signifikante Veränderungen des Partialdrucks von Kohlendioxid (pCO_2), jedoch beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit des Bicarbonat-Pufferanstiegs bei Verum nur wenig über 5%, bei Placebo liegt sie weit darüber. Der Anstieg des Blut-pH und die geringe Reaktion von pCO_2 können auf einen Abfall von freien Fettsäuren in der Erholungsphase hinweisen, der dann bei der Verumgruppe (HCO_3-

Tab. 1: Ergebnisse der Signifikanztests aller erhobenen Parameter.

Magnetfeldmatten-Untersuchungen – Verteilungen und Signifikanzen

	Placebo A	Placebo E	Verum A	Verum E	Plac E: Ver E "Ende"	Verum A : Ver E Verumverlauf	Plac A : Plac E Placeboverlauf	Plac A:VerA "Anfang"
pH	n	n	n	nn	ns	+++ 0,003% ↑	+++ 0,022% ↑	ns
pCO2	n	n	n	n	ns	ns	ns	ns
BE	n	n	n	n	ns	++ 0,74% ↑	+ 1,3% ↑	ns
HCO3	n	n	n	n	ns	t 5,30% ↑	ns	ns
pO2	n	n	n	n	ns	+++ 0,052% ↓	+++ 0,099% ↓	ns
O2-Sat.	n	n	n	nn	ns	+ 3,1% ↓	t 5,5% ↓	ns
Na	n	nn	nn	n	t 8,6% ↑	++ 0,38% ↓	+ 4,4% ↓	ns
Ca	n	n	n	n	ns	ns	++ 0,44% ↓	ns
Mg	n	nn	n	n	ns	t 5,2% ↓	+++ 0,0008% ↓	ns
Laktat	n	n	n	n	ns	++ 0,13% ↓	+++0,00039% ↓	ns
BZ	nn	nn	nn	nn	ns	ns	ns	ns
K	n	n	n	n	ns	++ 0,52% ↓	+++ 0,046% ↓	ns
					↑ Verum höher	↑ Erhöhung gegenüber A ↓ Absinken gegenüber A	↑ Erhöhung gegenüber A ↓ Absinken gegenüber A	

Legende:
A....Anfang (vor Erholung)
E....Ende (nach Erholung)
Verlauf....Quantität der Differenz zwischen Anfang und Ende (△).
n...normalverteilt
nn....nicht normalverteilt
ns: p > 10%; t: p < 10%; +: p < 5%; ++: p < 1%; +++: p < 0,1%

Abb. 1: Ca-Mittelwerte der Versuchsgruppen am Anfang und Ende

Mittelwerte +/- SEM

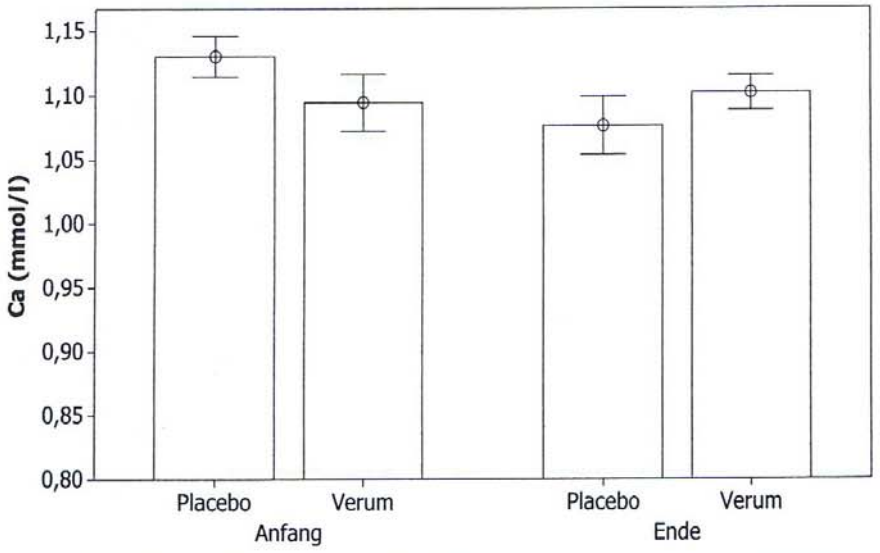

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Mittelwerte relevanter Parameter.

