

Prospektive Untersuchung zur Wirksamkeit der MBST[®]-KernspinResonanzTherapie bei der Behandlung der Gonarthrose

Einleitung:

Die hohe Inzidenz und Prävalenz der Gonarthrose in der Bevölkerung fordert den Behandler heraus, suffiziente Therapien zu erarbeiten (Günther et al. 1998, Sun et al. 1997). Ziele dieser sind die Schmerzreduktion, Verbesserung der funktionellen Gelenkmechanik sowie eine Verzögerung des Fortschreitens des Arthroseprozesses. Neben den strukturmodifizierenden operativen (Grifka 1993, Rudert et al. 1998) und zum Teil medikamentösen Behandlungsmethoden (Frizziero et al. 1998, Listrat et al. 1997, Reginster et al. 2001) werden ergänzend wirkende Therapieansätze mit Interesse verfolgt. Elektromagnetische Felder sind in der Lage, in Kulturen (Liu et al. 1996) und im Tierversuch (Lipiello et al. 1990) das Knorpelwachstum zu fördern. Die Überprüfung des klinischen Effektes ist deshalb von Interesse (Iw 2002, Gierse 2003, Kladny 2001, Rothschild 1996).

Fragestellung:

Wir stellten uns die Frage: Wie wirksam ist die MBST[®]-KernspinResonanzTherapie bei der Behandlung von arthrosebedingten Beschwerden des Kniegelenkes?

Material und Methode

Die medizinische Anwendung starker elektromagnetischer Felder ist uns aus ihrer diagnostischen Nutzung als hochauflösendes bildgebendes Verfahren (MRT= Magnetresonanztomographie, NMR= Nuclear Magnetic Resonance) bekannt. Ein therapeutischer Ansatz stellt die Anpassung der elektromagnetischen Felder und Frequenzen aus der Kernspintomografie auf Prozesse in Geweben dar. Beobachtungen aus der Radiologie zeigen, dass Patienten bei längeren kernspintomografischen Untersuchungen, nach abgeschlossener Diagnostik, über unerklärliche Verbesserungen ihrer arthrotischen Beschwerden berichteten, was auf Grund dieser Erkenntnisse zur Entwicklung dieser neuartigen Behandlungsgeräte und somit zum therapeutischen Einsatz des Verfahrens führte. Das verwendete Behandlungsgerät der Firma MedTec Medizintechnik GmbH in D-35578 Wetzlar arbeitet nach dem neuartigen MBS-Therapieprinzip, das mit Kernspinresonanz die Protonen der Wasserstoffatome (Flüssigkeitsgehalt im lebenden Körper) gezielt nutzt und in Resonanz, Energie in das zu behandelnde Körperteil überträgt. Im Gegensatz zu der herkömmlichen Technik der pulsierenden elektromagnetischen Felder (PEMF) werden bei der MBST[®]-KernspinResonanzTherapie über 12 getrennt angesteuerte und unabhängige Spulensysteme, die teilweise orthogonal, also um 90 Grad versetzt sind, drei dreidimensionale Behandlungsfelder erzeugt, die in der Summe einen homogenen (gleichmäßigen) Behandlungsraum erzeugen. Über die MBST[®]-Behandlungssoftware mit fein abgestuften Therapieparametern, die mittels einer Computerchipkarte vor Behandlungsbeginn in die Geräte eingelesen werden, ist eine präzise Dosierung der MBS-Therapie auf den Patienten abgestimmt und in die unterschiedlichsten Bereiche des Körpers möglich. Im Bereich des Kniegelenkes wird so ein definiertes Kernspinresonanzfeld erzielt. Durch die Bedienerfreundlichkeit der Therapiegeräte mittels jederzeit optimierbarer Gerätebetriebssoftware auf den Computerchipkarten, die das Updaten der Behandlungsgeräte erübrigt, ist die Behandlung frei von Einstellungsfehlern und sehr einfach in der Durchführung.

Wirkprinzip

Der Wirkmechanismus der MBST[®]-KernspinResonanzTherapie basiert auf der Regulierung elektrischer Ladungen entsprechend dem Potentialgefälle der Zelle (Kern und Membran) durch Anlage eines statischen Permanentmagnetfeldes und eines dynamischen Feldes sowie durch Einkopplung der Radiofrequenzen mit einmodulierten Behandlungssequenzen.

