

Aus der Klinik für Strahlenheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Vergleich der MRT des Kiefergelenks zwischen 1,5 T und 3,0 T
unter Verwendung von Oberflächenspulen

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité –
Universitätsmedizin Berlin

von

Gero Reitz

aus Gießen

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. A.-J. Lemke
2. Prof. Dr. med. B. Hamm
3. Prof. Dr. A. Hugger

Datum der Promotion: 27.10.2006

Abkürzungsverzeichnis

α	Signifikanzniveau
CMD	Craniomandibuläre Dysfunktion
Condylus	Processus condylaris
cor	coronar
CT	Computertomographie
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
FSE	Fast-Spin-Echo
H_0	Nullhypothese
H_1	Alternativhypothese
HR-US	Highresolution Ultrasonic (Hochauflösender Ultraschall)
ID	Internal Derangement
i. v.	intravenös
MRT	Magnetresonanztomographie
MR-Aufnahmen	Magnetresonanzaufnahmen
PACS	Picture Archiving & Communication Service
PD	Protonendichte
PMMA	Polymethylmethacrylat
Rad	Radiologe
sag	sagittal
SAR	Specific Absorption Rate
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SE	Spin-Echo
SI	Mean Signal Intensity = durchschnittliche Signal Intensität
SNR	Signal to Noise Ratio (Signal-Rausch-Verhältnis)

ROI	Region of Interest
T	Tesla
TE	Echozeit
TMJ	Temporomandibular joint
TR	Repetitionszeit
ZA	Zahnarzt

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	9
1.1	Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD)	9
1.2	Das Temporomandibulargelenk (Articulatio temporomandibularis).....	10
1.2.1	Aufbau und Topografie	10
1.2.2	Funktion des Kiefergelenks	14
1.2.3	Ätiologie und Definition der degenerativen Erkrankungen des Kiefergelenks.....	15
1.3	Bildgebende Verfahren zur Kiefergelenkdiagnostik.....	20
1.3.1	Computertomographie.....	20
1.3.2	Sonographie	21
1.3.3	Konventionelles Röntgen.....	21
1.3.4	Invasive Arthroskopie	21
1.3.5	Magnetresonanztomographie (MRT).....	22
1.4	Zielsetzung	26
2.	Patienten und Methoden	27
2.1	Auswahl der Patienten bzw. Probanden.....	27
2.2	Apparative Ausstattung	28
2.2.1	Die Magnetresonanztomographen	28
2.2.2	Oberflächenspulen	28
2.3	Voruntersuchungen	30
2.4	Hauptuntersuchungen	32
2.4.1	Untersuchungsparameter im 3,0-T- und 1,5-T-MRT	32
2.4.2	Untersuchungstechnik im 3,0-T- und 1,5-T-MRT	37

2.4.3	Vorbereitung und Auswertung der Kiefergelenksaufnahmen	39
2.4.4	Auswertungsbogen	40
2.5	Statistische Analyse der erhobenen Daten.....	44
2.5.1	Grundstruktur der zweifaktoriellen nichtparametrischen Analyse für Daten mit Messwiederholungen	46
3.	Ergebnisse.....	48
3.1	Altersverteilungen der Studienteilnehmer.....	48
3.1.1	Die Patienten	48
3.1.2	Die Probanden.....	48
3.2	Ergebnisse der Voruntersuchungen	49
3.2.1	Auswertung der Messung des Signal-Rausch-Verhältnisses an der Phantomkugel.....	49
3.3	Fallbeispiele der MR-Aufnahmen 1,5 T und 3,0 T	50
3.4	Ergebnisse der zweifaktoriellen nichtparametrischen Analysen	54
3.4.1	Statistische Ergebnisse der anatomischen Strukturen	54
3.4.2	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse der statistischen Analysen anhand von Boxplots	57
3.5	Statistische Ergebnisse der Bildqualität.....	64
3.5.1	Bildqualität insgesamt in sagittaler Projektion (p-Werte)	64
3.5.2	Darstellung und Interpretation der statistischen Ergebnisse anhand von Boxplots	66
3.6	Ergebnisse der SNR-Messungen	67
3.7	Ergebnisse der Diagnosen	70
4.	Diskussion	73

