

Aus dem Zentrum für Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Morphometrische Vermessungen
von MRT-Aufnahmen des Kiefergelenks

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité
– Universitätsmedizin Berlin

von

Mathias Griethe

aus Quedlinburg

Dekan: Prof. Dr. med. Martin Paul

Gutachter: 1. Priv. Doz. Dr. I. Peroz
2. Prof.. Dr.. H. Jakstat
3. Priv. Doz. Dr. A. Hugger

Datum der Promotion: 16.08.2005

Inhalt

1	Einleitung	9
1.1	Anatomischer Aufbau des Kiefergelenks	10
1.2	Erkrankungen des Kiefergelenks	13
1.2.1	Klinik und Symptomatik der anterioren Diskusverlagerung mit Reposition	15
1.2.2	Klinik und Symptomatik der anterioren Diskusverlagerung ohne Reposition	17
1.2.3	Weitere Formen von Diskopathien	18
1.2.4	Strukturelle Veränderungen des Kiefergelenkes bei CMD	20
1.3	Bildgebende Diagnostik	22
1.4	Therapie	23
1.5	Problemstellung	25
2	Material und Methoden	27
2.1	Patientenkollektiv	28
2.2	Kernspintomograph und Oberflächenspule	28
2.3	Aufarbeitung und Auswertung der Aufnahmen	29
2.4	Morphologische Auswertung	30
2.5	Morphometrische Auswertung der Weichgewebsstrukturen	31
2.5.1	Lage des Discus articularis	32
2.5.2	Diskusform	33
2.6	Morphometrische Auswertung der knöchernen Strukturen	34
2.6.1	Condylus articularis	34
2.6.1.1	Condylusform	34
2.6.1.2	Condylusgröße	35
2.6.1.3	Condyluslage	36
2.6.2	Fossa mandibularis	38
2.7	Statistische Auswertungen	39

3	Ergebnisse	40
3.1	Allgemein	41
3.1.1	Das Patientenkollektiv	41
3.1.2	Alter der Patienten	41
3.2	Speziell	42
3.2.1	Diskuslage	42
3.2.2	Veränderung der Weichgewebsstrukturen	46
3.2.2.1	Diskuslänge	46
3.2.2.2	Diskusbreite	47
3.2.3	Veränderungen des Condylus	50
3.2.3.1	Condylusform	50
3.2.3.2	Condylusdurchmesser	50
3.2.3.3	Gelenkspaltbreite	51
3.2.4	Lagebeziehungen der Gelenkanteile	52
3.2.4.1	Sagittale Condyluslage	52
3.2.4.2	Abstand vom höchsten Punkt des Condylus zur Fossa mandibularis (csgs) / Abstand vom tiefsten Punkt der Fossa zum Condylus (fsgs)	53
3.2.5	Morphometrie der Fossa mandibularis	56
3.2.5.1	Tuberneigungswinkel	56
3.2.5.2	Breite und Tiefe der Fossa mandibularis	56
3.2.5.3	Höhe des Tuberculum articulare	57
3.2.5.4	Höhe des postglenoidalen Processus	58
3.2.5.5	Länge des Tuberculum articulare	58
4	Diskussion	61
4.1	Allgemeine Erörterungen	61
4.2	Ergebnisdiskussion	61
4.2.1	Veränderungen des Discus articularis	63

4.2.2	Veränderungen des Condylus articularis / mandibularis	63
4.2.3	Veränderungen der Fossa mandibularis und der Nachbarstrukturen	64
4.2.4	Bedeutung der MRT bei CMD	66
4.2.5	Ausblick	67
5	Zusammenfassung	68
6	Literaturverzeichnis	70
7	Lebenslauf	82
8	Danksagung	84

Abkürzungsverzeichnis

ACR	American College of Radiology
ADV	anteriore Diskusverlagerung
ags	anteriorer Gelenkspalt
bab	Breite des anterioren Bandes
biz	Breite der bilaminären Zone
bpb	Breite des posterioren Bandes
cb	Breite des Condylus
CMD	kranio-mandibuläre Dysfunktion (craniomandibular disorder)
csgs	Abstand vom höchsten Punkt des Condylus zur Fossa senkrecht zur Frankfurter Horizontalen
dl	Diskuslänge
DVMR	anteriore Diskusverlagerung mit Reposition
DVOR	anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition
dw	Diskuswinkel
fb	Breite der Fossa mandibularis
FH	Frankfurter Horizontale, (Frankfort's plane)
FOV	Bildgröße (field of view)
fsgs	Abstand vom Scheitelpunkt der Fossa zum Condylus senkrecht zur Frankfurter Horizontalen
ft	Tiefe der Fossa mandibularis
ID	internal derangement: diskoligamentäre Dysfunktion mit Binnenschäden des Kiefergelenks
IKP	Interkuspitationsposition
MRT	Magnetresonanztomographie
NDP	normale Diskusposition

NEMA	National Electrical Manufactures Association
OPTG	Orthopantomogramm
pgph	Höhe des postglenoidalen Processus
pgs	posteriorer Gelenkspalt
RDP	retrale Diskusposition
scl	sagittale Condyluslage
sdl	sagittale Diskuslage
sgs	superiorer Gelenkspalt
Si	Signalintensität
T	Tesla
TE	Echo-Auslöseverzögerung (time to echo)
th	Höhe des Tuberculum articulare
TMD	Kiefergelenksdysfunktion (temporomandibular disorder)
TMJ	Kiefergelenk (temporomandibular joint)
tnw	Tuberneigungswinkel
TR	Repetitionszeit (time to repeat)
ts-fs	Länge des Tuberculum articulare

Glossar

ACE/NEMA	normiertes Bildformat zur Übertragung und Archivierung medizinischer Bilder - es enthält neben Bilddaten auch Informationen zum Patienten und Aufnahmeparameter
Deflexion	Abweichung des Inzisalpunktes während der Öffnungsbewegung des Unterkiefers ohne Rückkehr in die Medianebene
Deviation	Abweichung des Inzisalpunktes während der Öffnungsbewegung des Unterkiefers mit Rückkehr in die Medianebene
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Frankfurter Horizontale	auf dem Anthropologenkongress 1982 in Frankfurt am Main definiert als Gerade durch den untersten Punkt des Augenhöhlenrandes und den oberen Rand des äußeren Gehörganges - Bezugsebene für sagittale Gelenkbahnneigung
Gelenkdistraktion	pathologische Vergrößerung des Condylus-Fossa-Abstandes
Gelenkzentrik / zentrische Okklusion	maximale Interkuspitation bei zentrischer Kondylenposition
Pixel	englische Bezeichnung für Bildpunkt: kleinstes Element eines digitalen Bildes
RDC/TMD	Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders
Region of interest	ein für die nähere Analyse ausgewählter Bildausschnitt
therapeutische Bisslage	Lagebeziehung von Unterkiefer zu Oberkiefer, mittels Schiene erprobt, als Ausgangsposition für prothetische oder kieferorthopädische Rehabilitation

1 Einleitung

Kiefergelenksprobleme stellen in der Praxis eine oft zu beobachtende pathophysiologische Veränderung dar. Klinisch stehen neben Schmerzen im Gesichtsbereich Geräusche in den Kiefergelenken sowie eine Limitation der maximalen Mundöffnungsbewegung im Vordergrund.

Der Begriff kranio-mandibuläre Dysfunktion beschreibt eine Gruppe muskuloskelettaler Störungen, die das Kiefergelenk, die Kaumuskulatur oder angrenzende Gewebe betreffen. In der heutigen internationalen Literatur stehen für dasselbe Syndrom verschiedene Begriffe, wie zum Beispiel internal derangement (ID), myofaciales Schmerzdysfunktionssyndrom, Myoarthropathien des Kauorgans [1], Funktionsstörungen des Kauorgans [2], temporomandibular disorders [3] oder craniomandibular disorders [4] zur Verfügung. Leitsymptom dieser Erkrankungen sind Schmerzen im Kiefergelenksbereich, Bewegungseinschränkungen des Unterkiefers und Kiefergelenkgeräusche. Die Vielzahl der Begriffe kommt vor allem dadurch zustande, dass nicht immer alle Symptome, die theoretisch möglich wären, auch gleichzeitig auftreten. Man spricht von einem multikausalen Erscheinungsbild. Erstmals beschrieben wurde dieser Symptomkomplex von Costen (1934). Im weiteren Textverlauf wird ausschließlich der von der DGZMK verwendete Begriff „kranio-mandibuläre Dysfunktion“ bzw. die aus der englischen Schreibweise (craniomandibular disorders) abgeleitete Abkürzung „CMD“ verwendet.

Epidemiologisch zeigt sich, dass bei 30 - 60% der Bevölkerung mindestens ein Symptom einer CMD vorhanden ist [5, 6]. Allerdings bleiben diese oft unerkannt, und nur bei 3 - 7% der Patienten besteht ein Behandlungsbedarf. Am häufigsten treten die Symptome der CMD bei Individuen zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr auf und nehmen mit zunehmendem Alter ab. Frauen zeigen achtmal häufiger somatische und psychologische Symptome von CMD als Männer [7, 8]. Als Ursache für die unterschiedliche Prävalenz der CMD bei Frauen und Männern werden biologische, psychologische und soziale Faktoren diskutiert [9, 10].

CMD stellen damit den zahnärztlich beeinflussbaren Teil des Beschwerdebildes „chronischer Schmerzpatient“ dar, das mit wesentlichen physischen und psychosozialen Beeinträchtigungen für das Individuum und mit gesundheitsökonomischen Auswirkungen für die Gesellschaft verknüpft ist.

Klinische Untersuchungen sind nur begrenzt in der Lage, spezifische Diagnosen zu differenzieren. Als Standard für die Darstellung der knöchernen Kiefergelenksstrukturen gilt das Orthopantomogramm (OPTG). Zur Überprüfung der klinischen Befunde hat sich insbesondere bei Verdacht auf eine Diskusverlagerung die Magnetresonanztomographie (MRT) bewährt. Das OPTG ist in Kombination mit dem MRT als Standard für die Darstellung der Weichgewebe für die meisten Fragestellungen zu CMD ausreichend [11, 12]. Die MRT stellt ein nicht-invasives bildgebendes Verfahren dar, welches mit großer Zuverlässigkeit die Position des Diskus und die Morphologie der Kiefergelenksstrukturen darstellt [13] und somit die Diagnose und Therapieentscheidung erleichtert.

1.1 Anatomischer Aufbau des Kiefergelenks

Das Kiefergelenk (Articulatio temporomandibularis) (Abb.1.1) verbindet die Mandibula (Unterkiefer) mit dem Os temporale (Schläfenbein). Die Gelenkflächen werden vom Caput mandibulae, das sich am Ende des Processus condylaris (Condylus) der Mandibula befindet, und der Fossa mandibularis (glenoidalis) gebildet.

Ventral der Gelenkpfanne bildet das Tuberculum articulare, ein Wulst des Os temporale, die vordere Begrenzung. Dorsal ist die Gelenkpfanne durch den retralen Processus, welcher vor dem Porus acusticus liegt, begrenzt (Abb.1.1). Die Fossa mandibularis liegt ventral der Pars tympanica der Schläfenbeinschuppe (Pars squamosa des Os temporale). Sie ist etwa zwei- bis dreimal größer als die Gelenkfläche des Gelenkkopfes.

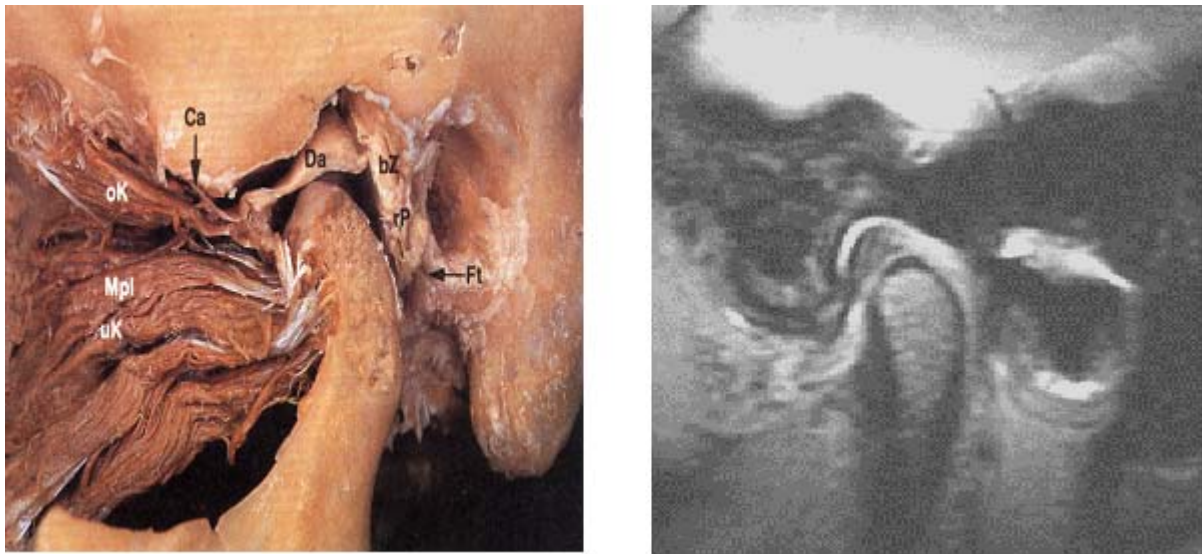


Abb. 1.1: Sagittalschnitt durch das linke Kiefergelenk [14] im Vergleich mit einer sagittalen MRT-Aufnahme (Ca = Capsula articularis, rP = retroarticuläres plastisches Polster, Ft = Fissura tympanicosquamosa, Da = Discus articularis, bZ = bilaminäre Zone, Mpl = Musculus pterygoideus lateralis, oK = oberer Bauch des Mpl, uK = unterer Bauch des Mpl).

Nach dorsal, ventral, medial und lateral ist das Kiefergelenk von einer dünnen, fibrösen Gelenkkapsel (Ca) umgeben, welche medial und lateral von den Ligamenten, Lig. medialis und lateralis, verstärkt ist. Sie besteht aus lockerem Bindegewebe, das kollagenfaserreich und gut vaskularisiert ist. Der äußeren fibrösen Schicht liegt innen eine Membrana synovialis an,

die sich in Form von Zotten in den oberen und unteren Gelenkspalt ausstülpen kann [14]. Die Gelenkkapsel umhüllt mit ihrem Ansatz am Collum des Caput mandibulae und ihrem Ursprung von der Fossa mandibularis bis zum Tuberculum articulare das Kiefergelenk [15]. Die Gelenkkapsel und das perivaskuläre Gewebe werden von diversen Ästen des N. mandibularis (N. auriculotemporalis, N. massetericus, N. pterygoideus lateralis) innerviert, was die relativ große Schmerzempfindlichkeit des Kiefergelenks erklärt [14].

Das Lig. laterale temporomandibulare liegt an der Außenseite des Gelenks und zieht vom Processus zygomaticus zum Collum mandibulae. Es begrenzt die Retralbewegung des Unterkiefers in Richtung des äußeren Gehörgangs. Die zueinander konvexen Gelenkflächen sind von einer Faserschicht überzogen, die einer intermediären Proliferationszone und einer Schicht Faserknorpel aufliegt. Diese avaskuläre kollagene Schicht ist im Vergleich zum hyalinen Knorpel anderer Gelenke widerstandsfähiger gegenüber degenerativen Veränderungen [14, 16]. Zwischen den Gelenkflächen liegt der aus Faserknorpel bestehende bikonkave Discus articularis (Da) (Abb. 1.1), der das Gelenk in zwei Kompartimente, einen superioren und einen inferioren Gelenkspalt teilt. Der Diskus ist medial und lateral am Condylus befestigt. Er ist eine faserknorpelige, gefäßfreie Struktur. Beim Neugeborenen finden sich hier reichlich Fibroblasten. Mit zunehmendem Alter sind es die Chondroblasten, die den Faserknorpel produzieren [16]. Der Discus articularis wird zellärmer und kollagendichter [14]. An der Oberfläche ziehen kollagene Faserbündel in sagittaler Richtung. Im Inneren sind diese miteinander verflochten und dicht gepackt [16]. Die netzartig dreidimensional organisierten Kollagenfibrillen sind von hydrophilen Makromolekülen, den Proteoglykanen, umgeben. Unter Belastung wird durch diese Makromoleküle der Druck dreidimensional verteilt, und die Spannung in den Kollagenfibrillen steigt [16].

Das posteriore Attachment dorsal des Diskus wird durch die bilaminäre Zone (bZ) (Abb. 1.1) mit dem retromolaren Polster gebildet. Diese besteht aus lockerem gefäßreichen Bindegewebe, das sich in zwei Blätter spaltet. Die Pars superius enthält neben kollagenen Bündeln reichlich elastische Fasernetze. Die Pars inferius ist kollagenreicher und geht dorsal in lockeres, von Fettzellen durchsetztes, stark vaskularisiertes Bindegewebe über, das sogenannte retroartikuläre plastische Polster (rP) [14]. Anterior ist der Discus articularis mit der Gelenkkapsel und oft mit einstrahlenden Fasern des oberen M. pterygoideus lateralis

verbunden [17]. Bei dem in Abb. 1.1 dargestellten Muskel handelt es sich um den Hauptmuskel für die Mundöffnungsbewegung, den Musculus pterygoideus lateralis (Mpl). Dieser hat seinen Ansatz am Processus condylaris und seine Ursprünge an der Lamina lateralis des Processus pterygoideus (oberer Kopf - oK) und an der Crista infratemporalis des Os sphenoidale (unterer Kopf - uK) [15].

Bei physiologischen Bewegungen des Condylus wird der Discus articularis durch den direkt am Diskus oder an der Kapsel ansetzenden M. pterygoideus lateralis und durch die elastischen Fasern der bilaminären Zone auf dem Condylus so positioniert, dass Inkongruenzen ausgeglichen und Druckbelastungen ausgehend vom Condylus auf die knöchernen Gelenkstruktur an der Schädelbasis vermieden werden [18].