Durch das spezielle Permanentmagnetfeld richten die Protonen der Wasserstoffatome (Wasserstoffkern) ihre Polung (Spinachse) im magnetischen Feld im Verlauf der Feldlinien aus. Definierte Frequenzänderungen des elektromagnetischen Feldes durch eingekoppelte Radiofrequenzen mit einmodulierten Behandlungssequenzen beeinflussen das Energieniveau der Wasserstoffkerne. Die erzielte Kernspinresonanz der Wasserstoffprotonen führt diesen Energie zu, die bei Wechsel der Feldrichtung in das umgebende Gewebe, hocheffektiv und in Resonanz abgegeben wird. Die entstehende Ionendynamik wird zu therapeutischen Zwecken genutzt. Es besteht die Annahme, dass durch diese Impulse reparative Vorgänge induziert werden. Eine Anregung der Syntheseleistung der Chondrozyten durch den Kernspinresonanzeffekt und in vitro eine Reduktion der Proteoglykandegradation sind bereits durch Studien (Liu et al.1996) belegt.

60 Patienten mit arthroskopisch (33 Patienten) (Outerbridge 1989) und röntgenologisch (27 Patienten) (Kellgren et al.1957) diagnostizierten Knorpelschäden des Kniegelenkes wurden mit der MBST[®]-KernspinResonanzTherapie im Zeitraum von Februar bis November 2002 im Waldkrankenhaus Bad Dübren behandelt. Die Therapieserie umfasste 5 einstündige Behandlungen an aufeinanderfolgenden Tagen. Das Kniegelenk wurde dazu im Inneren der zur Therapie notwendigen hochkomplexen Luftspule mit statischem Permanentmagnetfeld zentriert und der Behandlungsablauf über körperregionspezifisch programmierte Computerbehandlungschipkarten gesteuert. Kontraindikationen dieser Methode wie Tumore, Infektionen, Schwangerschaft, Herzschrittmacher, Defibrillatoren wurden in einer vorgeschalteten Untersuchung der Patienten ausgeschlossen.

Die Wirksamkeit der Therapie wurde über 6 Monate prospektiv mittels LEQUESNE-Index (Lequesne 1987), visueller Analogskala für den Ruhe- und für den Belastungsschmerz (VAS)(Huskisson 1974, Flandry et al.1991), LYSHOLM-Score (Lysholm 1982, Bengtsson et al.1996) sowie Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (Bellamy et al.1988,1991,1995,1997, Stucki et al.1996) erfaßt. Damit waren Aussagen zur Beeinflussung des Gelenkschmerzes (VAS Ruhe- und Belastungsschmerz, WOMAC Teil A), der Gelenkfunktion (LEQUESNE-Index, LYSHOLM-Score, WOMAC Teil C) und der Gelenksteife (WOMAC Teil C) möglich.

Die Daten von 59 Patienten wurden vor und nach der MBS-Therapie sowie nach 8 Wochen und 6 Monaten erhoben und mit dem WILCOXON-Test (Trampisch et al.1997, Windeler et al. 1992) statistisch ausgewertet.

Ergebnisse:

Von den 60 mit dieser Methode behandelten Patienten mit arthrosbedingten Beschwerden des Kniegelenkes konnten die Daten von 59 Patienten bis 6 Monate prospektiv erfasst werden. Eine Patientin war unbekannt verzogen. Ein 75jähriger Patient mit einer röntgenologisch nachgewiesenen Pangonarthrose III.° unterzog sich vor Ablauf des sechsmonatigen Nachuntersuchungstermines einer Implantation einer Kniegelenkttotalendoprothese.

Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 48,57 Jahren (min. 13 Jahre, max. 75 Jahre). Wir behandelten 31 Frauen, 29 Männer, 36 mal das rechte und 24 mal das linke Kniegelenk. Das mittlere Körpergewicht lag bei 81,6 kg, daraus resultierte ein durchschnittliches Übergewicht von 14,5% über dem Normalgewicht nach Broca.

