

Robert Rosenberg
Dr. med.

Vergleichende Untersuchungen zur kernspintomographischen Abbildungsgenauigkeit der gesunden und arthrotischen Knorpelverhältnisse am Hüftgelenk – eine experimentelle Studie an Tier-, Leichen- und Probandenhüftgelenken

Geboren am 29.11.1970 in Oradea / Rumänien
Reifeprüfung am 11.06.1990 in Viernheim
Studiengang der Fachrichtung Medizin vom WS 1990 bis SS 1997
Physikum am 31.08.1992 an der Universität Heidelberg
Klinisches Studium in Heidelberg Fakultät Mannheim
Praktisches Jahr in Heidelberg Fakultät Mannheim
Staatsexamen am 13.05.1997 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Orthopädie
Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. M. Lukoschek

Der Gelenkknorpel als erstes morphologisches Substrat der Koxarthrose ist aus orthopädischer und radiologischer Sicht von besonderem diagnostischem Interesse. Mit der Magnetresonanztomographie steht ein nichtinvasives bildgebendes Verfahren für die Darstellung der Knorpelverhältnisse am Hüftgelenk zur Verfügung, doch war eine präzise Beurteilung von Hüftkopf- und Hüftpfannenknorpel bisher nur sehr beschränkt möglich. Eine magnetresonanztomographische Darstellung des Gelenkspalts mit Trennung des Hüftkopf- und Hüftpfannenknorpel erlaubt die Erkennung von kleinen bis mittelgroßen Knorpeldefekten und eine differenzierte Erkennung des Läsionsortes.

Ziel der Arbeit war die Prüfung der Abbildungsgenauigkeit des gesunden und arthrotisch veränderten Hüftgelenkknorpels im Magnetresonanztomogramm anhand verbesserter MRT-Sequenzen mit Trennung von Hüftkopf- und Hüftpfannenknorpel *in vitro* und *in vivo*.

Im experimentellen Teil der Studie wurden den MRT-Bildern von 3 Kadavertierhüften, 8 resezierten Patientenhüftköpfen und 18 Leichenhüftgelenken, an denen entweder artifizielle Knorpeldefekte gesetzt wurden oder die eine Koxarthrose Stadium I-III aufwiesen, die korrespondierenden makroskopischen Kryomikrotomschnitte zugeordnet. Es erfolgten vergleichende Knorpeldickenmessungen mit dem Ziel der Klassifikation magnetresonanztomographisch visualisierbarer Knorpelläsionen. Bei den koxarthrotischen Präparaten erfolgten zusätzliche histomorphologische Knorpeluntersuchungen. Im klinischen Teil der Studie wurden 12 gesunde und 10 arthrotische Probandenhüftgelenke mit einem speziellen Traktionsverfahren magnetresonanztomographiert. Es erfolgte die Anwendung der im experimentellen Teil gewonnenen Ergebnisse auf die *in vivo* Gelenkspalt- und Knorpeldefektdarstellung.

Alle MRT-Knorpeldickenmessungen zeigten signifikante Korrelationen ($p < 0,001$) zum makroskopischen Gefrierschnitt, wobei die T1-Volumen-Gradientenechosequenz im Bereich des lateralen Hüftkopfes bei einem Korrelationskoeffizienten $r = 0,94$ die geringste Meßabweichungen aufwies. Es ließen sich am arthrotisch veränderten Hüftgelenk durch die Anwendung der Magnetresonanztomographie vier verschiedene Knorpelqualitäten unterscheiden: Normalbefund: Intakter, regelrecht dicker Knorpel mit homogenem Signalmuster, Stadium I: Regelrecht dicker Knorpel mit inhomogenem Signalmuster, Stadium II: Reduzierte Knorpeldicke mit aufgerauhter Oberfläche, Stadium III: Knorpelglätze. Die magnetresonanztomographisch visualisierbaren Knorpelschädigungen konnten makroskopisch durch Gefrierschnitte sowie durch histologische Untersuchung des Knorpels

verifiziert werden. Quantifiziert wurden die arthrotischen Knorpelveränderungen unter Anwendung eines nach Mankin und Sakakibara modifizierten Scores. Es konnte gezeigt werden, daß das inhomogene Signalmuster des MRT-Stadiums II auf frühe Schädigungen bei Arthrose zurückzuführen ist. Durch den Abbau hydrophiler Typ II-Kollagenfasern sowie durch den Verlust von Mukopolysacchariden kommt es hierbei zur Minderung der Signalintensität. Die Anwendung der T1-Volumen-Gradientenechosequenz und der Hüftgelenkstraktion bei MRT-Untersuchungen erlaubte erstmals durch die vollständige, signalarme Darstellung des Gelenkspalts die Trennung des signalintensiven Hüftkopfkorpels vom ebenfalls signalintensiven Hüftpfannenknorpel am Probanden und Koxarthrosepatienten. Dadurch war eine differenzierte Erkennung der Lokalisation von arthrotischen Knorpelschäden getrennt nach Hüftkopf und Hüftpfanne möglich. Der hyaline Knorpel zeigt ein signalintensives und homogenes Signalmuster. Die Abbildungsgenauigkeit des Hüftkopfkorpels konnte durch die Wahl eines kleinen Bildfeldes von 125 mm und einer Schichtdicke von 1 mm verbessert werden. Bei horizontaler Einstellung des Phasenkodiergradienten ließ sich das nicht vollständig suppressierbare chemical-shift-Artefakt an der Knorpel-Spongiosa-Grenze vor allem im ventrolateralen Bereich minimieren. Die Beurteilung des Hüftpfannenknorpels war in allen Sequenzen erschwert. Unter Anwendung der T1-gewichteten-Volumen-FFE-Sequenz und der Hüftgelenkstraktion konnte an Leichenhüftgelenken mit artifiziell gesetzten Knorpeldefekten sowie an Probandenhüftgelenken mit Koxarthrose Stadium I-II präoperativ die Einstellung besserer Knorpelareale in die Belastungszone simuliert werden. Der Effekt der Umstellungsosteotomie, der im Eindrehen gut erhaltener und Herausdrehen arthrotischer Bezirke des Hüftkopfkorpels besteht, konnte magnetresonanztomographisch überprüft werden.

Mit den vorgestellten MRT-Untersuchungen am gesunden und arthrotischen Hüftgelenk ist eine verbesserte Darstellung von gesunden und arthrotischen Hüftgelenk ist eine verbesserte Darstellung von gesundem Gelenkknorpel und früharthrotischen Knorpeldefekten möglich. Dies erlaubt die Einbeziehung der Knorpelsituation des arthrotischen Hüftgelenks in therapeutische Überlegungen bei der Koxarthrose. Weitere Verbesserungen der magnetresonanztomographischen Hüftknorpeldarstellung sind durch Anwendung sogenannter fat-suppression-Sequenzen sowie durch die Verbesserung der dreidimensionalen Hüftknorpeldarstellung in Computergrafiken, die durch Sequenzierung zweidimensionaler MRT-Datensätze erreicht werden kann, zu erwarten. Eine Optimierung der von uns entwickelten Hüftgelenkstraktion zur Gelenkspaltdarstellung kann ebenfalls erfolgen.

j

.

õ

.

°, . ° Æ A ! ° % ° " ° % ° # • % ° \$ • n % °