1.2 Erkrankungen des Kiefergelenks

Aufgrund des Fehlens einer allgemein akzeptierten Definition oder Klassifikation für CMD ist eine eindeutige Eingrenzung des Symptomkomplexes schwierig. Gebräuchliche Taxonomien für CMD sind die „Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders“ (RDC/TMD) [3] (Tabelle 1.1) und die Einteilung nach dem Schweregrad durch den Helkimo-Index [19] (Tabelle 1.2). In diesen Diagnose- und Klassifikationssystemen werden die vom Patienten anamnestisch angegebenen und bei klinischen Untersuchungen gewonnenen Befunde zu Symptom- und Diagnosegruppen zusammengefasst. Zu den CMD zählen im engeren Sinne myofaciale Schmerzen der Kaumuskulatur, Diskusverlagerungen und entzündliche bzw. degenerative Erkrankungen des Kiefergelenks, die nicht systemisch bedingt sind. Dabei sind arthrogene Erkrankungen seltener als myogene Erkrankungen.

Tab. 1.1: Klinische CMD- Diagnosen nach der RDC/TMD- Klassifikation [3].

Nach den RDC/TMD werden drei Diagnosegruppen unterschieden	
<i>Gruppe 1:</i>	<i>Schmerzen im Bereich der Kiefermuskulatur</i>
I.a.	Myofacialer Schmerz ohne eingeschränkte Mundöffnung
I.b.	Myofacialer Schmerz mit eingeschränkter Mundöffnung
<i>Gruppe 2:</i>	<i>Verlagerungen des Discus articularis</i>
II.a.	Diskusverlagerung mit Reposition bei Mundöffnung
II.b.	Diskusverlagerung ohne Reposition mit eingeschränkter Mundöffnung
II.c.	Diskusverlagerung ohne Reposition ohne eingeschränkte Mundöffnung
<i>Gruppe 3:</i>	<i>Arthralgie, Arthritis, Arthrose</i>
III.a.	Arthralgie
III.b.	Arthritis des Kiefergelenks
III.c.	Arthrose des Kiefergelenks

Das wichtigste Symptom der CMD und häufiger Anlass für das Aufsuchen des Arztes sind Schmerzen, speziell bei Bewegungen des Unterkiefers [3, 20, 21, 22]. Dabei sind die Einschränkungen der Unterkieferbeweglichkeit direkte Folge der vorhandenen schmerzhaften CMD [23, 24, 25, 26].

Tab. 1.2: Klinischer Dysfunktionsindex nach Helkimo [19].

Der klinische Dysfunktionsindex berücksichtigt vier Kriterien:
<i>a) Unterkieferbeweglichkeit</i> eingeschränkte Unterkieferbeweglichkeit eingeschränkte Lateralbewegung eingeschränkte Protrusion
<i>b) Gelenkfunktion</i> Kiefergelenkgeräusche (Reiben und Knacken) Deviation bei Mundöffnung
<i>c) Palpation der Muskulatur</i> Anzahl der Stellen der Muskulatur mit Palpationsempfindlichkeit
<i>d) Palpation des Kiefergelenks</i> Schmerz bei Palpation von lateral Schmerz bei Palpation von dorsal

Tab. 1.3: (Fortsetzung) Klinischer Dysfunktionsindex nach Helkimo [19].

Der klinische Dysfunktionsindex setzt sich durch Beurteilung der Teilindices a-d zusammen und wird definiert durch die Punkte:	
D0	keine klinische Dysfunktion
D1	leichte klinische Dysfunktion
D2	moderate klinische Dysfunktion
D3	schwere klinische Dysfunktion

Gsellmann und ihre Mitarbeiter stellten fest, dass Diskopathien verbunden mit Kiefergelenkgeräuschen die häufigste Erkrankung darstellen, mit der Patienten die Kiefergelenkssprechstunde aufsuchen [27]. Zu den Diskopathien gehören Diskusverlagerungen und Diskusperforationen. Letztere haben eine geringere Bedeutung, da sie in der bildgebenden Diagnostik kaum differenzierbar sind. Diskusverlagerungen sind gemäß der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik Störungen der Diskus-Condylus-Relation. Die physiologische Lage des Diskus befindet sich in Ruhelage des Unterkiefers zwischen dem anterioren Abhang des Condylus und dem posterioren Abhang des Tuberculum articulare. Bei einer Verlagerung befindet sich der Diskus außerhalb der physiologischen Position nach anterior, posterior, medial oder lateral versetzt. Rund 80% der Patienten mit Symptomen der CMD zeigen verschiedene Formen einer abnormen Diskus-Condylus-Beziehung [28], während asymptomatische Personen diese nur zu 35% aufweisen [29]. Dies zeigt jedoch auch, dass das Kiefergelenk eine erstaunliche Adaptationsfähigkeit besitzt und trotz eines morphologisch ausgeprägten Befundes nicht unbedingt eine schmerzhafte Funktionseinschränkung vorliegen muss [29]. Türp (1998) relativiert sogar die Begriffe „Diskusverlagerung“ und „Dislokation“ und spricht dafür von der „Diskuslage“ oder der „Diskusposition“ [30]. Eine anteriore Diskuslage muss demnach keine pathologische Diskusvorverlagerung sein, wenn sie nicht mit klinischen Symptomen einhergeht.

1.2.1 Klinik und Symptomatik der anterioren Diskusverlagerung mit Reposition (DVMR)

Die Abb. 1.2 zeigt den Discus articularis bei geschlossenem Mund vor dem Condylus mandibularis. Bei der Mundöffnungsbewegung springt der Diskus auf den Condylus. Dies ist

durch ein Gelenkknacken hörbar. Bei der Mundschlussbewegung springt der Condylus wieder vom Diskus herunter. Dies ist gleichfalls als Knackgeräusch hörbar und fühlbar [31]. Das Schließgeräusch ist meist leiser als das Öffnungsgeräusch und deshalb oft nicht so deutlich bemerkbar. Beide Knackgeräusche werden zusammen als „reziprokes“ Knacken bezeichnet. Die Gelenkgeräusche korrelieren nach Taskaya-Yilmaz signifikant mit dem Grad und dem Typ der Diskusverlagerung [32, 33]. Oft sind die typischen Gelenkgeräusche mit Schmerzen und Seitenabweichungen des Unterkiefers in Form einer Deviation verbunden. Die bei Öffnung und Schluss des Unterkiefers auftretenden Geräusche gelten zwar als das wichtigste klinische Kriterium für die Diagnose einer DVMR [21, 34], sind aber keinesfalls als pathognomonisch für eine solche Diagnose anzusehen [34, 35]. So fanden Westesson et al. in einer Studie bei 40 klinisch symptomfreien Kiefergelenken in 12,5% der Fälle eine Diskusverlagerung mit geräuschloser Reposition bei Kieferöffnung [36]. In der Untersuchung von Müller-Leisse et al. sind von 24 Personen mit geräuschfreier Kieferöffnung 33% durch eine DVMR gekennzeichnet [35]. Daraus lässt sich schließen, dass eine DVMR auch ohne das typische Geräusch vorliegen kann.

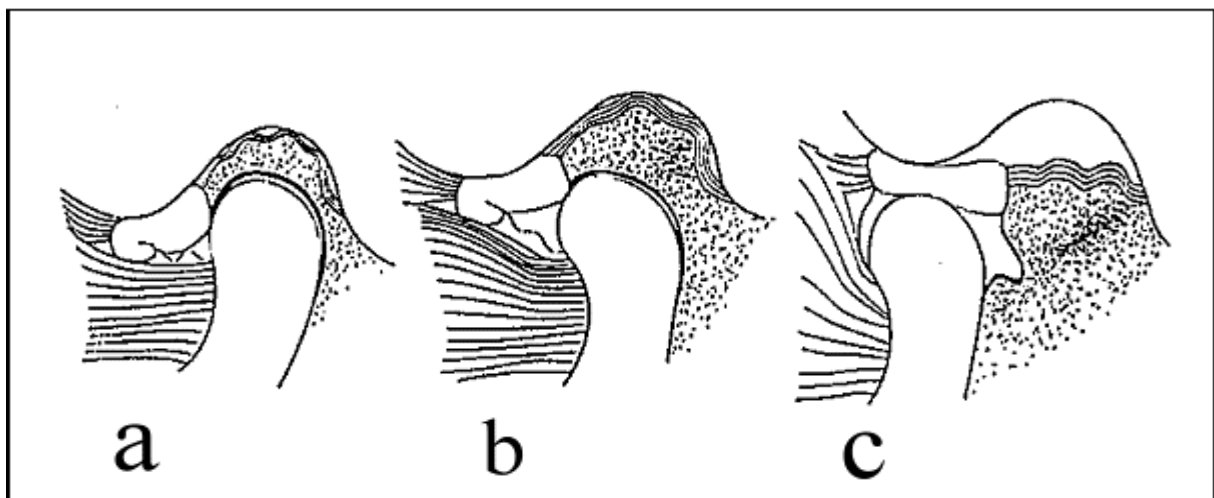


Abb. 1.2: Anteriore Diskusverlagerung (ADV) mit Reposition [37].

- a) Bei geschlossenem Mund liegt der Diskus vor dem Condylus.
- b) Bei der Mundöffnungsbewegung ergibt sich eine plötzliche Änderung der Diskus-Condylus-Relation, d.h. der Diskus wird vor dem Condylus hergeschoben bis es zum Aufsprung des Diskus auf den Condylus kommt. Dieser Aufsprung ist in der Regel durch ein Kiefergelenkknacken hörbar und fühlbar.

- c) Bei maximaler Mundöffnungsbewegung ist der Diskus wieder reponiert, d.h. er befindet sich wieder in physiologischer Position.

1.2.2 Klinik und Symptomatik der anterioren Diskusverlagerung ohne Reposition (DVOR)

Die Abb. 1.3 zeigt den Discus articularis bei geschlossenem Mund vor dem Condylus mandibularis. Bei der Mundöffnungsbewegung schiebt der Condylus den Diskus vor sich her, ohne dass es zum Aufsprung des Diskus auf den Condylus kommt.

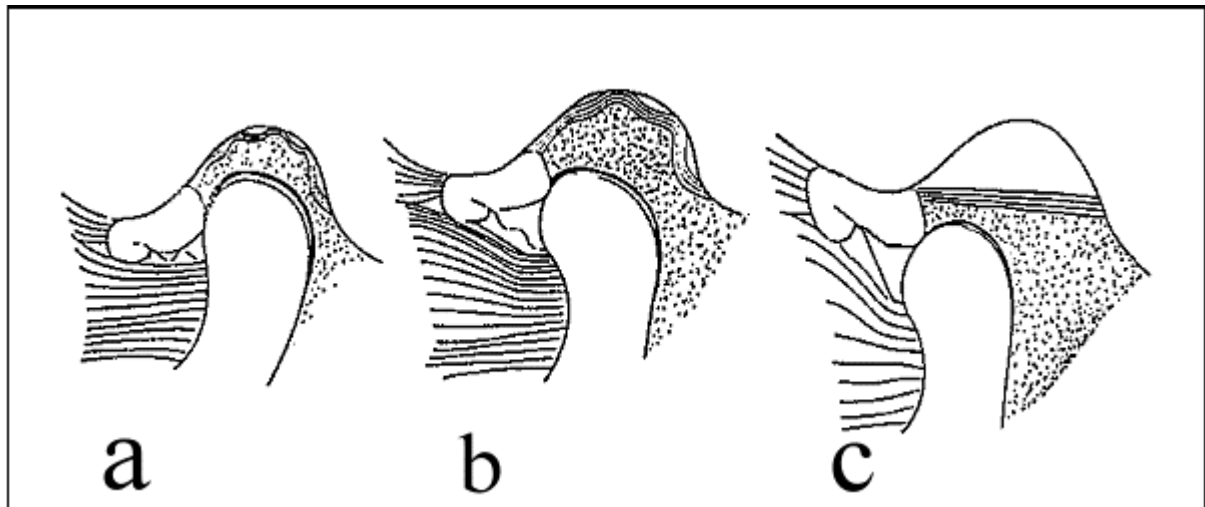


Abb. 1.3: Anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition [37].

- a) Bei geschlossenem Mund liegt der Diskus vor dem Condylus.
- b) Bei der Mundöffnungsbewegung ergibt sich eine Änderung der Diskus-Condylus-Relation, d.h. der Diskus wird vor dem Condylus hergeschoben, ohne dass es zum Aufsprung des Condylus auf den Diskus kommt.
- c) Auch bei maximaler Mundöffnung erreicht der Diskus nicht seine physiologische Position, d.h. er bleibt in seiner pathologischen Stellung, wird deformiert und blockiert eine weitere Mundöffnung. Häufig ist die Mundöffnung mit Schmerzen verbunden.

Typisches klinisches Symptom für eine DVOR ist eine plötzlich eingetretene Limitation der Mundöffnung, verbunden mit einer fühlbaren, geringen Translation des Unterkiefers auf der betroffenen Seite [38]. Andere Symptome haben keine ausreichende Zuverlässigkeit, um mit Sicherheit auf den Grad der Diskusverlagerung schließen zu können. Sie zeigen jedoch gewisse Tendenzen. So sind bei Patienten mit physiologischer Diskusposition und normalen

Unterkieferbewegungen weder Schmerzen bei Mundöffnungsbewegungen noch degenerative Veränderungen des Gelenks erkennbar. Bei Patienten mit DVMR sind Gelenkgeräusche und eine Deviation häufig. Hier ist eine Tendenz zu degenerativen Veränderungen zu sehen [39, 40]. Bei Patienten mit einer DVOR liegen oft eine limitierte Mundöffnung und Krepitation bei Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers vor sowie in MRT-Aufnahmen erkennbare assoziierte degenerative Veränderungen [39, 40]. Außerdem ist bei Patienten mit einseitigem Erkrankungsbild häufig eine Deflexion feststellbar.

Oft existierte bei den Patienten mit DVOR in der Anamnese ein Kiefergelenksknacken, welches mit einer plötzlich auftretenden Limitation der Mundöffnung verschwand. Dennoch fanden Smith und Marcus bei 49 videoarthrographisch diagnostizierten anterioren Diskusverlagerungen ohne Reposition in 11% der Fälle ein Kiefergelenksknacken [41]. Müller-Leisse et al. berichten, dass von 49 Patienten mit Gelenkgeräuschen bei 22% eine magnetresonanztomographisch nachgewiesene Diskusverlagerung ohne Reposition bzw. eine lehrbuchmäßige Diskusposition vorlag [35]. Diese Studien zeigen, dass bei einer DVOR Kiefergelenkgeräusche nicht ausgeschlossen werden sollten.

Bei akuter anteriorer Diskusverlagerung kommen Schmerzen im Bereich des Kiefergelenks, insbesondere beim Kauen harter Speisen und bei maximaler Mundöffnung, vor [21]. Dennoch ist das Bestehen von Schmerzen im Kiefergelenksbereich, abgesehen von Fällen akuter anteriorer Diskusverlagerung ohne Reposition, nicht von einer bestimmten Diskusposition abhängig [42, 43].

1.2.3 Weitere Formen von Diskopathien

Neben der am häufigsten vorkommenden ADV ist in sehr seltenen Fällen auch eine Posteriorverlagerung des Diskus möglich. Bei dieser liegt der Diskus bei geschlossenem Mund in physiologischer Position zum Condylus. Bei der Mundöffnung bleibt der Diskus jedoch posterior hinter dem Condylus zurück. Bei der Mundschlussbewegung gleitet er wieder auf den Condylus. Bei der Unterkieferbewegung ist ein Gelenkknacken hörbar. Auf Grund der Ähnlichkeit zur ADV ist eine Differentialdiagnose nur durch die klinische

Untersuchung unmöglich. Eine eindeutige Differenzierung kann mittels bildgebender Verfahren geschehen [44].

Die laterale Diskusverlagerung ist eine selten vorkommende Diskopathie, da das Lig. laterale eine hohe stabilisierende Wirkung auf den Diskus hat, indem es ihn am lateralen Pol des Condylus befestigt [45]. Eine laterale Diskusverlagerung kann einerseits klinisch durch Ertasten als Vorwölbung im seitlichen Gelenkbereich und andererseits durch bildgebende Verfahren wie Sonographie und MRT diagnostiziert werden [46, 47].

Auch die medialen Diskusverlagerungen kommen nur gelegentlich vor. Vielfach sind sie mit anterioren Diskusverlagerungen kombiniert. Dies ist vor allem auf die direkte Verbindung des Lig. mediale mit dem M. pterygoideus lateralis und damit mit dem Diskus zurückzuführen [45]. Die Inzidenz der lateralen Diskusverlagerungen ist dabei größer [48]. Taskaya-Yilmaz et al. berichten von einer signifikanten Korrelation zwischen der Diskusverlagerung (sowohl mit als auch ohne Reposition) und der Spannungslosigkeit des Musculus pterygoideus lateralis und medialis [33].

Bei der Untersuchung von 545 Patienten beschreibt Foucart 1998 eine Häufigkeitsverteilung von 52% mit DVOR, von 26% mit DVMR und von 11% mit partieller ADV. Außerdem stellt er bei 5% eine reine Seitwärtsbewegung des Diskus, bei 4% einen verklebten Diskus (akute DVOR mit eingeschränkter Mundöffnung) und bei 2% eine reduzierte Translationsbewegung bei normaler Diskus-Condylus-Relation fest. Bei der DVOR tritt bei 34% und bei der DVMR bei 53% der Patienten eine rotatorische Diskusverlagerung mit einem sideshift nach lateral in 50,5% und nach medial in 49,5% auf. Bei Probanden mit partieller Vorverlagerung sind 97% der Disci gleichzeitig nach lateral verlagert. Außerdem wird festgestellt, dass mit zunehmendem Alter bei der Diagnose DVOR degenerative Veränderungen zunehmen [49].

Eine weitere schwere Form der Diskusdegeneration ist die Perforation des Diskus. Die meisten Kiefergelenke mit Diskusperforationen sind osteoarthrotisch verändert und weisen klinische und radiologische Befunde auf, welche mit einer DVOR assoziiert sind [50, 51].