33 Patienten waren im Vorfeld in unserer Klinik an dem betreffenden Knie arthroskopiert worden. Dabei fanden sich entsprechend der Einteilung nach Outerbridge (1989) folgende Verteilung des Grades der Knorpelschädigung: 1 x I.°, 7 x II.°, 19 x III.° und 6 x IV.°. In der röntgenologischen Beurteilung des Grades der Gonarthrose entsprechend der Einteilung nach Kellgren und Lawrence (1957) sahen wir bei 27 Patienten die Verteilung, wie folgt: 7 x II.°, 12 x III.°, 8 x IV.°.

Alle Patienten schätzten die MBST[®]-KernspinResonanzTherapie als nebenwirkungsfrei, schmerzfrei und schonend ein. Keiner der Patienten brach die Behandlung vorzeitig ab.

Um eine Einflußnahme der Arthroskopie auf die Beurteilung der Ausgangswerte der Patienten auszuschließen, verglichen wir diese der arthroskopierten Patienten und der radiologisch diagnostizierten Patienten statistisch unter Verwendung des WILCOXON-

Testes. Dabei zeigten sich p-Werte zwischen 0,38 und 0,94, so dass statistisch signifikante Differenzen somit ausgeschlossen werden konnten und die Ausgangswerte als ausgeglichen und homogen betrachtet werden konnten.

Wie sehen nun die Ergebnisse der einzelnen Scores und Indices im zeitlichen Verlauf aus?

LEQUESNE-Index (0-24 Punkte/ beste Punktzahl 0):

Der mittlere Punktwert vor Therapiebeginn lag bei 10,74 (min.2, max.21), nach Abschluss der Therapie (5 Tage später) bei 9,79 (min.1, max.20), nach 8 Wochen bei 8,05 (min.0, max.19) und nach 6 Monaten bei 6,84 (min.0, max.20). Damit konnte eine prozentuale Verbesserung der Punktwerte dieses Index nach 5 Tagen um 8,84%, nach 8 Wochen um 25,04% und nach 6 Monaten um 36,31% erzielt werden.

VAS Belastungsschmerz (0-100mm Schmerzskala/ beste Punktzahl 0):

Vor Therapie war der mittlere Ausgangswert 54,79 (min.0, max.85), nach Therapie 50,56 (min.0, max.85), nach 8 Wochen 44,5 (min.0, max.85) und nach 6 Monaten 35,7 (min.0, max.90). Somit konnte eine Reduktion der Belastungsschmerzen nach der Therapie um 7,72%, nach 8 Wochen um 18,78% und nach 6 Monaten um 34,8% erreicht werden.

VAS Ruheschmerz (0-100mm Schmerzskala/ beste Punktzahl 0):

Der mittlere Ausgangswert lag bei 33,74 (min.0, max.85), nach Therapie bei 30,98 (min.0, max.85), nach 8 Wochen bei 26,55 (min.0, max.85) und nach 6 Monaten bei 20,48 (min.0, max.85). Dies bedeutet eine Abnahme der Ruheschmerzen um 8,18% nach 5 Tagen, um 21,31% nach 8 Wochen und um 39,30% nach 6 Monaten.

LYSHOLM-Score (0-100 Punkte/ beste Punktzahl 100):

Der mittlere Punktwert vor Therapiebeginn lag bei 49,86 (min.7, max.90), nach Therapie bei 52,89 (min.7, max.95), nach 8 Wochen bei 59,13 (min.7, max.100) und nach 6 Monaten bei 66,21 (min.7, max.100). Dadurch konnte eine Zunahme der Werte um 6,07% nach Abschluss der Behandlung, um 18,59% nach 8 Wochen und um 32,79% nach 6 Monaten nachgewiesen werden.

WOMAC Teil A (Schmerzen: 0-20 Punkte/ beste Punktzahl 0):

Der Ausgangswert wurde mit 7,62 (min.2, max.15) erhoben, nach Therapie 6,51 (min.0, max.16), nach 8 Wochen 5,55 (min.0, max.16) und nach 6 Monaten 4,52 (min.0, max.15). Die prozentuale Verbesserung der Punktwerte waren 14,56% nach Therapieabschluss, 27,16% nach 8 Wochen und 40,68% nach 6 Monaten.