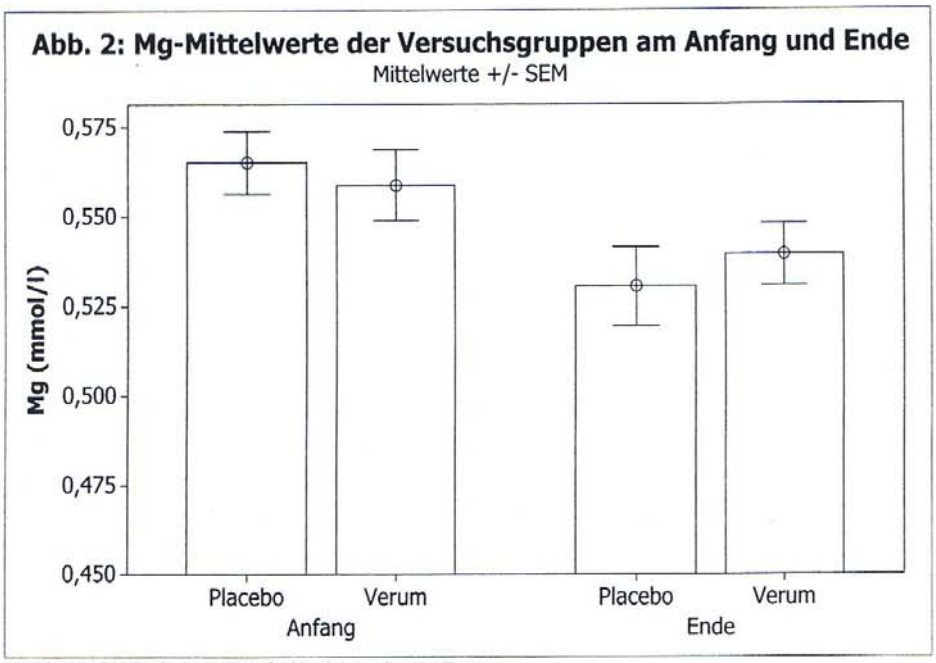

Abbildung 2: Graphische Darstellung der Mittelwerte relevanter Parameter.

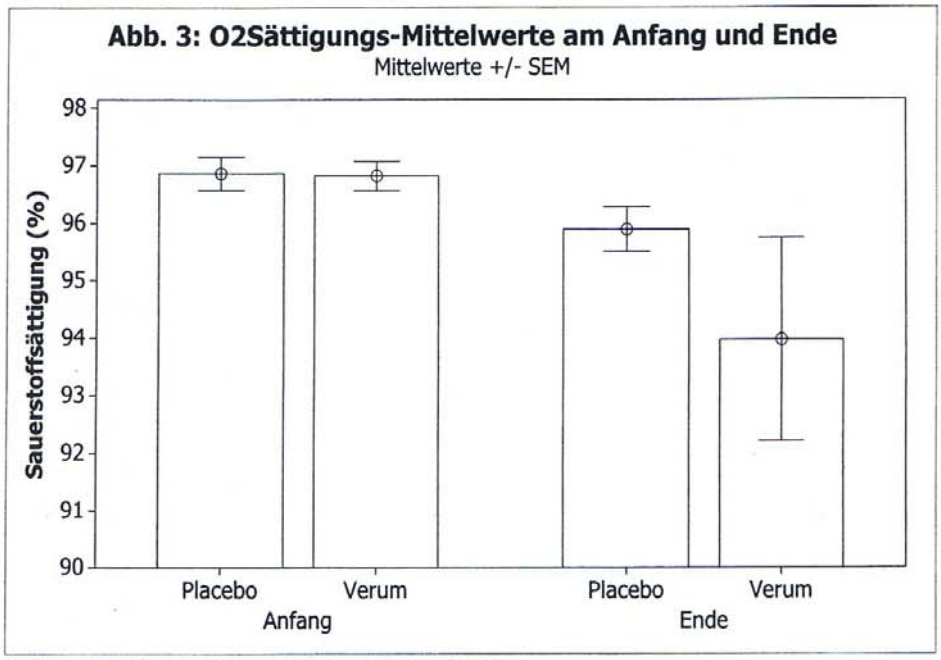

Abbildung 3: Graphische Darstellung der Mittelwerte relevanter Parameter.

Anstieg) deutlicher ausfällt als bei Placebo. Das erholungsbedingte Absinken des Sauerstoffpartialdrucks ist in beiden Fällen höchstsignifikant, der dabei ebenfalls erfolgende Abfall der Sauerstoffsättigung war jedoch ausschließlich in der Verumgruppe statistisch abzusichern (Abb. 3).