Bei der Diagnose von Diskusverlagerungen ist es selbst bei der Kombination der sensitivsten klinischen Symptome nicht möglich, falsch positive Ergebnisse auszuschließen [52]. Da die Genauigkeit der anamnestischen und klinischen Befunde nicht ausreicht, um die DVOR mit Sicherheit von den anderen Diagnosen zu unterscheiden, ist der Einsatz der bildgebenden Diagnostik in Form einer MRT-Aufnahme unumgänglich [53, 54]. Dabei ist es unerheblich, welche Art von klinischer Diagnostik durchgeführt wurde [55]. Nur eine eingeschränkte Mundöffnung und Schmerzen des Patienten bei Belastung korrelieren signifikant mit einer bilddiagnostisch gesicherten DVOR [56, 57]. Orsini et al. gehen sogar davon aus, dass kein klinischer Parameter für sich allein die bildgebend verifizierte Diskusverlagerung mit völliger Sicherheit vorhersagen kann [52]. Die klinische Untersuchung unter Zuhilfenahme der RDC/TMD [3] (Tabelle 1.1) zeigte in einer Analyse von Tognini einen guten prädikativen Wert für die MRT in Bezug auf die Diagnose „normale Diskusposition“ (86,2%) und einen akzeptablen prädikativen Wert für die Diagnose „Diskusvorverlagerung mit Reposition“ (70,3%), während sich bei der Diagnose „Diskusvorverlagerung ohne Reposition“ kein akzeptabler prädikativer Wert ergab [58].

1.2.4 Strukturelle Veränderungen des Kiefergelenkes bei CMD

Schellas berichtet 1989 in einer vergleichenden Untersuchung mittels MRT und klinischen Befunden über das „Internal derangement“ des Kiefergelenks als eine irreversible, generell fortschreitende Erkrankung und Abnutzung [59]. Nach Biaci ist die Arthrose des Kiefergelenks ein dynamischer, von einem gestörten Stoffwechsel der Chondrozyten ausgehender Prozess, der nicht unbedingt fortschreiten muss [60].

Um die Pathophysiologie der degenerativen strukturellen Veränderungen bei Kiefergelenkserkrankungen besser deutlich zu machen, untersuchten Milam et al. den zugrundeliegenden molekularen Mechanismus, welcher sowohl den adaptiven als auch pathologischen Antworten der artikulierenden Gelenkoberflächen auf mechanischen Stress unterliegt [61, 62]. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass es bei mechanischer Belastung zu einer Anhäufung freier Radikale und Cytokine auf entzündeten Gelenkoberflächen kommt („oxidativer Stress“) [63]. Diese Prozesse in Verbindung mit der neurogenetischen Entzündung regen den Arachidonsäure-Metabolismus und damit die Prostaglandin- und

Leukotrienproduktion an, was wiederum zu einer Aktivierung von Proteasen und Kollagenasen und folglich zu einem verstärkten Gewebeabbau führt. Um die Bedeutung der Anwesenheit von Proteasen, Cytokinen, Wachstumsfaktoren und Arachidonsäuremetaboliten im osteoarthrotischen Kiefergelenk zu veranschaulichen, vergleicht Dijkgraaf die physiologischen Prozesse und die beteiligten Faktoren im „normalen Kiefergelenk“ und im „osteoarthrotischen Kiefergelenk“, basierend auf dem Wissen über die Struktur, die biochemischen Prozesse und den Metabolismus von normalem und osteoarthrotischem Knorpel im allgemeinen [64, 65].

Dijkgraaf et al. unterteilen die Umbauprozesse des Kiefergelenks in vier verschiedene Stadien:

- 1. Initiales Reparaturstadium**
 - Ungleichgewicht von Synthese und Abbau der extrazellulären Matrix von Chondrozyten
 - dem gesteigerten Abbau der extrazellulären Matrix steht ein Anstieg von Synthesefaktoren gegenüber
 - neue Balance von Abbau und Synthese der extrazellulären Matrixkomponenten
- 2. Frühstadium**
 - der gesteigerte Abbau übersteigt die gesteigerte Synthese der extrazellulären Matrixkomponenten
 - Folge=> Kollagennetzabbau
- 3. Intermediärstadium**
 - der gesteigerte Abbau übersteigt die nachlassende Synthese der extrazellulären Matrixkomponenten
 - dies führt zu einem progressiven Abbau und Verlust von Kollagenfasernetzen
- 4. Spätstadium**
 - der gesteigerte Abbau übersteigt die reduzierte Synthese der extrazellulären Matrixkomponenten
 - Kollaps der Kollagenfasernetze

Im initialen Reparaturstadium sind die Zellproliferation und eine erhöhte metabolische Aktivität der Chondrozyten erste Anzeichen einer Arthrose. Diese können als aktive

Reparaturvorgänge jahrelang asymptomatisch bleiben [60]. In der zweiten Phase treten Schwellungen des Knorpels durch Wasseraufnahme auf, wobei die Knorpeloberfläche unregelmäßig wird [16]. Es kommt zu einer gesteigerten Produktion hydrolytischer Enzyme. Das Kollagengerüst der Knorpelstrukturen verliert seine organisierte Struktur und nekrotische Zellen sind immer häufiger nachweisbar [16]. In der dritten und vierten Phase überwiegen die enzymatischen Abbauprozesse gegenüber den Reparaturprozessen, und das Knorpelgerüst ist nicht mehr dazu in der Lage, sich der mechanischen Belastung zu widersetzen. Es treten Bewegungseinschränkungen und Gelenkgeräusche auf [64, 65].

1.3 Bildgebende Diagnostik

Bildgebende Verfahren werden bei Verdacht auf Strukturveränderungen des Kiefergelenks zur Diagnosesicherung eingesetzt. Dabei geben sie aber keinen Aufschluss über den Zustand der Kiefergelenksfunktion. Die Indikation zur bildlichen Darstellung der Kiefergelenkstrukturen liegt vor, wenn die klinische Untersuchung folgende Verdachtsdiagnosen erlaubt: (1) primäre Gelenkerkrankungen, (2) sekundäre morphologische Veränderungen oder (3) Veränderung der Lagebeziehungen zwischen Condylus und Diskus.

Zur Darstellung der knöchernen Gelenkanteile kommen neben der Magnetresonanztomographie (MRT) verschiedene röntgenologische Verfahren zum Einsatz, so z.B. das Orthopantomogramm (OPTG), die Gelenkdarstellung mittels OPTG plus speziellem Zusatzprogramm, die transkraniale exzentrische Schädelaufnahme nach Schüller, die axiale Schädelaufnahme nach Hirtz, konventionelle Tomogramme, das Fernröntgenseitenbild, die okzipitofrontale Schädelaufnahme nach Clementschitsch, die Arthrographie und die Computertomographie (CT). Bis auf das OPTG und das CT haben die aufgeführten röntgenologischen Verfahren jedoch keine Indikation zur Diagnosesicherung der CMD, da sie mit Ausnahme der Arthrographie durch Überlagerungen die Darstellbarkeit der knöchernen Kiefergelenkstrukturen erschweren [12].

Als Basis für die knöcherne Darstellung des Kiefergelenks gilt das OPTG. Es ist in Kombination mit dem MRT zur Beurteilung der Weichgewebe für die meisten

Fragestellungen zu CMD ausreichend [11, 12]. In einer vergleichenden anatomischen und MR-tomographischen Untersuchung an explantierten Kiefergelenken fanden Müller et al. einen im Detail in 80% übereinstimmenden MRT- und Makroskopiebefund [66]. Tasaki et al. zeigten bei dem Vergleich von MRT-Untersuchungen und anatomischen Präparaten sogar eine Übereinstimmung in 95% der Fälle in Bezug auf die Diskuslage und die Diskusform und in 93% auf die Knochenveränderungen [67]. In Hinsicht auf die Reliabilität und Validität stellten Westesson et al. für die MRT im Vergleich zur Arthroskopie und CT insgesamt die höchste Genauigkeit fest [13].

Zur frühen Diagnostik von Diskusperforationen und/oder Degeneration der Gelenkoberflächen bzw. Adhäsionen des Gelenkes ist die Arthroskopie besser geeignet als die Kombination von MRT und OPTG [68]. Sie ist jedoch als invasives bildgebendes Verfahren ebenso wie die Arthrographie in der Indikation stark eingeschränkt, da sie mit Komplikationen wie zum Beispiel Schmerzen, Infektionen, Diskusperforation und allergischen Reaktionen einhergehen kann [8]. Der Vollständigkeit halber soll noch die Single-Photon-Emissions-computertomographie (SPECT) erwähnt werden, die bis auf entzündliche Prozesse keine Indikation zur Diagnostik bei CMD hat [12].

Die Computertomographie hat bedingt durch geringe Scanzeiten und durch reformierte Techniken wie die multiplanare Rekonstruktion (MPR) einen unschätzbaren Wert gegenüber der Einschnitttechnik. Sie spielt heute eine Schlüsselrolle in der Beurteilung des Kiefergelenktraumas und der begleitenden knöchernen Verletzungen [8].

Die Ultraschalluntersuchung von Gelenk und Muskulatur, die Thermographie oder die Oberflächenmyographie haben nur eine geringe Gültigkeit in der Diagnose von CMD, da diese Methoden keine ausreichend hohe Spezifität und Sensitivität aufweisen [69, 70, 71]. Dennoch ist die Sonographie ein preiswertes, leicht durchführbares, nicht-invasives, schnell auszuwertendes Verfahren, um entzündliche Prozesse im Kiefergelenk darzustellen [72, 73, 74].

1.4 Therapie

Die Symptomatik einer Diskusverlagerung ist nicht einheitlich. Türp et al. wiesen 1998 in einer Studie darauf hin, dass der Prozess der Diskusverlagerung ohne Schmerzen ablaufen kann, so dass kein Behandlungsbedarf besteht. Seine Arbeitsgruppe stellte fest, dass die Beobachtung einer morphologischen Abweichung für sich allein keinen hinreichenden Grund für eine therapeutische Intervention darstellt [30]. De Bont et al. kamen zu dem Ergebnis, dass CMD nicht progressiv verlaufen, in einem hohen Prozentsatz der Fälle selbstlimitierend sind und keiner weiteren Behandlung bedürfen [75].

Schwere und lang anhaltende Schmerzen sowie eine Einschränkung in der Funktion erfordern jedoch eine medikamentöse Therapie. Nichtsteroidale Antirheumatika dienen dabei der Linderung akuter Schmerz- und Entzündungszustände.

Die Eingliederung einer intraoralen Schiene stellt heute den Standard der Therapie dar. Dabei unterscheidet man zwei Schientypen: die Äquilibrationsschiene und die Repositionierungsschiene. Therapeutisches Ziel der Anwendung von Äquilibrationsschienen (Stabilisierungsschienen), welche in der Gelenkzentrik gefertigt sind, ist die Linderung des auf die Weichgewebsstrukturen ausgeübten Druckes und der Ausgleich der Okklusion. Die Repositionsschienen versuchen hingegen bei vorliegender ADV, diese durch eine therapeutische Bisslage zu beheben. Dies ist in der Regel eine protrusive Lage des Unterkiefers, welche als Ausgangsposition für die anschließende prothetische oder kieferorthopädische Rehabilitation genutzt wird [76].

Chirurgische Eingriffe stellen eine weitere Therapiemöglichkeit dar [77]. Bei schweren Formen der DVOR mit eingeschränkter Mundöffnung (verklebter Diskus) bringt eine arthroskopische Adhäsioektomie und Lavage gute Behandlungsergebnisse [55, 77, 78, 79, 80]. Eine weitere Möglichkeit bei Patienten mit DVOR stellt die Reposition des Diskus durch Teilresektion der bilaminären Zone dar. Voraussetzung ist jedoch ein nichtdeformierter Diskus [81]. Bei osteoarthrotischen Gelenken mit verlagerten und deformierten Disci ist die Diskektomie die Operation der Wahl. Auch die Diskektomie in Kombination mit dem

Einsetzen von Transplantaten wurde versucht [81]. Jedoch wird diese Methode heute aufgrund verschiedener Komplikationen (Arrosion und Fraktur des Scheitelbeins, Implantatverlagerung, Fremdkörperreaktion) nur noch selten angewandt [82, 83, 84].

Irreversible Behandlungsmaßnahmen wie anteriore Repositionsschienen [85] und chirurgische Eingriffe [86] sind mit deutlichen Risiken verbunden und haben eine relativ hohe Misserfolgsquote. Außerdem konnten Sato et al. durch röntgenologische Untersuchungen ein „Remodelling“ degenerativ veränderter Kiefergelenke nachweisen [87]. De Leeuw et al. berichteten von Patienten, bei denen dreißig Jahre zuvor eine uni- oder bilaterale Diskusverlagerung mit und ohne Reposition oder eine Kiefergelenksarthrose diagnostiziert worden war, die auch ohne Therapie nach diesem Zeitraum klinisch kaum von den Kontrollprobanden unterschieden werden konnten [88]. Diese Untersuchungen beweisen, dass eine Repositionierung des Diskus für die Kiefergelenksfunktion nicht unbedingt notwendig ist.

Daher sollte die Indikation tiefgreifender Behandlungsmaßnahmen genau abgewogen und in akuten Schmerzzuständen einer CMD die Behandlung auf die Verwendung von Äquilibrationsschienen und die Gabe von Analgetika, welche gute Ergebnisse erzielen [89, 90], beschränkt werden.

1.5 Problemstellung

Die bildgebende Darstellung des Kiefergelenks mittels MRT ist bereits seit einigen Jahren eine etablierte Methode zur Diagnostik von Funktionsstörungen und degenerativen Veränderungen des Kiefergelenkes. Zur Erleichterung der Therapieentscheidung und zur Kontrolle der klinischen Befunde stellt das MRT heute den Goldstandard in der nicht-invasiven bildgebenden Diagnostik dar [13]. Bei der morphologischen und morphometrischen Auswertung kam es in den bisher durchgeführten Studien jedoch häufig zu widersprüchlichen Ergebnissen. Müller-Leisse et al. untersuchten 1997 den Einfluss der Diskusverlagerung im Kiefergelenk auf die Gelenkbinnenstrukturen. Die Aufnahmen wurden sowohl morphologisch als auch morphometrisch beurteilt [91]. In Bezug auf die morphologische Veränderung bei ADV stellte die Arbeitsgruppe folgendes fest:

- eine Verdickung und Verkürzung des Diskus
- eine Anhebung der Signalintensität des hinteren Diskusbandes
- eine Ausdünnung der bilaminären Zone
- eine Verkleinerung des Condylus articularis
- eine Annäherung des Condylus an die Fossa mandibularis in geschlossener Mundposition
- eine Annäherung des Condylus an das Tuberculum articulare in offener Mundposition
- eine Abflachung des Condylenbahnwinkels

Schon 1985 fanden Miller et al. in ihrer Studie eine Verdickung und Deformation des Diskus bei ADV mit und ohne Reposition [92]. Nebbe et al. veröffentlichten verschiedene Arbeiten, die sich mit der Veränderung des Diskus in Abhängigkeit von der ADV auseinandersetzen und stellten eine Reduktion der Diskuslänge fest [93, 94, 95, 96]. Kurita et al. überprüften die Morphologie des Tuberculum articulare als prädisponierenden Faktor für eine ID und stellten fest, dass eine ADV bei einem kurzen Tuberculum articulare weniger wahrscheinlich ist [97]. Demgegenüber fanden Schmid et al. keine Hinweise auf eine erhöhte Prominenz des Tuberculum articulare bei Kiefergelenken mit einem ID [98]. Auch wurde diskutiert, ob die Größe des Condylus eher Prädisposition oder Folge eines ID ist. Die Arbeitsgruppe von Schmid et al. kam zu dem Ergebnis, dass eine kleine Condylusgröße als Prädisposition

anzusehen sei, da sie auch bei jungen Individuen mit klinisch unauffälligen Gelenken nachgewiesen werden konnten [98]. Exostotische Veränderungen und Abflachungen des Gelenkköpfchens bei ADV seien aber eher eine funktionelle Adaptation aufgrund einer annähernd translatorischen Bewegung im unteren Kompartiment. Folge dieser Translation sei eine Überdehnung der Bandstrukturen und damit eine fehlende ligamentäre Stabilität, woraus eine dezentrierte, dorsale Lage des Condylus in der Gelenkgrube resultiert. Galante et al. fanden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Winkelmessungen und lineare Messungen der Fossa mandibularis zwischen asymptomatischen Freiwilligen und symptomatischen Probanden mit einer kranio-mandibulären Dysfunktion [99]. Andererseits konnten Pullinger et al. in einer multifaktoriellen Analyse einige Unterschiede zwischen den Messungen der Hartgewebsbestandteile bei symptomatischen und asymptomatischen Kiefergelenken feststellen. Bei asymptomatischen Kiefergelenken wurden eine kleinere Gelenkweite, eine weniger extreme Gelenktiefe, eine kleinere Tuberhöhe und Tuberlänge sowie eine mehr anteriore bis konzentrische Condylenposition im Vergleich zu symptomatischen Kiefergelenken mit einem ID festgestellt [100, 101]. Tonguc et al. beschrieben einen steileren Anstieg des posterioren Abhangs und ein höheres Tuberculum articulare als Prädisposition für die Entstehung einer DVMR. Die Abflachung des Tuberculum schreitet mit der Zeit bei progressivem ID fort und führt zum Übergang in die DVOR [102]. Dies stimmt auch mit den Ergebnissen anderer Gruppen überein [103, 104, 105]. Andererseits konnte in einer Studie von Gökalp et al. kein Beweis dafür erbracht werden, dass ein steiles Tuberculum ein ätiologischer Faktor für die Entwicklung eines ID sei.

Aufgrund der unterschiedlichen Datenlage war das Ziel der vorliegenden Arbeit, an einem möglichst großen Kollektiv von Patienten mit ID anhand der MRT-Bildgebung die verschiedenen in der Literatur beschriebenen morphometrischen Parameter mit dem Funktionszustand des Diskus zu vergleichen [91, 97, 100, 106].

2 Material und Methoden

Die Studie entstand in Zusammenarbeit zwischen dem Zentrum für Zahnmedizin, Abteilung für zahnärztliche Prothetik und Alterszahnmedizin (Abteilungsleiter: Prof. Dr. med. K. P. Lange) und der Klinik für Strahlenheilkunde (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Felix) der Charité, Campus Virchow Klinikum an der Humboldt-Universität zu Berlin.

2.1 Patientenkollektiv

In der retrospektiven Studie wurden sämtliche MRT-Aufnahmen von Kiefergelenken, welche von der Abteilung für zahnärztliche Prothetik im Zeitraum von Juli 1993 bis Juli 2001 in Auftrag gegeben wurden, erfasst. Bei allen Patienten wurde vorher ein klinischer Funktionsstatus erhoben. Als Einschlusskriterium für die Auswahl der Bilder diente das Vorliegen des Verdachtes auf ID, d.h. die Patienten wiesen entweder Kiefergelenkgeräusche und/oder eine Limitation der Mundöffnung auf. Die Aufnahmen der Kiefergelenke wurden von Speicherplatten aus dem Archiv der Charité in das Intranet der Klinik für Strahlenheilkunde gestellt.