WOMAC Teil B (Gelenksteifheit: 0-8 Punkte/ beste Punktzahl 0):

Vor Therapie lag der Ausgangswert im Mittel bei 2,93 Punkten (min.0, max.8), nach Therapieabschluss bei 2,5 Punkten (min.0, max.8), nach 8 Wochen bei 2,34 Punkten (min.0, max.8) und nach 6 Monaten bei 1,74 Punkten (min.0, max.8). Die Punktzahlreduktion betrug somit im zeitlichen Ablauf: nach 5 Tagen 14,67%, nach 8 Wochen 20,13%, nach 6 Monaten 40,61%.

WOMAC Teil C (Gelenkfunktion: 0-68 Punkte/ beste Punktzahl 0):

Der mittlere Punktwert vor Therapiebeginn lag bei 26,32 (min.0, max.59), nach Therapie bei 23,01 (min.0, max.57), nach 8 Wochen bei 20,39 (min.0, max.52) und nach 6 Monaten bei 16,36 (min.0, max.62). Das bedeutete eine prozentuale Verminderung der Punktwerte um 12,5% nach Therapieabschluss, um 22,53% nach 8 Wochen, um 37,84% nach 6 Monaten.

In der folgenden Tabelle sind die p-Werte der statistischen Untersuchung für alle benutzten Scores und Indices bzw. Skalen aufgeführt. Dabei wurden jeweils die Verlaufswerte (nach Therapie, nach 8 Wochen und 6 Monaten) zu den Ausgangswerten vor Therapie statistisch unter Benutzung des WILCOXON-Testes untersucht. Ein konventionelles α -Fehler-Niveau von 5% (Irrtumswahrscheinlichkeit: $p \leq 0,05$) wurde als statistisch signifikant bewertet.

p-Werte (WILCOXON-Test)			
Untersuchungsmethode	nach Therapie	nach 8 Wochen	nach 6 Monaten
LEQUESNE-Index	0,001	0,001	0,001
LYSHOLM-Score	0,009	0,001	0,001
VAS Belastungsschmerz	0,006	0,001	0,001
VAS Ruheschmerz	0,015	0,001	0,001
WOMAC Teil A	0,001	0,001	0,001
WOMAC Teil B	0,006	0,002	0,001
WOMAC Teil C	0,01	0,004	0,001

Tabl.1: p-Werte (WILCOXON-Test)

Die Änderungen der Punktzahlen in den einzelnen Scores betrug zwischen 32% und 40 % im Verlauf von 6 Monaten nach der Therapie. Somit konnte für alle Bewertungskriterien eine statistisch signifikante Änderung der Punktwerte nachgewiesen werden. Bei Betrachtung jedes Scores bedeutet dies eine deutliche Verbesserung der Bewertung. Dabei gelang die Beeinflussung des Schmerzes (WOMAC Teil A: ↓40%, VAS Ruheschmerz: ↓39%, VAS Belastungsschmerz: ↓35%), der Gelenksteifheit (WOMAC Teil B: ↓40%) und der Gelenkfunktion (LEQUESNE-Index: ↓37%, LYSHOLM-Score: ↑33%, WOMAC Teil C: ↓ 38%) annähernd homogen und ausgewogen.

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse, bedingt durch die Bewertungsvorgaben der verwendeten Scores, lässt sich die nachweislich sehr hohe Wirksamkeit der untersuchten MBST®-KernspinResonanzTherapie bei Patienten mit fortgeschrittener Arthroseerkrankung am eindrucksvollsten feststellen, diese sind somit für eine objektive Bewertung der durchgeführten Untersuchung am besten geeignet. Bei der Bewertung früher Arthrostadien, ist es notwendig die Bewertungsfragestellungen der verwendeten Scorebögen anzupassen bzw. zu verändern.

Diskussion:

Im Cochrane Review 2002 mit Untersuchung von 102 Arbeiten zum Thema : „Elektromagnetische Felder bei der Behandlung der Osteoarthrose“ hielten nur 3 doppel-blind, placebokontrollierte Studien den Prüfkriterien stand (Hulme et al. 2002). In den Arbeiten von Trock 1993 und 1994 sowie Zizic 1995 konnten statistisch signifikante Verbesserungen klinischer Parameter der Gonaarthrose von 13 – 23 % herausgefunden werden. Das follow up lag bei 4-6 Wochen. Unser Ergebnisse 8 Wochen nach Therapie entsprechen somit den Werten aus der Literatur.