Die Reaktion des Sauerstoffs im Blut auf Erholung erweist sich also eindeutiger als jene des CO_2; wahrscheinlich begrenzt die auch weiter unten beim Ca-Verhalten festgestellte, persistierende Katecholaminwirkung einen weiteren pCO_2-Anstieg. Bei den Elektrolyten imponiert ein signifikanter Abfall von Na in beiden Fällen, dieser Effekt zeigt sich statistisch in der Verumgruppe deutlicher ausgeprägt. Der Grund dafür ist unbekannt. Die hochsignifikante Abnahme von Ca in der Placebogruppe kann sehr wahrscheinlich auf anhaltende, katecholaminbedingte Ca-Einschleusung ins Gewebe zurückgeführt werden (Abb. 1). Es fällt auf, dass diese Reaktion in der Verumgruppe nicht mehr stattfindet. Ebenso ist das - sicher noch immer stressbedingte - Absinken von Magnesium bei Verum nicht signifikant, bei Placebo aber höchstsignifikant (Abb. 2). Die Tatsache, dass nach Erholung die Laktatwerte in beiden Gruppen signifikant und linear mit HCO_3 und pCO_2 korrelieren, deutet ebenfalls auf noch bestehenden Sympathikuseinfluss hin. Durch die kurze Anstrengung kann keine signifikante Menge von Magnesium nach der ATP-ADP-Reaktion im Muskel ins Blut zurückströmen, die belastungsbedingte Mg-Clearance hat in der Bilanz Vorrang. Es zeigt sich zusammenfassend, dass in beiden Fällen (Placebo und Verum) eine deutliche Erholung nachzuweisen ist, wobei aber in beiden Fällen noch ein messbarer Sympathikuseinfluss nach der Belastung persistiert. Allerdings lässt der - zum Unterschied zu Placebo - fehlende Ca- und Mg-Abfall, sowie die bei Verum signifikante Normalisierung der Sauerstoffsättigung auf eine raschere Erholung bei der mit dem QRS-System behandelten Gruppe schließen.

[1] Institut für Hygiene, Medizin-Universität Graz, Austria

[2] Institut für Angewandte Stressforschung, Bad Radkersburg, Austria, stresscenter@netway.at

[3] Institut für Pathophysiologie, Medizin-Universität Graz, Austria

Anschrift des Verfassers

Univ.-Prof. Dr. Gerald Fischer
Hygiene-Institut der Universität Graz
8010 Graz, Universitätsplatz 4/3

Literaturverzeichnis

1. Quittan M, Schuhfried O, Wiesinger G-F, Fialka-Moser V. Klinische Wirksamkeiten der Magnetfeldtherapie - eine Literaturübersicht. Acta Medica Austriaca 2000; 27 (3): 61–68.
2. Ammer K. Magnetfeldtherapie – eine kritische Literaturübersicht. Öst. Z. Phys. Med. 1993; 3 (2): 61–68.
3. Fischer G, Pelka R-B, Barovic J. Adjuvante Behandlung der Gonarthrose mit schwachen pulsierenden Magnetfeldern. Z. f. Orthop. 2005 (angenommen zur Publikation).
4. Schaberl B. Wirkung von niederfrequent pulsierenden Magnetfeldern auf die schlaganfallbedingte Hemiparese. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades einer Magistra an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl Franzens-Universität Graz, 2004.
5. Porta S, Leitner T, Heidinger D, Lang T, Weiss U, Smolle K-H, Hasiba K. Magnesium während der Alpinausbildung bringt um 30% bessere Energieverwertung. Magnesium-Bulletin 1997; 19 (2): 59–61.
6. Heidinger R D, Smolle K-H, Bacher H, Porta J, Porta S. Simultaneous Blood Gas Measurement improves Interpretability of Concentrations and Dynamics of ionized Serum Magnesium. Vortrag 20. Magnesiumsymposium der Gesellschaft für Magnesiumforschung e.V., 25. - 26. September 1998, Klinikum Fulda.
7. Emsenhuber W, Porta S, Petek W, Pürstner P, Vogel W, Felsner P, Schwaberger G, Slawitsch P. Retrospective Stress Measurement by Standardized Post-Stress Provocation. In: Kvetnansky R, McCarty R, Axelrod J: Stress: Neuroendocrine and Molecular Approaches. Gordon and Breach Science Publishers S.A., New York, USA, 1992.
8. Porta S, Emsenhuber W, Petek W, Pürstner P, Vogel W, Schwaberger G, Slawitsch G, Korsatko W. Detection and Evaluation of Persisting Stress Induces Hormonal Disturbances by a Post Stress Provocation Test in Humans. Life Sciences 1993; 53: 1583-1589.