Ausschlusskriterien waren zum einen schlechte Bildqualität oder Artefakte und zum anderen die für die Vermessung nicht ausreichend große Darstellung des Bildausschnittes. Das hier ausgewertete Material umfasst 184 Patienten und damit 368 Kiefergelenke. Die Geschlechterverteilung betrug 2,75 zu 1 (135 weibliche und 49 männliche Patienten). Das mittlere Alter lag bei 38 Jahren mit einer Standardabweichung von 15,5 bei einem Medianwert von 36 Jahren. Der jüngste Patient war 12, der älteste 86 Jahre alt.

2.2 Kernspintomograph und Oberflächenspule

Die Untersuchungen wurden bei allen Patienten mittels eines 1,5-Tesla-MRT-Gerätes (Magnetom SP63, Siemens, Erlangen, Deutschland) durchgeführt. Anhand einer transversalen Übersichtsaufnahme wurden die jeweiligen parasagittalen bzw. koronalen Schnittebenen festgelegt. Die bilateralen Kiefergelenksuntersuchungen wurden mit einer 12 cm messenden Orbitaspule durchgeführt. Diese reine Empfangsspule wurde mit einer antimagnetischen Sicherung ausgerüstet, um die Patienten vor einer lokalen Überhitzung zu schützen. Um Bewegungsartefakte zu vermeiden, wurde der Kopf mit einer Kopfstütze fixiert und die Spule direkt über dem Kiefergelenk am Patienten befestigt. Es wurden zum einen Bilder mit geschlossener Mundhaltung in Interkuspitationsposition (IKP) und zum anderen Bilder mit geöffneter Mundposition aufgenommen. Dabei handelte es sich um T1- (n=92) und T2-gewichtete Aufnahmen (n=132), deren Scans eine Schichtdicke von 3 mm ohne einen Zwischenabstand hatten und mit den in Tabelle 2.1 dargestellten Sequenzparametern ausgeführt wurden.

Tab. 2.1: Verwendete Sequenzparameter (ms = Millisekunden, mm = Millimeter).

	<i>T1-Sequenz</i>	<i>T2-Sequenz</i>
TR (ms)	750 - 1000	2600
TE (ms)	15	90
Dauer (min)	4:34	6:20
Akquisitionen	2	2
FOV (mm)	120	120
Matrix (Pixel)	256 x 256	240 x 256
Schichtdicke (mm)	3	3

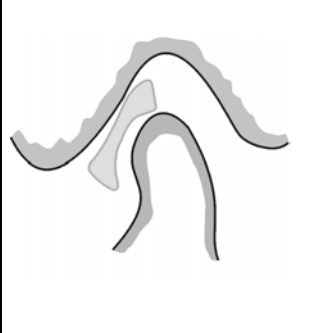
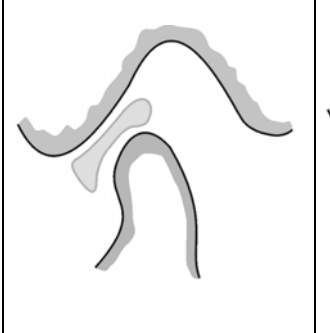
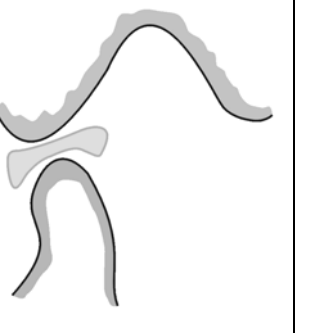
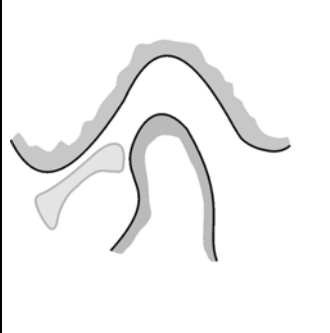
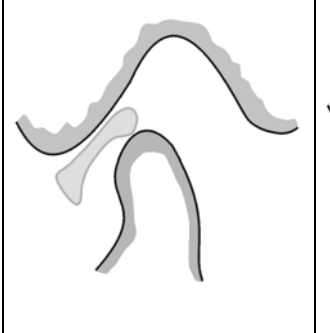
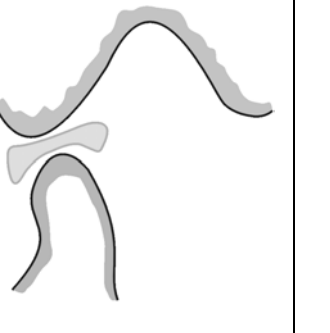
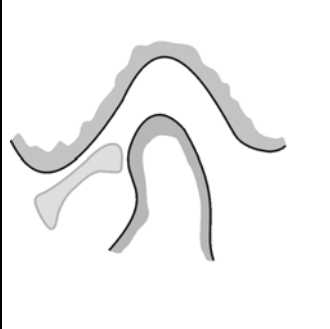
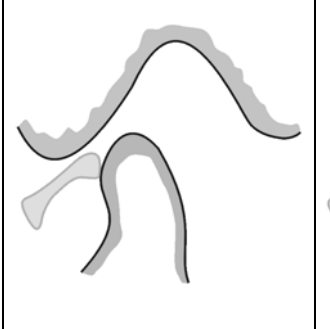
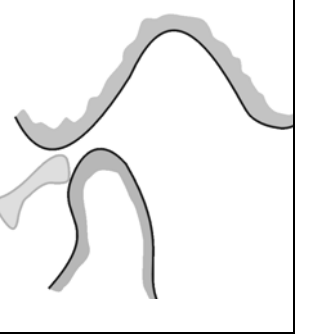
2.3 Aufarbeitung und Auswertung der Aufnahmen

Nach der Untersuchung wurden die Bilddaten zur Befundung auf einen Röntgenfilm belichtet und im Archiv der Strahlenklinik gelagert. Außerdem wurde der vollständige Datensatz auf Speicherplatten gesichert. Von diesen wurden die Daten im ACR/NEMA-Bildformat auf den Arbeitsspeicher des MR-Tomographen und von dort über das hausinterne Netzwerk an eine PC-basierte Bildverarbeitungsworkstation transferiert. An dieser fand die morphometrische Auswertung mit Hilfe der Bildverarbeitungssoftware Radworks 5.0 (Centricity RA 600, General Electronics) statt. Durch dieses Programm ließen sich die Bilder stark vergrößern und bearbeiten. Bezüglich der Genauigkeit der Messungen entsprach ein Pixel in der MRT-Aufnahme 0,088 mm realer anatomischer Messung. Zur Auswertung wurde eine Aufnahme in der zentralen Schnittebene ausgewählt. Es war möglich, die Frankfurter Horizontale (FH) für jede Bildserie als Bezugslinie zu speichern und ausgehend von dieser Linie Messungen durchzuführen.

2.4 Morphologische Auswertung

Die Lage des Discus articularis und sein Funktionszustand wurden anhand der vereinfachten Klassifikation nach Drace in „normal“, „anterior luxiert mit Reposition bei Mundöffnung“ und „anterior luxiert ohne Reposition bei Mundöffnung“ eingeteilt [107] (Tabelle 2.2) und für die weiteren Auswertungen als Vergleichsmaßstab verwendet.

Tab. 2.2: Einteilung der Diskus-Condylus-Relation modifiziert nach Drace [107].

	Mund geschlossen	Mund halb geöffnet	Mund ganz geöffnet
Grad 1: normale Diskusposition (NDP)			
Grad 2: anteriore Diskus- verlagerung mit Reposition bei Mundöffnung (DVMR)			
Grad 3: anteriore Diskus- verlagerung ohne Reposition bei Mundöffnung (DVOR)			

2.5 Morphometrische Auswertung der Weichgewebsstrukturen

2.5.1 Lage des Discus articularis

Die morphometrische Bestimmung der Diskus-Position erfolgte anhand von zwei unterschiedlichen Maßen. Der Diskuswinkel (dw) wird nach Rammelsberg durch eine Senkrechte von der Frankfurter Horizontalen durch den Mittelpunkt des Condylus und von diesem zum posterioren Band des Discus articularis gebildet [47] (Abb. 2.1). Eine NDP ist dabei bei einem Winkel zwischen -30° und 10° gegeben, während eine ADV bei einem Winkel größer 10° vorliegt. Die ADV wurden in Abhängigkeit von der Diskuslage bei maximaler Mundöffnung in solche „mit Reposition bei Mundöffnung“ und „ohne Reposition bei Mundöffnung“ gegliedert.

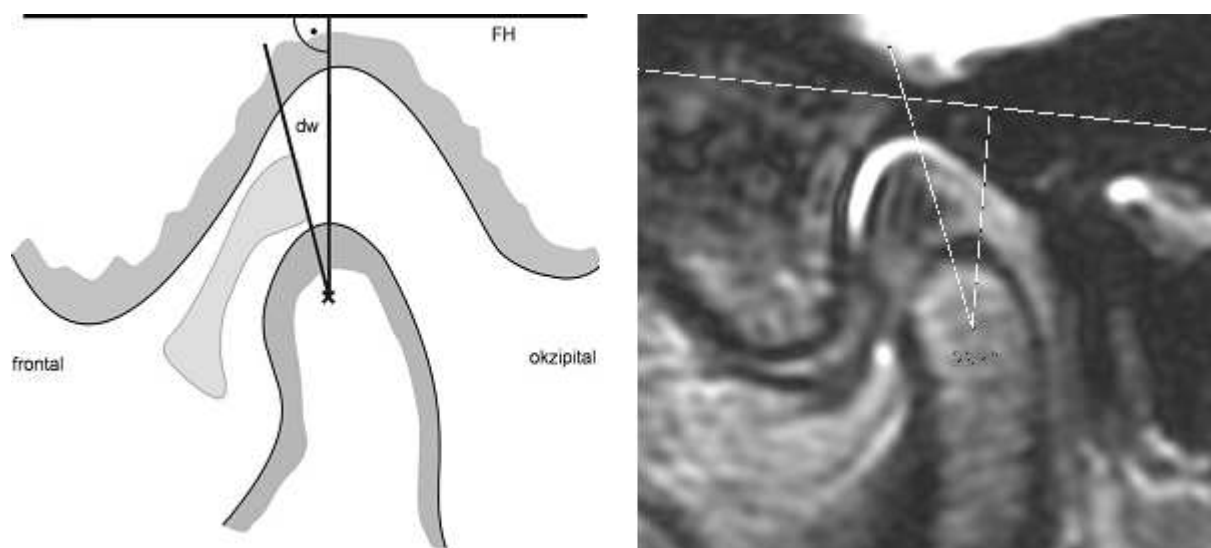


Abb. 2.1: Schema zur Bestimmung der Position des Discus articularis durch Messung des Diskuswinkels (dw).

Mit der zweiten Messmethode wird die sogenannte sagittale Diskuslage (sdl), d.h. der Abstand des posterioren Diskusrandes von der Senkrechten zur FH erfasst, die durch den tiefsten Punkt der Fossa mandibularis gelegt wird [91] (Abb. 2.2).

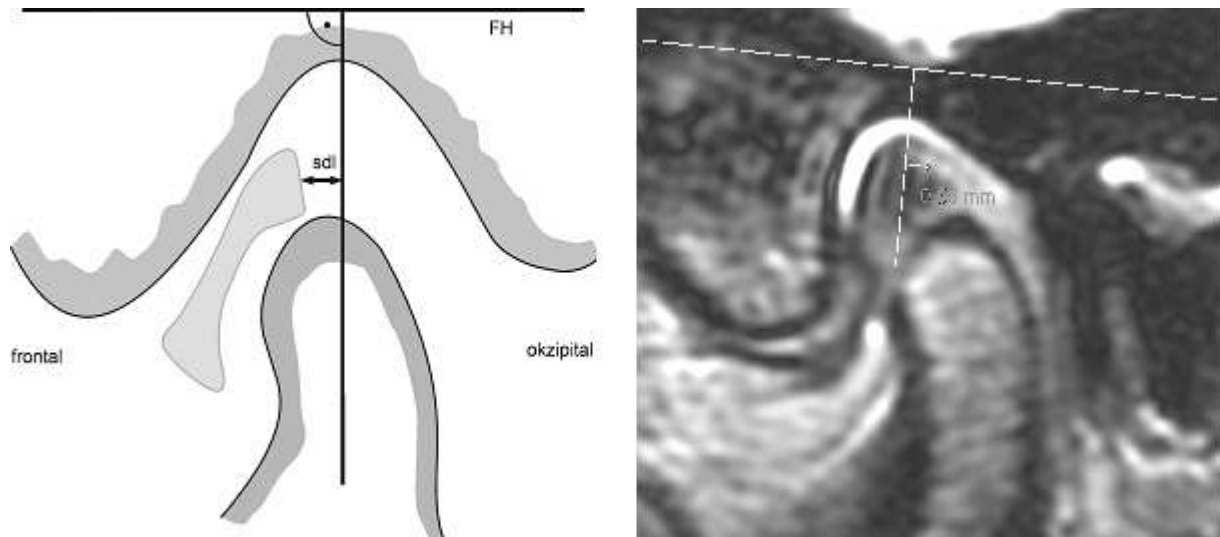


Abb. 2.2: Schema zur Bestimmung der Position des Discus articularis durch Messung der sagittalen Diskuslage (sdl).

Zusätzlich wurden alle ADV in fünf Untergruppen ($\leq 10^\circ$, $> 10^\circ$ bis $\leq 30^\circ$, $> 30^\circ$ bis $\leq 50^\circ$, $> 50^\circ$ bis $\leq 80^\circ$ und $> 80^\circ$) eingeteilt [33, 108] (Tabelle 2.3).

Tab. 2.3: Differenziertere Einteilung des Patientenkollektives unter Verwendung der Klassifikation nach Taskaya [33, 108].

Gruppe	Definition	Diskuswinkelbereich
1	normale Diskusposition	≤ 10
2	leichte anteriore Diskusverlagerung	>10 bis ≤ 30
3	milde anteriore Diskusverlagerung	>30 bis ≤ 50
4	moderate anteriore Diskusverlagerung	>50 bis ≤ 80
5	anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition	>80

2.5.2 Diskusform

Bei der Vermessung der Form des Discus articularis wurden verschiedene Bereiche berücksichtigt. Die Diskuslänge (dl) beschreibt den Abstand zwischen anteriorem und posteriorem Pol des Diskus. Die Breite des Diskus wurde senkrecht zur Längenmessung als größte Ausdehnung des anterioren (bab) und posterioren Pols bzw. Bandes (bpb) und im Bereich der intermediären Zone (biz) gemessen [109] (Abb. 2.3).

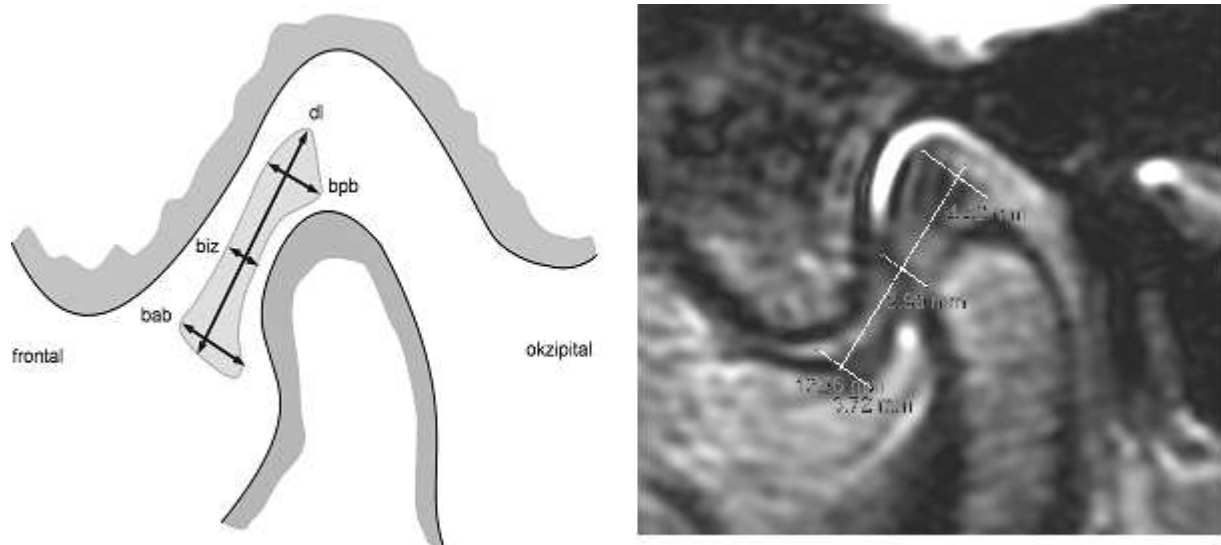


Abb. 2.3: Vermessung des Discus articularis nach Vogl [109] (dl = Diskuslänge, bab = Breite des anterioren Bandes, biz = Breite der intermediären Zone, bpb = Breite des posterioren Bandes).



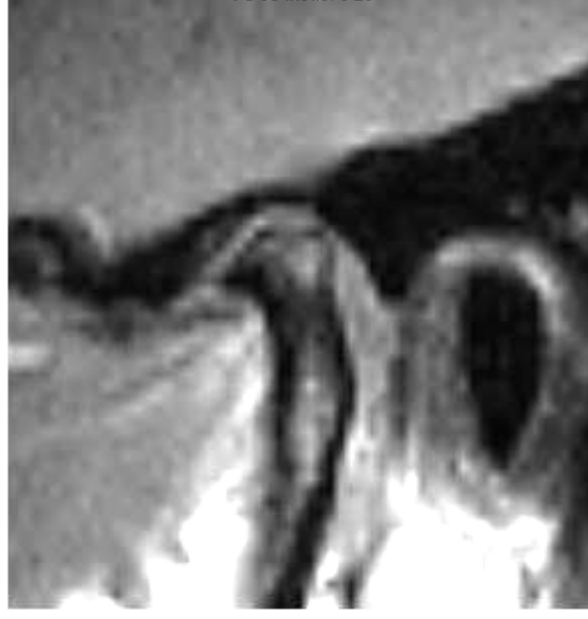

2.6 Morphometrische Auswertung der knöchernen Strukturen

2.6.1 Condylus articularis

2.6.1.1 Condylusform

Die Form des Kiefergelenkköpfchens wird in Anlehnung an Müller-Leisse in vier Kategorien eingeteilt, die neben der physiologischen, annähernd runden Form (Grad 1) die abgeflachte Form (Grad 2), die Form mit osteophytärem Anbau (Grad 3) und die Form mit ausgeprägter Kortikalisverdickung (Grad 4) umfasst [91] (Tab. 2.4).