Wir verzeichneten jedoch im Zeitraum zwischen 8 Wochen nach Abschluss der Behandlung und den 6 Monatsergebnissen nochmals eine signifikante Verbesserung der Punktwerte in den einzelnen Scores von 11-20%. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass es sich bei der MBST®-KernspinResonanzTherapie um ein neues Behandlungsverfahren handelt, dessen Wirkmechanismus direkt von der Kernspintomografie abgeleitet ist und nicht mit der üblichen PEMF verglichen bzw. verwechselt werden darf.

Zu kritisieren ist das Fehlen einer Kontrollgruppe bei unseren Untersuchungen. Wir verstehen unsere Arbeit jedoch als prospektive Anwendungsbeobachtung. Placeboeffekte vermögen nicht über einen Zeitraum von 6 Monaten eine kontinuierliche Verbesserung der Bewertung zu erzielen.

Froböse führte (1999) eine wissenschaftliche Studie an Patientinnen mit klinisch nachgewiesener Gonarthrose (Stadium II und III nach Wirth) durch, die weltweit erstmalig in vivo mittels kernspintomografischer Vorlagen eine dreidimensionale Rekonstruktion und damit Quantifizierung der Knorpelstrukturen im Verlauf erlaubte. Untersucht wurde quantitativ (Knorpeldicke, Knorpelvolumen, Knorpeloberfläche) mittels MRT-Aufnahmen, die vor der Therapie und 10 Wochen nach der durchgeführten Therapie erstellt und dann quantifiziert wurden. Er führte die positiven Veränderungen der Knorpelstrukturen auf die Aktivierung intakter Knorpelzellen und die Anregung der Kollagensyntheseleistung zurück

und vermutete, dass der Prozess der Regeneration nach 10 Wochen noch nicht beendet ist, was unsere Sechsmonats-Untersuchungsergebnisse bestätigen.

Zur Verifizierung der positiven Effekte elektromagnetischer Felder auf die Syntheseleistung der Chondrozyten (Liu 1996) und der in vitro gefundenen Anregung der Zellproliferation (Pezzetti 1999, Indouraine 2001) und Stimulation regulatorischer Cytokine (Aaron 1999) bedarf es zum einen der Intensivierung der Forschung zur Qualität und Quantität hochkomplexer elektromagnetischer Felder (Kernspinresonanzfeld der MBST[®]) und zum anderen der Optimierung der Darstellung von Knorpelcharakteristika (Lösch 1997). Wir vermochten lediglich den guten Therapieeffekt nachzuweisen. Ob eine Strukturmodifizierung des degenerierten Knorpels ursächlich dafür zeichnet, bleibt für uns Vermutung.

Zusammenfassung:

Zusammenfassend sehen wir in der MBST[®]-KernspinResonanzTherapie ein sehr sinnvolles, ergänzendes Therapieverfahren, bei kurzen Therapiezeiten, zur signifikanten Beeinflussung von arthrosebedingten Beschwerden des Kniegelenkes. Die Schmerzreduktion, Verbesserung der Gelenkfunktion sowie Reduktion der Gelenksteifheit bei Gonarthrose konnte prospektiv für die Dauer von 6 Monaten nachgewiesen werden. Alternativ zu invasiven Verfahren (Operation, Injektion) besticht die Nebenwirkungsfreiheit, die einfache Durchführung und der signifikante Therapieerfolg, der sich, ohne weitere Nachbehandlung, bis zur letzten Datenaufnahme, sechs Monaten nach MBS-Therapieende, stetig verbessert. Inwieweit neben der symptommodifizierenden Wirkung eine Strukturmodifikation besteht, sollte durch weitere Studien belegt werden.