4.1	Methodendiskussion.....	73
4.2	Ergebnisdiskussion.....	77
4.3	Ausblick	81
4.4	Schlussfolgerung.....	81
5.	Zusammenfassung.....	83
6.	Literaturverzeichnis.....	86
7.	Lebenslauf	90
8.	Danksagung	91

Widmung

Gewidmet meinen Eltern

5. Zusammenfassung

Zielsetzung: Es sollte die subjektive und objektive Bildqualität von diagnostischen Kiefergelenksaufnahmen mit Oberflächenspulen im Vergleich 1,5-T- und 3,0-T-MRT anhand eines Auswertungsbogens von zwei Untersuchern (Radiologe und Zahnarzt) evaluiert werden. Zusätzlich wurden die Unterschiede zwischen den Untersuchern und der Einfluss der Unterkieferposition auf die Bildqualität und das SNR ermittelt und die Übereinstimmung der Diagnosen deskriptiv dargestellt.

Patienten und Methoden: Prospektive Untersuchung von 47 Kiefergelenken (35 weibliche und 12 männliche Kiefergelenke). 20 Kiefergelenke wiesen Vorerkrankungen auf und wurden im klinischen Routinebetrieb untersucht. 27 Kiefergelenke stammten von Probanden (Studenten der Zahnmedizin), die zum größten Teil symptomlos waren. Das Alter der Untersuchungsteilnehmer lag zwischen 19 und 80 Jahren. MR-Tomographie des Kiefergelenks mit einem Signa[®] 3,0 T und einem Signa[®] 1,5 T TwinSpeed Excite (GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) in zwei Schichtebenen (schrägsagittal und schrägcoronar) und zwei Unterkieferstellungen (Ruheschwebelage und maximale Mundöffnung) am gleichen Tag. Es wurden im 1,5-T-Gerät für die MR-Aufnahmen eine Phased-Array-3-Zoll-Oberflächenspule und im 3,0-T-System eine 4-cm-Oberflächenspule (Rapid Biomedical, Würzburg, Deutschland) und die optimalen MR-Sequenzen für das 3,0-T-System mit der 4-cm-Oberflächenspule ermittelt. Dabei kamen PD-gewichtete Fast-Spin-Echo- und T1-gewichtete Spinechosequenzen zum Einsatz. Die Messzeit von 3:20 min je Kiefergelenk wurde nicht überschritten.

Die anatomischen Strukturen des Kiefergelenks wurden in 28 anatomische Bewertungsmerkmale (Ruheschwebelage und maximale Mundöffnung inklusive) zusammengefasst. Durch den Auswertungsbogen wurden alle für die Diagnostik wichtigen anatomischen Strukturen und die Bildqualität insgesamt von zwei unabhängigen Untersuchern (Radiologe und Zahnarzt) mit einem entsprechenden Bewertungsschema beurteilt und mit Hilfe von zwei zweifaktoriellen nichtparametrischen Tests für Messwiederholungen statistisch ausgewertet. Der erste zweifaktorielle Ansatz analysierte die Faktoren Untersucher und MRT (1,5 T und 3,0 T) und die zweite zweifaktorielle Analyse berechnete die Faktoren Untersucher und Unterkieferstellung. Das Signal-Rausch-Verhältnis wurde in den beiden

Unterkieferpositionen (Ruheschwebelage/maximale Mundöffnung) und in den beiden unterschiedlichen Schichtebenen (schrägsagittal/schrägcoronar) gemessen und ebenfalls statistisch ausgewertet. Die Übereinstimmungen der Diagnosen für die Befunde der Diskusposition, Condylusmorphologie und Diskusluxation in den beiden MRT-Geräten wurden mit Kreuztabellen deskriptiv dargestellt.