Tab. 2.4: Beschreibung der Form des Condylus articularis.

	
<i>Grad 1: rund (normal)</i>	<i>Grad 2: flach</i>
	
<i>Grad 3: osteophytär</i>	<i>Grad 4: Kortikalis verdickt</i>

2.6.1.2 Condylusgröße

Die Größe des Condylus wurde durch das Anlegen einer kreisförmigen Fläche bestimmt, die den Condylus am besten umfasst. Der Durchmesser parallel zur Frankfurter Horizontalen definiert dabei die Größe des Condylus (cd) und der Mittelpunkt wird für die Bestimmung der Condylusposition relativ zur Fossa herangezogen [100] (Abb. 2.4).

2.6.1.3 Condyluslage

Der kleinste Abstand zwischen der Condylusoberfläche und dem Os temporale gemessen auf der Verbindungslinie zwischen Mittelpunkt des Condylus articularis und anteriorem bzw. posteriorem Os temporale, gibt den anterioren (ags) bzw. posterioren Gelenkspalt (pgs) an [66, 110]. Der superiore Gelenkspalt (sgs) wird entsprechend bis zum Scheitel der Fossa mandibularis gemessen [66] (Abb. 2.4). Die Condyluslage kann aber auch als sogenannte sagittale Condyluslage (scl) als Abstand zu der Senkrechten zur Frankfurter Horizontalen gemessen werden, die den Scheitel der Fossa kreuzt [91] (Abb. 2.5).

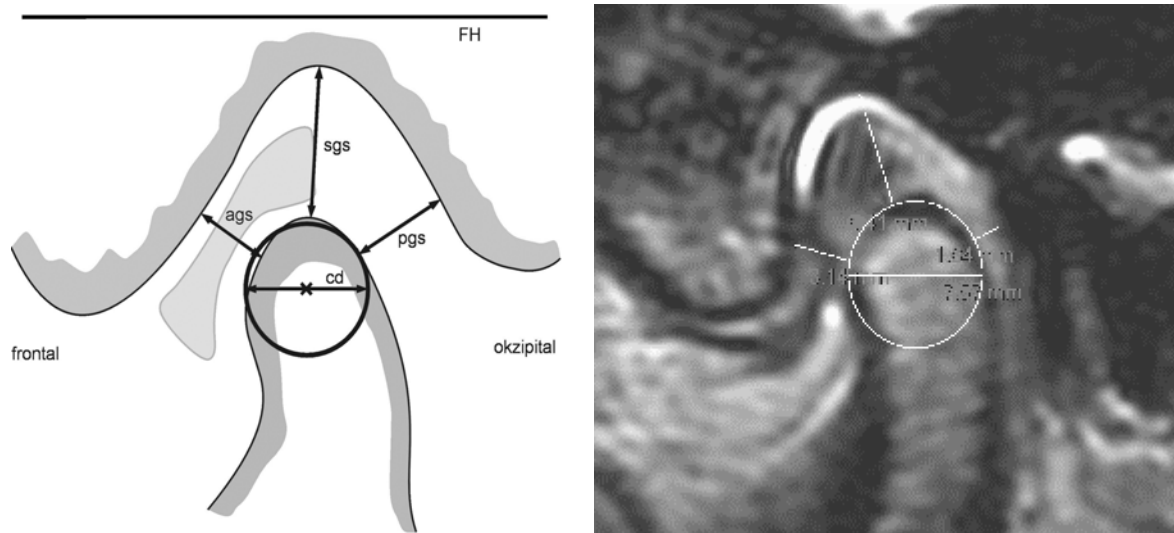


Abb. 2.4: Bestimmung der Lage des Condylus im Verhältnis zur Fossa mandibularis (ags = anteriorer Gelenkspalt, pgs = posteriorer Gelenkspalt, sgs = superiorer Gelenkspalt, cd = Condylus-Durchmesser).

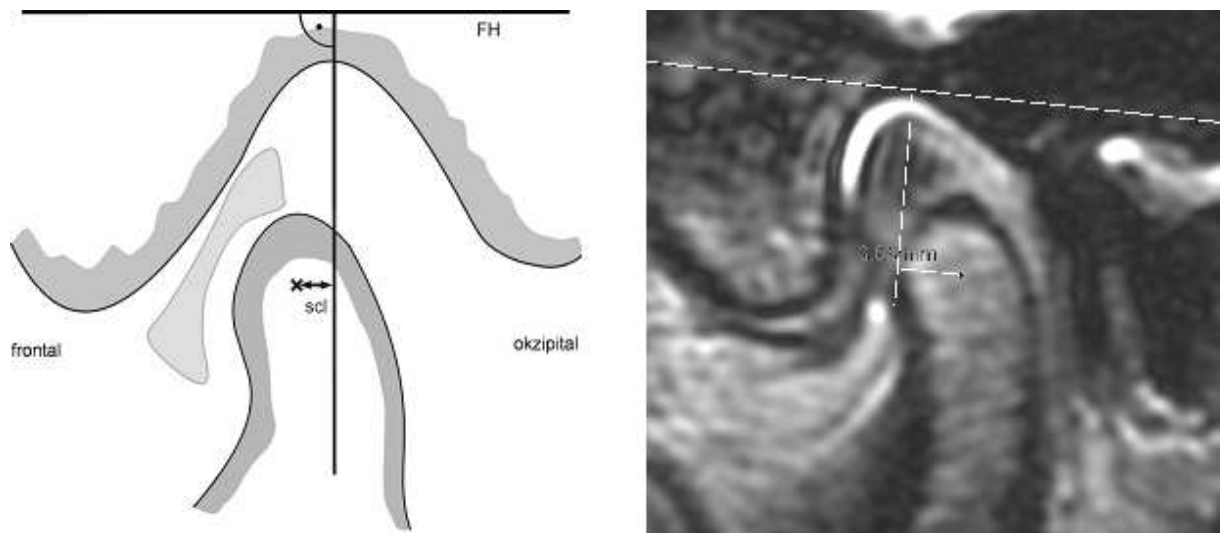


Abb. 2.5: Bestimmung der sagittalen Lage des Condylus im Verhältnis zur Fossa mandibularis senkrecht zur FH gemessen (scl = sagittale Condylus-Lage).

Pullinger et al. haben darüber hinaus weitere morphometrische Parameter zur Größen- und Lagebestimmung des Condylus eingeführt, die sich von den bislang aufgeführten Messmethoden durch den fehlenden Bezug zum Condylus-Mittelpunkt unterscheiden [100] (Abb. 2.6). Senkrecht zur FH werden der Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Condylus und der Fossa (csgs) und zwischen dem tiefsten Punkt der Fossa und des Condylus (fsgs) gemessen (Abb. 2.6).

Die Breite des Condylus (cb) wird auf Höhe der Verbindungslinie des tiefsten Punktes des Tuberculum articulare und des postglenoidalen Processus gemessen.

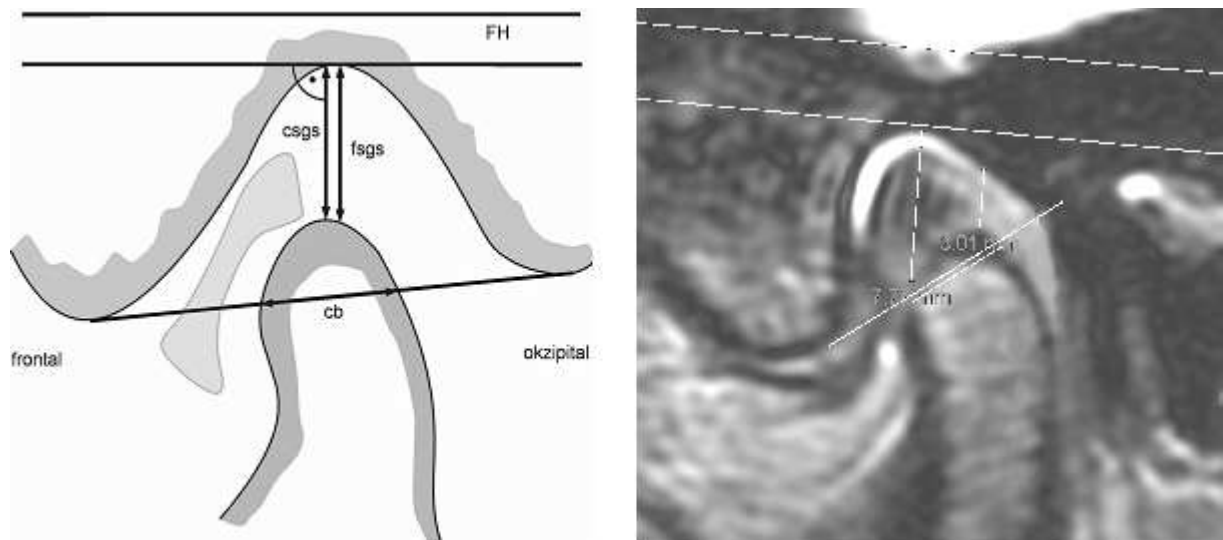


Abb. 2.6: Bestimmung morphometrischer Parameter des Condylus (cb = Condylus-Breite, csgs = Gelenkspalt vom Condylus-Scheitel senkrecht zur FH gemessen, fsgs = Gelenkspalt vom Fossa-Scheitel senkrecht zur FH gemessen).

2.6.2 Fossa mandibularis

Der Tuberneigungswinkel (tnw) wird durch den Winkel zwischen der FH und der Geraden bestimmt, die den Scheitel der Fossa mandibularis und den tiefsten Punkt des Tuberculum articulare verbindet (Abb. 2.7).

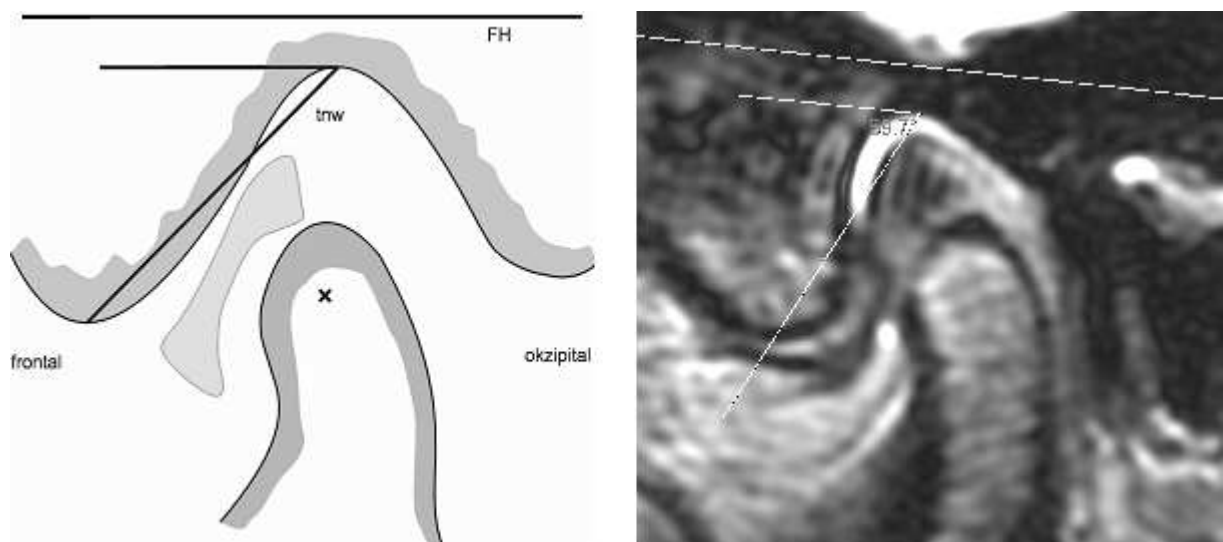


Abb. 2.7: Bestimmung des Tuberneigungswinkels (tnw).

Zur Beschreibung der Fossa mandibularis haben sich nach Pullinger weitere Parameter

bewährt [111] (Abb. 2.8). Die Tiefe der Fossa mandibularis (ft) wird als Abstand zwischen dem höchsten Punkt der Fossa und einer Senkrechten auf die Verbindungslinie des tiefsten Punktes des Tuberculum und des postglenoidalen Processus bestimmt. Die Breite der Fossa (fb) wird als Abstand zwischen dem tiefsten Punkt des Tuberculum und des postglenoidalen Processus ermittelt. Die Höhe des Tuberculum (th) und des postglenoidalen Processus (pgph) werden jeweils senkrecht zur FH gemessen. Die Länge des Tuberculum wird als Abstand zwischen dem Scheitelpunkt des Tuberculum articulare (ts) und dem Scheitelpunkt der Fossa (fs) mandibularis bestimmt.

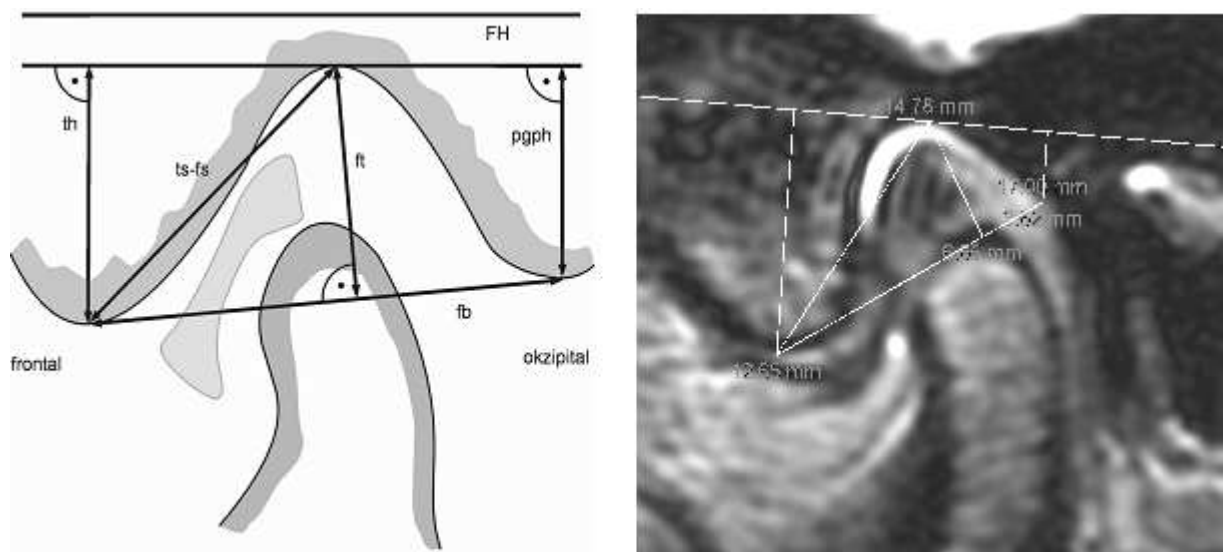


Abb. 2.8: Bestimmung weiterer morphometrischer Parameter der Fossa mandibularis (ft = Tiefe der Fossa mandibularis, fb = Breite der Fossa mandibularis, th = Höhe des Tuberculum, pgph = Höhe des postglenoidalen Processus, ts-fs = Länge des Tuberculum).

2.7 Statistische Auswertungen

Um die einzelnen Aufnahmen der verschiedenen Diskusverlagerungen statistisch miteinander vergleichen zu können, wurden die üblichen statistischen Kenngrößen Sensitivität, Spezifität, positiv prädikativer Wert und negativ prädikativer Wert bestimmt. Dabei bezeichnet die Sensitivität den Anteil der mit den MRT-Aufnahmen richtig erkannten Kranken (richtig Positive durch die Gesamtzahl Kranker) und die Spezifität den Anteil der mit den MRT-Aufnahmen richtig erkannten Gesunden (richtig Negative durch Gesamtzahl Gesunder). Die untersuchten Patienten wurden anhand des Diskuswinkels in drei Gruppen unterteilt. Die statistische Auswertung wurde mit der Software SPSS 11,0 (SPSS-Inc. Chicago, Illinois, USA) vorgenommen. Mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests wurden die drei Gruppen paarweise miteinander verglichen. Bei dieser Methode handelt es sich um einen nichtparametrischen Test für zwei unabhängige Stichproben. Ein ermittelter p-Wert, welcher kleiner als 0,05 war, wurde als statistisch signifikant gewertet. Bei p-Werten unter 0,1 war zumindest eine Tendenz erkennbar. Zur Bestimmung signifikanter Unterschiede in Bezug auf die Condylusformen in Abhängigkeit von der Diskuslage wurde der χ^2 -Test nach Pearson verwendet. Außerdem wurde die Abhängigkeit der einzelnen Parameter untereinander durch eine multivariante Regressionsanalyse bestimmt. Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Form von Boxplots und Korrelationsdiagrammen.

Tab. 2.5: Bedeutung der Zeichen in den Boxplots im Ergebnisteil, ermittelt durch den Mann-Whitney-Test.

Zeichen	Signifikanzangaben
*	$p < 0,05$
**	$p < 0,01$
***	$p < 0,0005$

3 Ergebnisse

3.1 Allgemein

3.1.1 Patientenkollektiv

Die Bildanalyse der 368 Gelenke umfasste die morphologische Beurteilung bei geschlossenem und geöffnetem Mund. Die morphometrische Beurteilung der Weichgewebsstrukturen (Discus articularis) und der Hartgewebsstrukturen (Condylus mandibularis, Fossa mandibularis, Tuberculum articulare und Processus postglenoidalis) konnte bei geschlossenem Mund an 320 Kiefergelenken durchgeführt werden. 48 Kiefergelenke wurden aufgrund von Artefakten oder fehlenden anatomischen Referenzstrukturen von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Insbesondere die Einzeichnung der FH bereitete in einigen Fällen Schwierigkeiten. Bei der überwiegenden Zahl der Kiefergelenke konnte der Orbitaboden jedoch aufgrund des Gesichtsfeldes von 12 cm am Bildrand identifiziert und für die Bestimmung der FH verwendet werden. Bei geöffnetem Mund war eine präzise morphometrische Analyse des Kiefergelenks wegen unterschiedlicher Schneidekantendistanzen und häufig aufgetretener Bewegungsartefakte nicht möglich.