Literatur:

Aaron R K, Ciombor D M, Keeping H, Wang S, Capuano A, Polk C, (1999): Power frequenz fields promote cell differentiation coincident with an increase in transforming growth factor-beta (1) expression. Oct; 20(7):453-8

Ateshian, G. A. , L. J. Soslowsky, V. C. Mov: Quantitation of articular surface topography and cartilage thickness in knee joints using stereophotogrammetry. J. Biomechanics 24 (8) (1991) 761-776.

Bellamy, N., Buchanan, W. W., Goldsmith, C. H., Campbell, J. and Stitt, L. W. (1988): Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. J Rheumatol 15, 1833-1840.

Bellamy, N., Goldsmith, C. H., Buchanan, W. W., Campbell, J. and Duku, E. (1991): Prior score availability: Observations using the WOMAC osteoarthritis index. Br J Rheumatol 30, 150-151.

Bellamy, N. (1995): WOMAC Osteoarthritis Index. A user`s guide. University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.

Bellamy, N., Campbell, J., Stevens, J., Pilch, L., Stewart, C. and Mahmood, Z. (1997): Validation study of a computerized version of the Western Ontario and McMaster Universities VA3.0 Osteoarthritis Index. J Rheumatol 24, 2413-2415.

Bengtsson, J., Möllborg, J. and Werner, S. (1996): A study for testing the sesitivity and reliability of the Lysholm knee scoring scale. Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy 4, 27-31.

Eckstein, F., J. Westhoff, H. Sittek, K.-P.Maag, M. Haubner, S. Faber, K.-H. Engelmeier, M. Reiser: In vovo reproducibility of three-dimensional cartilage volume and thickness measurements with MR imaging. Am. J. Rad. 3 (1998) 593-597

- Flandry, F., Hunt, J. P., Terry, G. C. and Hughston, J. C. (1991):* Analysis of subjective knee complaints using visual analog scales. *Am J Sports Med* 19, 112-118.
- Frizziero, L., Govoni, E. and Bacchini, P. (1998):* Intra-articular hyaluronic acid in the treatment of osteoarthritis of the knee: Clinical and morphological study. *Clin Exp Rheumatol* 16, 441-449.
- Froböse I et al.,(1999):* Evaluation der Effektivität komplexer pulsierender elektromagnetischer Felder (PEMF) der MultiBioSignalTherapie auf die Regeneration von Knorpelstrukturen. *Orthopädische Praxis*, 8/2000, 36. Jahrgang, Seite 510-515
- Grifka, J. (1993):* Arthroskopische Therapie der Gonarthrose in Abhängigkeit vom Grad der Chondromalazie. *Arthroskopie* 6, 201-211.
- Günther, K. P., Stürmer, T., Sauerland, S., Zeissig, I., Sun, Y., Kessler, S., Scharf, H. P., Brenner, H. und Puhl, W. (1998):* Prevalence of generalised osteoarthritis in patients with advanced hip and knee osteoarthritis: The Ulm osteoarthritis study. *Ann Rheum Dis* 57, 717-723.
- Hulme J, Robinson V, DeBie R, Wells G, Judd M, Tugwell P (2002):* Electromagnetic fields for the treatment of osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;(1):CD003523
- Huskisson, E. C. (1974):* Measurement of pain. *Lancet* 9, 1127-1131.
- Indouraine A, Petersen J P, Pforringer W, (2001):* Effects of low-frequency pulsed electromagnetic fields on the proliferation of chondrocytes. *Sportverletz Sportschaden*, Mar;15(1):22-7.
- I w, (2002):* Was bringt die Behandlung mit elektromagnetischen Feldern?. *extracta orthopaedica* Heft 9/ 2002
- Kellgren, J. H. and Lawrence, J. S. (1957):* Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis* 16, 494-502.
- Kladny B, Beyer W F (2001):* Nichtmedikamentöse konservative Therapie der Arthrose. *Orthopäde*; 30: 848-855
- Krempen, J. F., R. A. Silver:* External electromagnetic fields in the treatment of non-union of bones. *Orthopaedic Rev.* 10 (1981) 33-39.
- Lequesne M G, Mery C, Samson M, Gerard P, (1987):* Indexes of severity for osteoarthritis of the hip and knee. Validation- Value in comparison with other assessment test. *Scand J Rheumatology Suppl* 65: 85-89
- Lippiello L., Chakkalakal D., Connolly J.F., (1990):* Pulsing Direct Current-Induced Repair of Articular Cartilage in Rabbit Osteochondral Defects. *Journal of Orthopaedic Research*, Vol.8, No.2,1990
- Listrat, V., Ayrat, X., Patarnello, F., Bonvarlet, J.-P., Simonnet, J., Amor, B. and Dougados, M. (1997):* Arthroscopic evaluation of potential structure modifying activity of hyaluronan (HYALGAN®) in osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis and Cartilage* 5, 153-160.
- Liu H, Abbott J, Bee J A (1996):* Pulsed electromagnetic fields influence hyaline cartilage extracellular matrix composition without affecting molecular structure. *Osteoarthritis Cartilage* 4: 63-76
- Lösch, A., Eckstein, F., Haubner M., Engelmeier, K.-H., (1997):* A non-invasive technique for articular cartilage thickness based on MRI. Part 1: Development of a computational method. *Magn. Res. Imag.* 15 (7) 795-804
- Lysholm, J. and Gillquist, J. (1982):* Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sport Med* 10, 150-154.