Ergebnisse: Die Messungen konnten an 47 Kiefergelenken erfolgreich durchgeführt werden. Die statistische Analyse ergab, dass bei 22 der 28 anatomischen Bewertungsgruppen die Bewertungen des 1,5 T im Vergleich mit dem 3,0-T-Gerät unterschiedlich ausfielen. Durch die Auswertung der Boxplots, aus denen die statistischen Tendenzen entnommen wurden, konnte gezeigt werden, dass die anatomischen Strukturen dieser Bewertungsgruppen im 3,0 T besser bewertet wurden. Lediglich die knöcherne Struktur, retroartikuläre plastische Polster in der sagittalen Projektion und die muskuläre Struktur in der coronaren Projektion wurden in beiden Unterkieferstellungen signifikant gleich bewertet. Die „Bildqualität insgesamt“ wurde in Ruheschwebelage und in maximaler Mundöffnung sowohl in sagittaler als auch in coronarer Projektion signifikant unterschiedlich bewertet. Die Auswertung der Boxplots ergab, dass die Aufnahmen des 3,0 T höher bewertet wurden. In diesem Auswertungsteil waren die Bewertungen der Untersucher in maximaler Mundöffnung in beiden Projektionen (coronar und sagittal) gleich.

Die statistische Auswertung der zweiten zweifaktoriellen Analyse ergab, dass der Zahnarzt und der Radiologe bei ca. der Hälfte der Bewertungsmerkmale einen signifikanten Unterschied in der Qualität der MR-Aufnahmen in den beiden Unterkieferstellungen sahen. Bei der Bewertung der „Bildqualität insgesamt“ ermittelten der Zahnarzt und der Radiologe in coronarer Projektion keinen signifikanten Unterschied zwischen den Unterkieferstellungen.

Der Rauschabstand war in beiden Projektionen (sag: $p < 0,00001$; cor: $p < 0,00001$) und beiden Unterkieferstellungen (sag: $p = 0,00931$; cor: $p = 0,00404$) im 3,0 Tesla signifikant höher (ca. um den Faktor 2).

Es gab Abweichungen in den Beurteilungen der Condylusmorphologie, Diskusposition und Diskusluxation zwischen den MR-Geräten. Bei der Condylusmorphologie und der Diskusposition wurde nur ca. die Hälfte der physiologischen Kiefergelenke sowohl im

1,5 T als auch im 3,0 T als physiologisch bewertet. Bei der Diskusluxation war es etwas mehr als ein Drittel.

Schlussfolgerung: Durch die Verwendung eines 3,0-T-Hochfeld-MRT mit einer 4-cm-Oberflächenspule werden der subjektive Bildeindruck, die Bildqualität und das SNR bei gleich bleibender kurzer Messzeit im Vergleich zum 1,5-T-MRT signifikant gesteigert.

7. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

Danksagung

Folgenden Personen gebührt mein herzlicher Dank:

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Roland Felix für die Gelegenheit an der Klinik für Strahlenheilkunde der Charité, Campus Virchow-Klinikum zu forschen.

Herrn Priv. -Doz. Dr. med. Arne-Jörn Lemke für die Überlassung des Themas, die intensive und freundliche Betreuung und die kritische und sorgfältige Durchsicht der Niederschrift.

Frau Susanne Anja Hengst für die allzeit gleichermaßen kompetente wie freundliche Betreuung sowie allen anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Strahlenheilkunde der Charité, Campus Virchow-Klinikum.

Frau Dr. Brigitte Wegner für die Beratung und Unterstützung in Bezug auf die statistischen Analysen.

Frau Anja Gruber für die Unterstützung bei der graphischen Gestaltung.

Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Gero Reitz, erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Vergleich der MRT des Kiefergelenks zwischen 1,5 T und 3,0 T unter Verwendung von Oberflächenspulen“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“