3.1.2 Alter der Patienten

Das mediane Alter der Patienten lag bei 36 Jahren (Tab. 3.1). Auffällige Abweichungen beim Vergleich des medianen Alters gab es vor allem in der Gruppe der Männer. So lag das mediane Alter der männlichen Patienten mit einer DVOR 10 Jahre oberhalb des Gesamtdurchschnitts des Patientenkollektivs, wohingegen sowohl die männlichen Patienten mit einer DVMR als auch die mit einer NDP unterhalb des medianen Alters der allgemeinen Vergleichsgruppe lagen (Tab. 3.1).

Tab. 3.1: Altersverteilung in Abhängigkeit von der Diskuslage.

	<i>Medianes Alter in Jahren</i>		
<i>Diskuslage</i>	alle Patienten	Männer	Frauen
NDP	34,5	33	35
DVMR	36	34	36
DVOR	37	47	37

3.2 Speziell

3.2.1 Diskuslage

Neben der Altersverteilung wurden die MRT-Aufnahmen morphologisch auf die Verteilung der Diskuspositionen überprüft (Abb.3.1). Die Position des Diskus wurde in „normale Diskusposition“ (NDP) (n = 70 Gelenke), „vorverlagert mit Reposition nach Mundöffnung“ (DVMR) (n = 165 Gelenke) und „vorverlagert ohne Reposition nach Mundöffnung“ (DVOR) (n = 85 Gelenke) unterteilt, wobei 14 Fälle mit einer retralen Diskusposition (RDP) zu den physiologischen Positionen gerechnet wurden, da sie bei Mundöffnung eine regelrechte Beweglichkeit nach anterior aufwiesen. 7,1% des Patientenkollektivs wiesen in beiden Kiefergelenken eine normale Diskusposition auf, bei 20,7% lag nur in einem Kiefergelenk eine Fehllage vor, bei 56,5% in beiden Kiefergelenken. Bei 15,8% war ein Seitenvergleich aufgrund fehlender Werte nicht möglich.

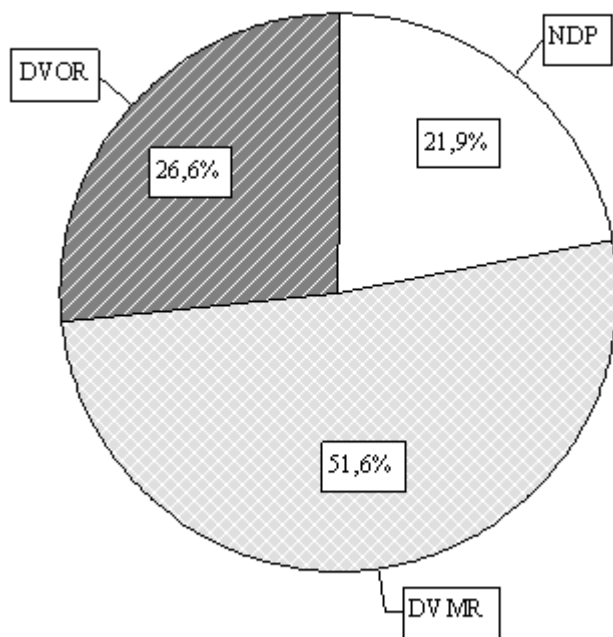


Abb. 3.1: Verteilung der Diskuspositionen bei den vermessenen MRT-Aufnahmen (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Eine weitergehende differenzierte Einteilung der Diskusposition nach Taskaya [33, 108] erbrachte bei 70 Kiefergelenken eine „normale Diskuslage“, bei 56 Kiefergelenken eine Diskuslage zwischen 10° und 30° , bei 28 Kiefergelenken eine solche zwischen 30° und 50° , bei 60 Kiefergelenken zwischen 50° und 80° und bei 118 Kiefergelenken $>80^\circ$ (Abb. 3.2). Somit war die Gruppe 5 mit 35% am häufigsten und die Gruppe 3 mit 9% am seltensten vertreten.

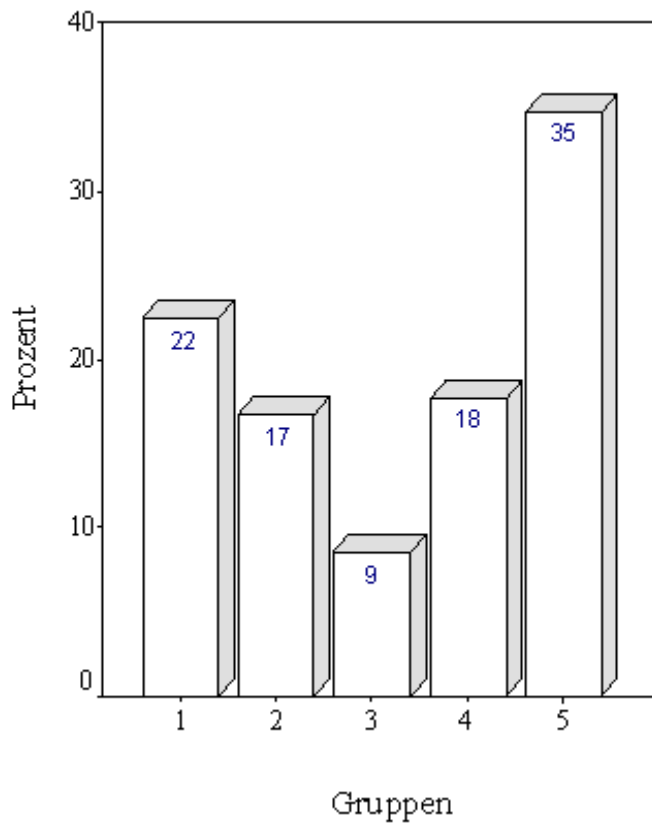


Abb. 3.2: Erweiterte Einteilung des Patientenkollektives in 5 Gruppen unter Verwendung der Klassifikation nach Taskaya [33, 108] (Diskuswinkel der Gruppe 1 $\leq 10^\circ$, Gruppe 2 $>10^\circ$ bis $\leq 30^\circ$, Gruppe 3 $>30^\circ$ bis $\leq 50^\circ$, Gruppe 4 zwischen $>50^\circ$ bis $\leq 80^\circ$, Gruppe 5 $>80^\circ$).

Dabei ist jedoch zu beachten, dass es in den Gruppen 3 - 5 Vermischungen gab (Abb. 3.3). So sind 100% der Gruppe 1 nach Taskaya in der Einteilung nach Drace und Enzmann der Gruppe mit NDP und 100% der Gruppe 2 der Gruppe DVMR zuzuordnen. In der Gruppe 3 weisen 89% der Fälle einer DVMR und der Rest eine DVOR auf. Innerhalb der Gruppe 4 gehören 78% der DVMR und 22% der DVOR an. In der 5. Gruppe zählen 62% zur DVOR und 38% zur DVMR.

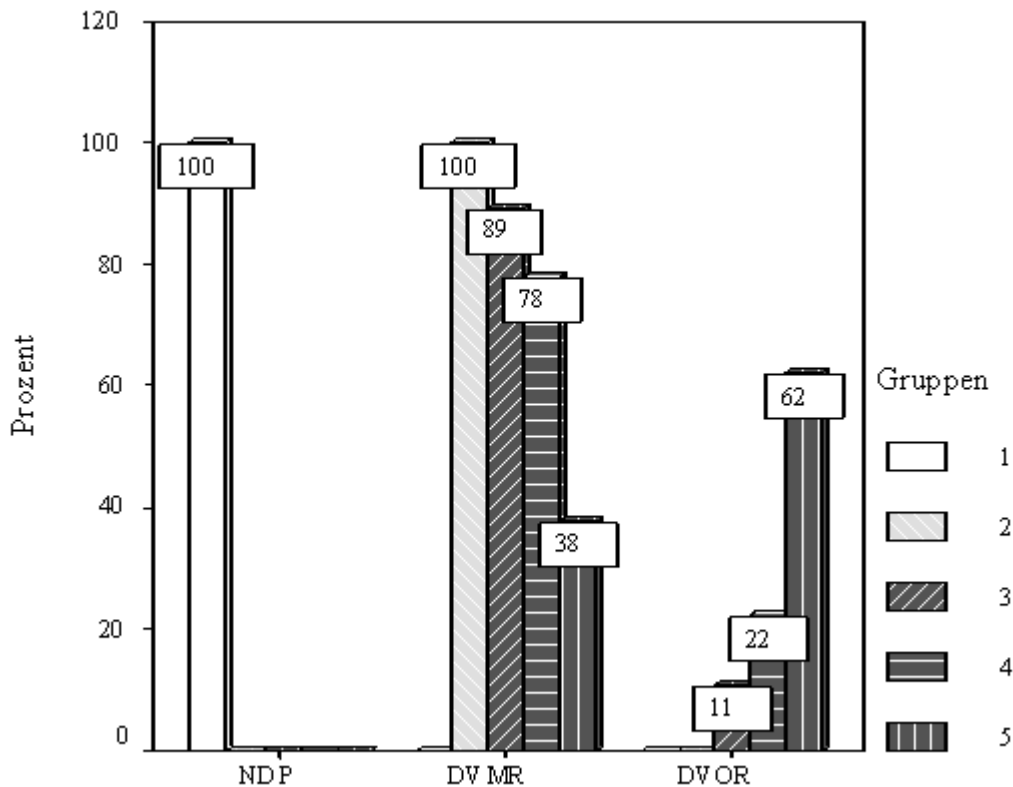


Abb. 3.3: Darstellung der Gruppen 1-5 nach N. Taskaya [33, 108] im Vergleich zur Gruppeneinteilung nach Drace und Enzman [107] (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Die sagittale Diskuslage (sdl) wurde bestimmt, um eine gelenkbezogene Position des Diskus zu ermitteln. Die Abbildung 3.4 (links) zeigt eine signifikante Zunahme der sdl im Vergleich zum Diskuswinkel. Dabei war bei der Gruppe mit NDP der kürzeste Abstand und bei der Gruppe mit DVOR der längste Abstand von der posterioren Diskusbegrenzung bis zur Senkrechten zur FH durch den tiefsten Punkt der Fossa festzustellen. Die Abbildung 3.4 (rechts) zeigt eine positive Korrelation mit der per Winkelmessung bestimmten Diskusposition (Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,739, $p < 0,01$). Eine Übersicht der morphometrischen Daten des Diskus beinhaltet Tabelle 3.2.

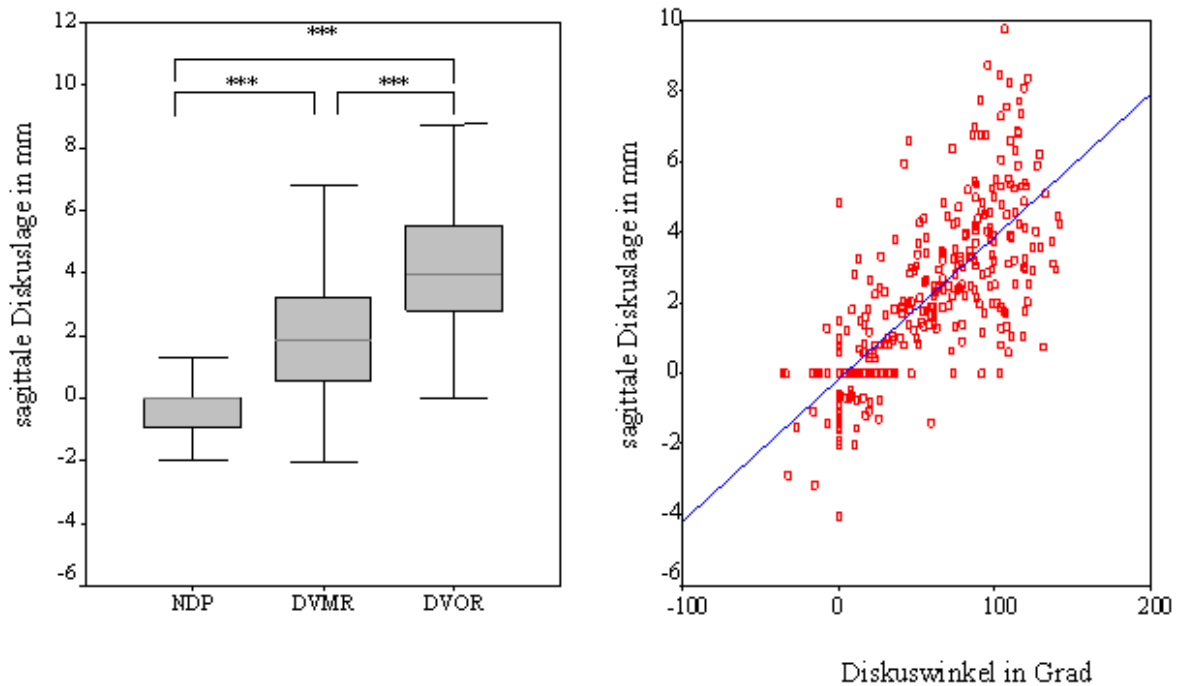


Abb. 3.4: Bestimmung der Veränderung der sagittalen Diskuslage bei geschlossener Mundposition in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition und DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition) in links: als Boxplot und rechts: als Korrelationsdiagramm in Abhängigkeit von der Diskuslage in Grad.

3.2.2 Veränderung der Weichgewebsstrukturen

Morphometrie des Discus articularis

3.2.2.1 Diskuslänge

Beim Vergleich der einzelnen Gruppen bezüglich der Diskuslänge (dl) zeigte sich, dass der Diskus bei den Patienten mit DVMR signifikant kleiner ist als bei NDP ($p < 0,0005$) und bei DVOR signifikant kleiner als bei NDP ($p < 0,0005$) und DVMR ($p < 0,0005$) (Abb. 3.5 links). Beim Vergleich von dl und Diskuslage (Abb. 3.5 rechts) bestand eine negative Korrelation von $-0,661$ (Korrelationskoeffizient nach Pearson, $p < 0,01$).

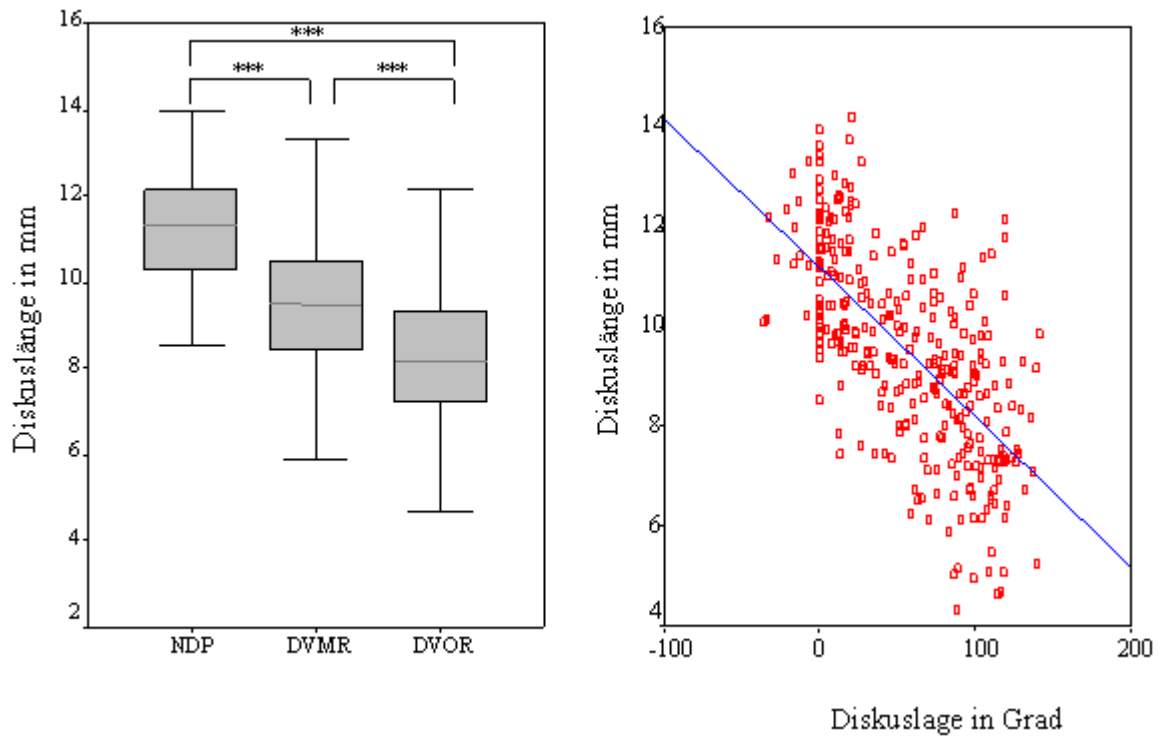


Abb. 3.5: Veränderung der Diskuslänge in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition) **links:** als Boxplot, **rechts:** als Korrelationsdiagramm in Abhängigkeit von der Diskuslage in Grad.

3.2.2.2 Diskusbreite

Die Unterschiede in der Diskusbreite waren relativ gering (Abb. 3.6). So zeigte die Analyse der Breite des anterioren Bandes (bab) einen signifikanten Unterschied nur im Vergleich der Gruppen NDP und DVOR ($p=0,048$), wobei der Diskus bei NDP breiter war als bei DVOR. Bei der Gegenüberstellung der Breite der intermediären Zone (biz) war diese bei NDP kleiner als bei DVOR ($p<0,0005$) und bei DVMR kleiner als bei DVOR ($p<0,0005$), während zwischen NDP und DVMR kein signifikanter Unterschied nachzuweisen war. Die Breite des posterioren Bandes (bpb) war bei NDP signifikant größer als bei DVOR ($p<0,0005$), zwischen DVMR und DVOR bestand jedoch kein signifikanter Unterschied. Der Diskus verliert also mit zunehmendem ID seine bikonkave Form und wird kürzer und kugelig.