Nagai, M. Ota: Pulsating electromagnetic field stimulates mRNA expression of bone morphogenetic protein-2 and -4. *J. Dent. Res.* 73 (10) (1994) 1601-1605.

Pezetti F, De Mattei M, Caruso A, Cadossi R, Zucchini P, Carinci F, Traina G C, Sollazzo V, (1999): Effects of pulsed electromagnetic fields on human chondrocytes: an in vitro study. *Calcif Tissue Int. Nov;* 65 (5):396-401.

Outerbridge, R. E. (1989): The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 71, 554-559.

Reginster J Y, Deroisy R, Rovati L C, Lee R L, Lejeune E, Bruyere O, Giocovelli G, Henrotin Y, Dacre J E, Gossett C; (2001): Long-term effects of glucosamine sulphate on osteoarthritis progression: a randomised, placebo-controlled clinical trial. *Lancet*, Jan 27; 357 (9252): 251-6.

Rothschild B, (1996): Cartilage as a target organ in arthritis: New approaches. *Compre.Ther.* 22(11) 727-730.

Rudert, M. und Wirth, C. J. (1998): Knorpelregeneration und Knorpelersatz. *Der Orthopäde* 5, 309-321.

Sakai, A., K. Suzuki, T. Nakamura, T. Norimura, T. Tsuchiya: Effects of elektromagnetic fields on cultured cartilage cells. *Int. Orthop.* 15 (1991).

Stucki, G., Meier, D., Stucki, S., Michel, B. A., Tyndall, A. G., Dick, W. und Theiler, R. (1996): Evaluation einer deutschen Version des WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthroseindex. *Z Rheumatol* 55, 40-49.

Sun, Y., Stürmer, T., Günther, K. P. und Brenner, H. (1997): Inzidenz und Prävalenz der Cox- und Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung. *Z Orthop* 135, 184-192.

Trampisch, H. J., Windeler, J., Ehle, B. und Lange, St. (1997): Medizinische Statistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Träger J S, Weinhart H, Grünzinger W, Plötz W, Rechl H, Hipp E, (1995): Kernspintomographie des Kniegelenkes. *Sportorthopädie- Sporttraumatologie* 11.1, S 4-10

Valberg, P. A.: Electric and magnetic fields (EMF): What do we know about the health effects? *Int. Arch. Occup. Environ Health.* 68 (1996) 448-454

Windeler, J. und Trampisch, H. J. (1992): Methoden medizinischer Forschung. *Arthroskopie* 5, 146-156.

Zizic T M, Hoffman K C, Holt P A, Hungerford D S, O'Dell J R, Jacobs M A (1995): The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. *J Rheumatol* 22: 1757-1761

Bad Düben, den 12.11.2003

Autor : Dr. med. Babett Auerbach
Waldkrankenhaus Bad Düben
Fachkrankenhaus für Orthopädie
Gustav-Adolf-Strasse 15a

Co-Autor : Prof. Dr. med. Christian Melzer
Chefarzt und Ärztlicher Leiter
Waldkrankenhaus Bad Düben
Fachkrankenhaus für Orthopädie
Gustav-Adolf-Strasse 15a