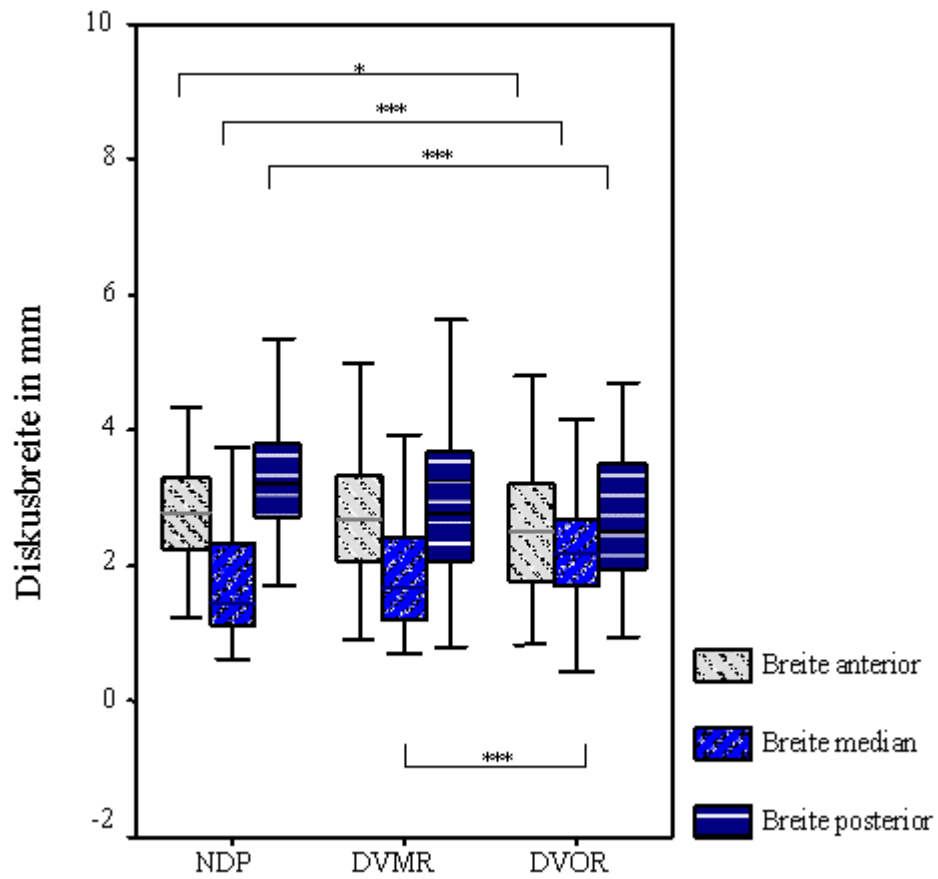


Abb. 3.6: Veränderung der Diskusbreite in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Tab. 3.2: Ergebnisse zur Morphometrie des Diskus in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Parameter		NDP	DVMR	DVOR
Diskuswinkel in Grad	Mittelwert	-1,88	55,11	100,05
	Standardabweichung	9,81	32,41	22,27
	Median	0,0	52,9	103,5
	Minimum	-35,9	10,3	45,0
	Maximum	9,4	123,8	141,9
sagittale Diskuslage in mm	Mittelwert	-0,3174	1,99	4,20
	Standardabweichung	1,20	1,90	2,10
	Median	0,00	1,82	3,92
	Minimum	-4,10	-2,04	0,00
	Maximum	4,79	9,73	8,74
Diskuslänge in mm	Mittelwert	11,31	9,50	8,33
	Standardabweichung	1,16	1,82	1,65
	Median	11,32	9,49	8,16
	Minimum	8,53	4,31	4,69
	Maximum	13,97	14,18	12,16
Diskusbreite anterior in mm	Mittelwert	2,81	2,78	2,52
	Standardabweichung	0,75	1,04	0,89
	Median	2,80	2,69	2,52
	Minimum	1,25	0,91	0,85
	Maximum	5,42	7,63	4,82
Diskusbreite median in mm	Mittelwert	1,78	1,96	2,29
	Standardabweichung	0,88	1,00	0,85
	Median	1,45	1,67	2,18
	Minimum	0,64	0,71	0,45
	Maximum	4,32	6,20	4,58
Diskusbreite posterior in mm	Mittelwert	3,26	2,97	2,7
	Standardabweichung	0,82	1,15	1,07
	Median	3,24	2,78	2,52
	Minimum	1,71	0,80	0,97
	Maximum	5,34	7,68	5,85

3.2.3 Veränderungen des Condylus

3.2.3.1 Condylusform

Beim Vergleich der Condylusform war ein Überwiegen der runden Form bei NDP (58,6%) und DVMR (54,0%) zu beobachten. Dagegen lag diese Form bei DVOR nur in 24,7% der Fälle vor (Tabelle 3.3). Während der Anteil an abgeflachten Condylus-Formen bei allen drei Gruppen in einer ähnlichen Größenordnung lag (34,3%, 29,0% und 36,5%), war der Anteil an Formen mit osteophytären Veränderungen mit 30,6% bei DVOR am größten. Osteophytäre Veränderungen kamen somit signifikant häufiger bei DVOR als bei NDP und DVMR ($p < 0,0005$) vor. Der Anteil an Condylus-Formen mit verdickter Kortikalis war bei DVOR und DVMR jeweils fast doppelt so häufig wie bei NDP (Chi²-Test nach Pearson, $p < 0,0005$).

Tab. 3.3: Anzahl (prozentualer Anteil) der verschiedenen Condylus-Formen in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition) (Chi²-Test nach Pearson, $p < 0,0005$).

Condylusform	NDP	DVMR	DVOR
rund	41 (58,6%)	89 (54,0%)	21 (24,7%)
flach	24 (34,3%)	49 (29,0%)	31 (36,5%)
osteophytär	2 (2,9%)	15 (9,1%)	26 (30,6%)
Kortikalis verdickt	3 (4,3%)	12 (7,3%)	7 (8,2%)

3.2.3.2 Condylusdurchmesser

Beim Vergleich des Condylusdurchmessers und der Condylusbreite wurde für die NDP ein signifikant höherer Wert als für DVMR ($p < 0,001$) und DVOR ($p < 0,0005$) ermittelt (Abb. 3.7). Die Differenzen zwischen DVMR und DVOR erwiesen sich als nicht statistisch gesichert ($p < 0,071$). Morphometrische Daten des Condylus finden sich in Tabelle 3.4.

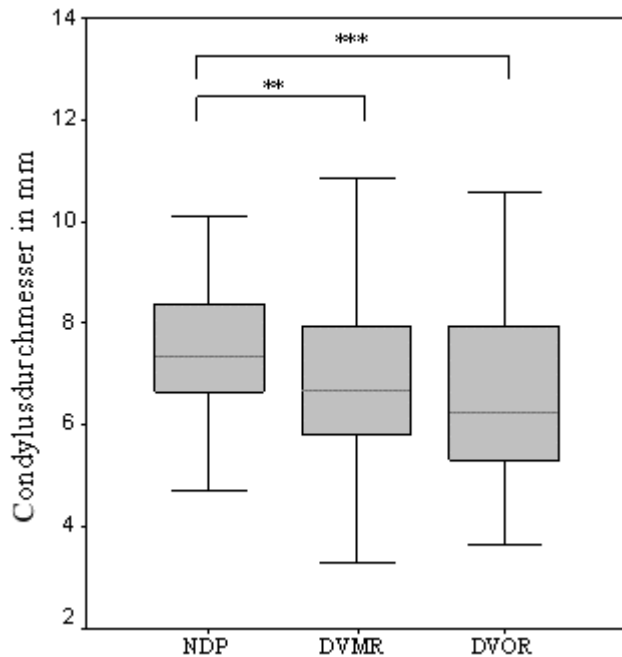


Abb. 3.7: Veränderung des Condylusdurchmessers in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.3.3 Gelenkspaltbreite

Die Analyse der Gelenkspalten (ags, sgs und pgs) (Abb. 3.8) erbrachte bezüglich des anterioren Gelenkspaltes (ags) bei Patienten mit NDP signifikant kleinere Werte als bei Personen mit DVMR ($p < 0,003$) und DVOR ($p < 0,033$), während zwischen DVMR und DVOR kein statistisch signifikanter Unterschied bestand. Der superiore Gelenkspalt (sgs) war bei NDP signifikant größer als bei DVMR ($p < 0,032$) und DVOR ($p < 0,0005$). Zwischen den Gruppen DVMR und DVOR war ebenfalls ein signifikanter Unterschied nachzuweisen. So war der sgs bei DVMR größer als bei DVOR ($p < 0,004$). Der posteriore Gelenkspalt (pgs) war bei NDP signifikant größer als bei DVMR ($p < 0,0005$) und bei DVMR signifikant kleiner als bei DVOR ($p < 0,0005$). Daraus resultiert, dass der Condylus bei ADV eine eher superior - posteriore Lage einnimmt. Bei Übergang zur DVOR verlagert sich der Condylus weiter nach superior, während die Breite des pgs wieder zunimmt.

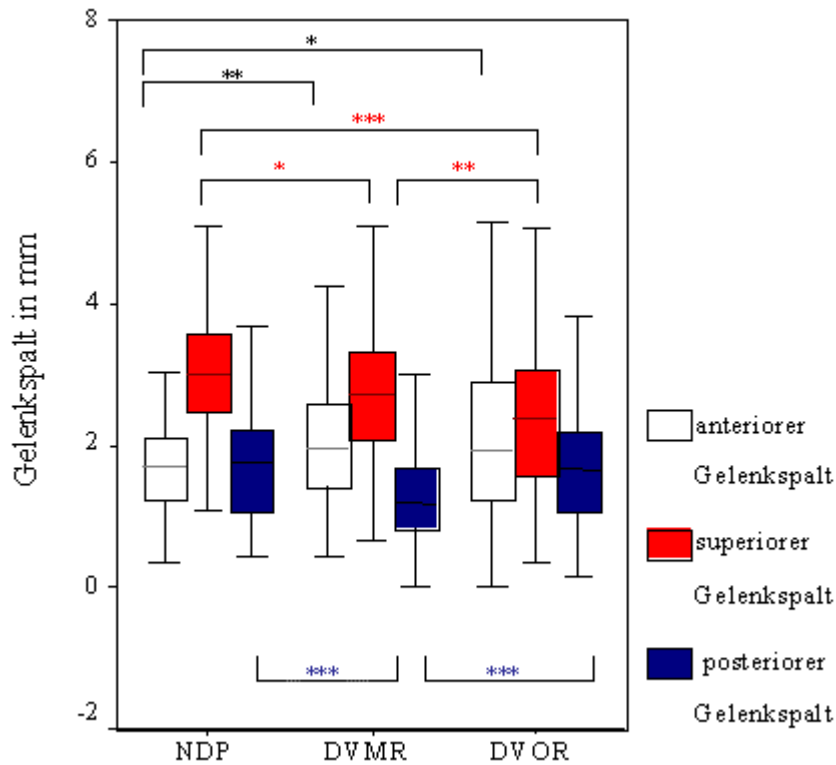


Abb. 3.8: Vergleich des Gelenkspaltes in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.4 Lagebeziehungen der Gelenkanteile

3.2.4.1 Sagittale Condyluslage

Bezüglich der sagittalen Condyluslage (scl) zeigte sich zwischen NDP und DVMR ($p < 0,0005$) sowie zwischen DVMR und DVOR ($p < 0,0005$) ein signifikanter Unterschied, wobei der Condylus bei der DVMR am weitesten anterior gelegen war (Abb. 3.9). Die scl bei NDP und DVOR unterschied sich nicht statistisch signifikant, was die Ergebnisse bezüglich der Größe der Gelenkspalten bestätigte.

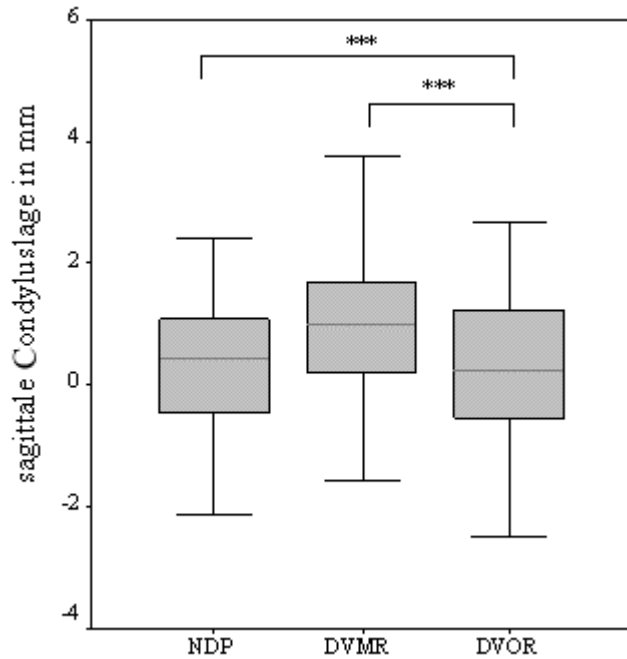


Abb. 3.9: Bestimmung der sagittalen Condyluslage bei geschlossener Mundposition in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.4.2 Abstand vom höchsten Punkt des Condylus zur Fossa mandibularis (csgs) /

Abstand vom tiefsten Punkt der Fossa zum Condylus (fsgs)

Beim Vergleich der kranio-kaudalen Stellung des Condylus (Abb. 3.10) ergaben sich sowohl für den Parameter csgs als auch für fsgs signifikant höhere Werte für die Gruppe mit NDP im Vergleich zu DVMR ($p < 0,0005$; $p < 0,011$) und DVOR ($p < 0,0005$; $p < 0,0005$). Für den Parameter csgs bestand zwischen DVMR und DVOR kein signifikanter Unterschied, wohingegen für den Parameter fsgs der Wert bei DVMR signifikant größer war als bei DVOR ($p < 0,013$).

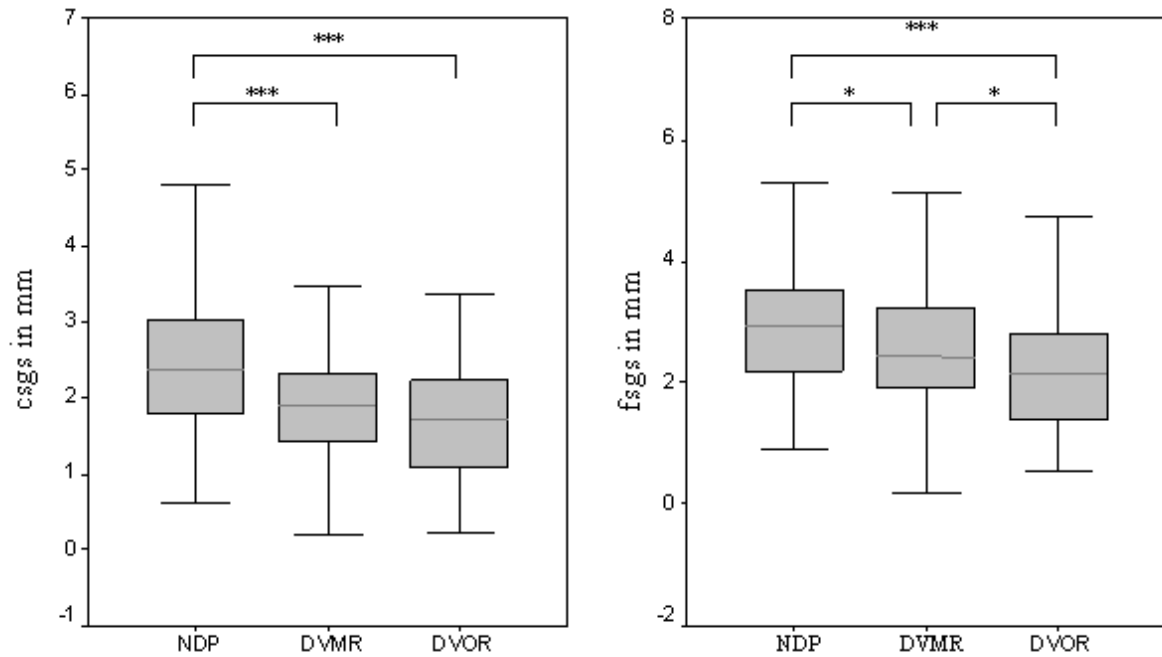


Abb. 3.10: Vergleich des Abstandes **links**: vom höchsten Punkt des Condylus zur Fossa mandibularis (csgs) in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition) und **rechts**: vom tiefsten Punkt der Fossa zum Condylus (fsgs) in Abhängigkeit von der Diskuslage.

Tab. 3.4: Ergebnisse zur Morphometrie des Condylus in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Parameter		NDP	DVMR	DVOR
Durchmesser des Condylus in mm	Mittelwert	7,64	6,89	6,53
	Standardabweichung	1,60	1,58	1,76
	Median	7,37	6,70	6,27
	Minimum	4,71	3,30	3,67
	Maximum	13,03	11,61	11,94
Breite des Condylus in mm	Mittelwert	7,58	6,82	6,42
	Standardabweichung	1,42	1,49	1,62
	Median	7,29	6,67	6,10
	Minimum	4,41	3,19	3,47
	Maximum	12,26	10,78	10,94

Tab. 3.4: (Fortsetzung) Ergebnisse zur Morphometrie des Condylus in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Parameter		NDP	DVMR	DVOR
anteriorer Gelenkspalt in mm	Mittelwert	1,67	2,12	2,09
	Standardabweichung	0,68	0,95	1,16
	Median	1,70	1,95	1,93
	Minimum	0,34	0,43	0,00
	Maximum	3,68	5,25	7,32
superiorer Gelenkspalt in mm	Mittelwert	3,07	2,78	2,42
	Standardabweichung	0,96	0,98	0,97
	Median	3,02	2,71	2,38
	Minimum	1,10	0,00	0,33
	Maximum	6,37	6,38	5,07
posteriorer Gelenkspalt in mm	Mittelwert	1,83	1,34	1,75
	Standardabweichung	0,90	0,68	0,92
	Median	1,76	1,19	1,67
	Minimum	0,44	0,00	0,16
	Maximum	4,99	3,82	5,24
sagittale Condyluslage in mm	Mittelwert	0,25	1,00	0,30
	Standardabweichung	1,12	1,33	1,36
	Median	0,46	0,99	0,24
	Minimum	-2,79	-3,04	-2,49
	Maximum	2,40	5,13	5,12
Gelenkspalt vom Condylus-Scheitel senkrecht zur Frankfurter Horizontalen in mm	Mittelwert	2,42	1,91	1,77
	Standardabweichung	1,00	0,78	0,87
	Median	2,38	1,89	1,72
	Minimum	0,62	0,20	0,22
	Maximum	6,35	4,42	4,40
Gelenkspalt vom Fossa- Scheitel senkrecht zur Frankfurter Horizontalen in mm	Mittelwert	2,09	2,66	2,27
	Standardabweichung	1,07	1,17	1,03
	Median	2,94	2,42	2,17
	Minimum	0,91	0,20	0,53
	Maximum	6,35	7,09	5,13

3.2.5 Morphometrie der Fossa mandibularis

3.2.5.1 Tuberneigungswinkel

Bei der Analyse des Tuberneigungswinkels (tnw) in Abhängigkeit von den verschiedenen Diskuslagen (Abb. 3.11) war ein signifikanter Unterschied zwischen NDP und DVMR ($p < 0,004$) nachzuweisen, wobei der tnw bei NDP kleiner als bei DVMR war. Beim Vergleich der Kiefergelenke mit NDP und DVOR wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Die statistischen Ergebnisse der Morphometrie der Fossa mandibularis sind in Tabelle 3.5 zusammengefasst.

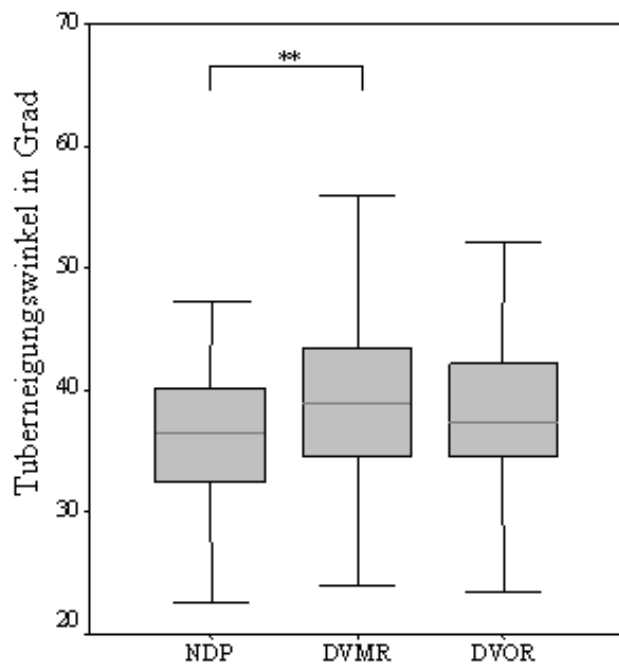


Abb. 3.11: Zusammenhang zwischen dem Tuberneigungswinkel und der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.5.2 Breite und Tiefe der Fossa mandibularis

Hinsichtlich der ft und fb waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen nachweisbar, weshalb auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse verzichtet wurde.

3.2.5.3 Höhe des Tuberculum articulare

Bei der Bestimmung der Tuberhöhe (th) traten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf (Abb. 3.12). So war das Tuberculum bei NDP signifikant niedriger als bei DVMR ($p < 0,0005$) und DVOR ($p = 0,001$).

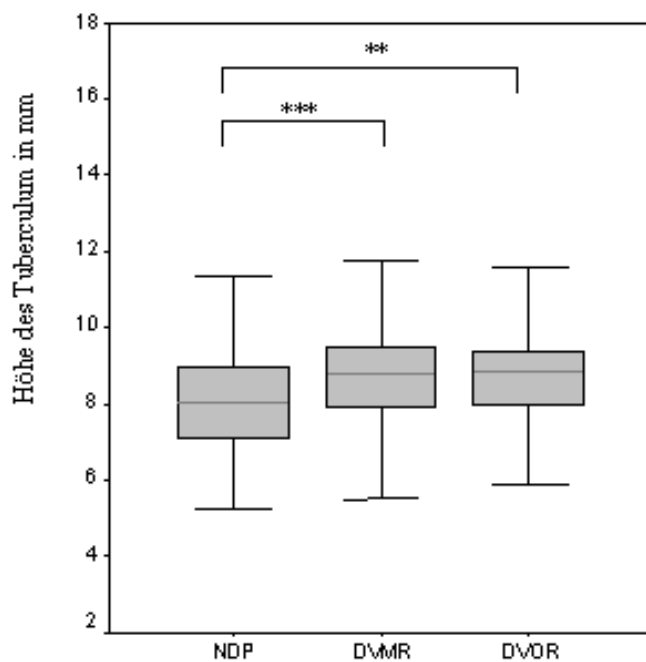


Abb. 3.12: Zusammenhang zwischen der Höhe des Tuberculum articulare und der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.5.4 Höhe des postglenoidalen Processus

Bei der Analyse der Höhe des postglenoidalen Processus (pgph) in den unterschiedlichen Gruppen war diese bei Patienten mit NDP signifikant höher als bei den Personen mit DVMR ($p < 0,002$) und DVOR ($p < 0,002$). Zwischen DVMR und DVOR bestand jedoch kein signifikanter Unterschied (Abb. 3.13).

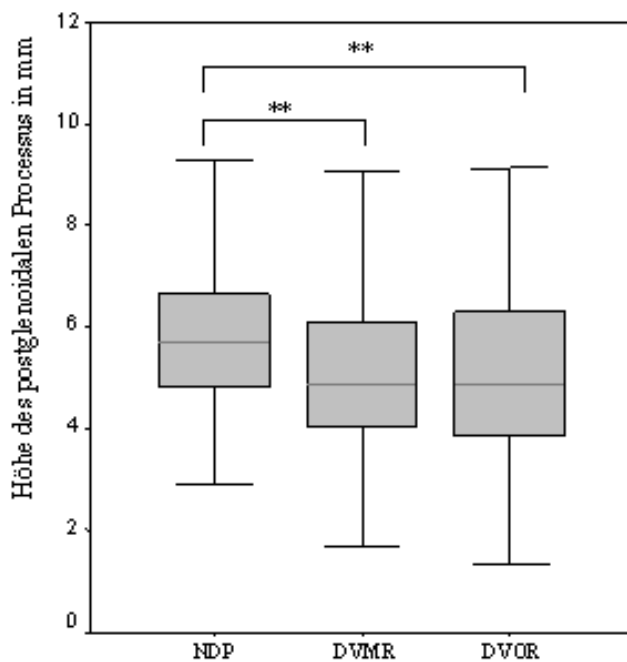


Abb. 3.13: Zusammenhang zwischen der Höhe des postglenoidalen Processus und der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

3.2.5.5 Länge des Tuberculum articulare

Bei der Analyse der Länge des Tuberculum (ts-fs) stellte sich heraus, dass dieser Parameter sowohl bei NDP ($p=0,05$) als auch bei DVMR ($p=0,059$) tendenziell kürzer war als bei DVOR. Es bestanden jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (Abb. 3.14).

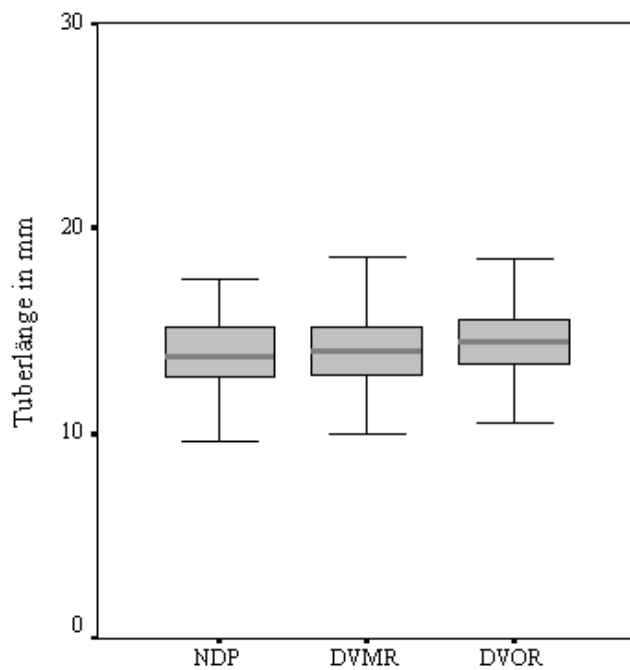


Abb. 3.14: Zusammenhang zwischen der Länge des Tuberculum articulare und der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition, DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition)

Tab. 3.5: Ergebnisse bezüglich der Morphometrie der Fossa mandibularis in Abhängigkeit von der Diskuslage (NDP - normale Diskusposition, DVMR - Diskusvorverlagerung mit Reposition und DVOR - Diskusvorverlagerung ohne Reposition).

Parameter		NDP	DVMR	DVOR
Tuberneigungswinkel In Grad	Mittelwert	36,30	39,23	37,83
	Standardabweichung	6,14	6,66	6,10
	Median	36,55	39,00	37,40
	Minimum	22,70	24,00	23,50
	Maximum	52,30	58,10	52,10
Tiefe der Fossa in mm	Mittelwert	6,68	6,56	6,46
	Standardabweichung	1,17	1,05	1,08
	Median	6,64	6,56	6,41
	Minimum	3,95	4,07	3,86
	Maximum	9,71	9,20	8,79
Breite der Fossa in mm	Mittelwert	18,34	18,28	18,48
	Standardabweichung	2,15	2,24	1,98
	Median	18,09	18,37	18,28
	Minimum	12,90	10,71	11,76
	Maximum	23,79	29,98	22,95
Höhe des Tuberculum in mm	Mittelwert	8,14	8,77	8,81
	Standardabweichung	1,48	1,40	1,46
	Median	8,04	8,75	8,86
	Minimum	5,28	5,43	4,51
	Maximum	12,87	16,76	14,02
Höhe des postglenoidalen Processus in mm	Mittelwert	5,76	5,13	4,97
	Standardabweichung	1,40	1,52	1,70
	Median	5,70	4,86	4,85
	Minimum	2,92	1,69	1,34
	Maximum	9,69	9,05	9,13
Länge des Tuberculum in mm	Mittelwert	13,90	14,08	14,50
	Standardabweichung	1,90	2,03	1,73
	Median	13,74	14,00	14,37
	Minimum	9,62	8,13	10,50
	Maximum	17,51	26,07	18,48

4 Diskussion

4.1 Allgemeine Erörterungen

Auf Grund der Vielfalt und Ähnlichkeit der im Kiefergelenk vorkommenden Veränderungen und Erkrankungen ist die klinische Diagnostik besonders schwierig. Bildgebende Verfahren werden bei Verdacht auf Strukturveränderungen zur Diagnosesicherung eingesetzt. Dabei hat sich die Magnetresonanztomographie aufgrund der hohen Weichteilkontraste, der Möglichkeit der direkten multiplanaren Darstellung und wegen des Fehlens ionisierender Strahlen als Goldstandard zur Beurteilung der Weichgewebe des Kiefergelenks entwickelt. Als Standard für die Darstellung der knöchernen Anteile des Kiefergelenks gilt das OPTG. Dieses ist in Kombination mit dem MRT für die meisten Fragestellungen zu CMD ausreichend [11, 12].

In dieser Studie wurde untersucht, ob morphologische Veränderungen des Kiefergelenks vom Grad der Verlagerung des Diskus abhängig sind. Dabei wurden die Veränderungen der Weichteile und der knöchernen Anteile des Kiefergelenks beurteilt. Ziel der vorliegenden Studie war es, nicht nur die Kiefergelenkköpfchenmorphologie und die Diskusform, sondern auch degenerative Veränderungen der Gelenkgrube und der angrenzenden Gewebe zu prüfen. Dabei stützen sich die verwendeten Messverfahren auf die Vorarbeiten der Arbeitsgruppen Müller-Leisse und Pullinger [91, 100]. In der vorliegenden Arbeit wurde die Diskuslageeinteilung nach Drace [107] in vereinfachter Form verwendet, da andere Einteilungen wie z.B. nach Tasaki et al. auf morphologischen Gesichtspunkten und nicht auf morphometrischen Daten beruhen [48]. Außerdem wurde der Abstand des Diskus nicht nur in Bezug zum Condylus sondern auch zur Gelenkgrube untersucht.

4.2 Ergebnisdiskussion

Von den 320 auswertbaren Kiefergelenken war bei 21,9% der in IKP und mundoffener Position aufgenommenen MRT-Aufnahmen eine NDP, bei 51,6% eine DVMR und bei 26,6%

eine DVOR zu verzeichnen. Die Gruppe der Kiefergelenke mit normaler Diskusposition beinhaltet auch die Kiefergelenke mit einer retralen Diskuslage. Bei dieser Normvariante ist der Diskus lediglich bei geschlossenem Mund leicht nach okzipital verlagert, bewegt sich aber in Funktion regelrecht nach frontal. Davon abzugrenzen ist die pathologische Posterior-Verlagerung des Diskus mit Fixierung in dieser Position bei Mundöffnung, was aber bei keinem der 320 ausgewerteten Gelenke vorlag. Müller-Leisse et al. untersuchten in einer vergleichbaren Studie 117 Kiefergelenke. Davon lag in der symptomatischen Gruppe der Anteil der normalen Diskusposition ähnlich bei 19%, der DVMR bei 47% und bei 32% lag eine DVOR vor [91]. In dieser Studie wurde die Lage des Diskus sowohl in Bezug zum Condylus als auch in Bezug zur Kiefergelenksgrube ermittelt. Zwischen der sagittalen Diskuslage und dem Diskuswinkel bestand eine signifikante, positive Korrelation.

Die differenziertere Einteilung der Diskuslage in fünf Untergruppen [33] anhand des Diskuswinkels und der Vergleich mit der in dieser Arbeit verwendeten Einteilung NDP / DVMR / DVOR [107] führte zu keinem brauchbaren Ergebnis, da es sich bei den letzten drei Gruppen um Mischgruppen handelte, die sowohl der DVMR, als auch der DVOR zuzuordnen waren. Somit war z.B. bei der Gruppe 5 (anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition) [33] mit einem Diskuswinkel von $>80^\circ$ eine Reposition des Diskus in 38% der Fälle im MRT-Bild bei geöffneter Mundposition trotzdem gegeben. Daraus lässt sich schließen, dass die Beurteilung der MRT-Aufnahmen bei geöffneter Mundposition unumgänglich ist, um eine DVMR von einer DVOR abzugrenzen.

In der vorliegenden retrospektiven Studie waren die Frauen bei einem Geschlechterverhältnis von 2,75 zu 1 deutlich häufiger vertreten als die Männer, was durch biologische, psychologische und soziale Faktoren bedingt sein könnte [7, 9]. Das mediane Alter der untersuchten Patienten lag ähnlich wie in anderen Studien bei 36 Jahren, wobei die Patienten mit einer NDP signifikant jünger waren als diejenigen mit einer DVOR. Besonders deutlich wurde dies am Beispiel der Männer mit einem medianen Alter von 47 Jahren bei Patienten mit DVOR im Vergleich zu 33 Jahren bei NDP [91, 112].

4.2.1 Veränderungen des Discus articularis

Die vorliegenden morphometrischen Untersuchungen zeigen, dass es mit zunehmender ADV, gemessen anhand des Diskuswinkels, zu einer signifikanten Abnahme der Diskuslänge kommt. Dies wird durch eine in der multivariaten Regressionsanalyse ermittelte negative Korrelation ($r=-0,661$) bestätigt. Die Diskusbreite änderte sich insofern, als sich der bei einer NDP eher hantelförmige Diskus (d.h. anteriores und posteriores Band sind breiter als die intermediäre Zone) während des Krankheitsverlaufs in seiner Form und Gestalt veränderte. So wird dieser im anterioren und posterioren Bereich dünner und im intermediären Bereich dicker. Der Discus articularis macht bei der DVMR und DVOR einen deformierten Eindruck, d.h. er bekommt eine rundere und gedrungene Form. Nebbe et al. kamen in ihrer Studie ebenfalls zu dem Ergebnis, dass es mit zunehmender ADV zu einer Abnahme der Diskuslänge kommt [95]. Die Verdickung und Deformierung des Diskus bei vorliegender DVOR wurde auch in verschiedenen anderen Studien festgestellt [66, 91, 92]. Ein weiteres Problem, auf welches jedoch in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wurde, ist die Ausdünnung der bilaminären Zone und die damit verbundene Überdehnung der ligamentären Strukturen, wodurch der Diskus immer mehr von seiner stabilen Lage einbüßt. Auch der Condylus ist an die ligamentären Strukturen gebunden und nähert sich somit immer mehr der Fossa mandibularis. Dabei kann es zum direkten Kontakt der beiden Knochen und zu einer Perforation der bilaminären Zone kommen [91].

4.2.2 Veränderungen des Condylus articularis / mandibularis

Durch die ligamentäre Instabilität und die damit verbundene progressive Verlagerung des Diskus kommt es zu verschiedenen knöchernen Umbauprozessen. So war eine signifikante Verkleinerung der Condylusbreite und eine Entrundung des Condylus mit zunehmender ADV festzustellen. Dabei lag in der vorliegenden Studie der Anteil der runden Kiefergelenkköpfchen bei NDP bei 59% und bei einer ADV bei 44%. Es ist davon auszugehen, dass es sich dabei um degenerative Prozesse handelt. Mit zunehmender ADV wurde der Anteil abgeflachter Kiefergelenkköpfchen, osteophytärer Knochenanbauten und reaktiv bedingter Kortikalisverdickungen größer. Vergleicht man die einzelnen Condylusformen mittels linearer Regressionsanalyse miteinander, so besteht ein signifikanter

Unterschied zwischen den flachen bzw. osteophytär veränderten Condylus-Gruppen und der Gruppe mit der runden Condylus-Form in Abhängigkeit von Diskuswinkel und Diskuslänge. Die proliferierenden Knochenveränderungen, wie z.B. die Abflachung und osteophytäre Veränderung des Condylus, sind häufiger in den anterioren als in den posterioren Bereichen zu erkennen [113]. Verschiedene pathologisch- anatomische Arbeiten berichten über reaktive Veränderungen des Condylus mit Deformierung, Sklerose und Ausbildung von Osteophyten [113, 114, 115]. Hierfür könnten unter anderem eine Osteochondrosis dissecans oder eine avaskuläre Nekrose ursächlich sein [116]. In ihrer morphometrischen Analyse zeigten Müller-Leisse et al., dass bei den untersuchten 59 Patienten nur 55% der Kiefergelenke normal konfiguriert waren, während die übrigen degenerative Veränderungen des Kiefergelenkköpfchens zeigten [91]. Müller et al. gehen anhand der Ergebnisse ihrer Studie aber davon aus, dass kleine artikulierende Kondylen -Oberflächen eher einen prädisponierenden Faktor als eine Folge von ID darstellen [66]. So würde bereits eine geringe Dorsalposition des Condylus zu einer relativen ADV führen. Anhand der eigenen Ergebnisse ist allerdings nicht zu klären, ob die Condylengröße einen prädisponierenden Faktor oder eine Folgeerscheinung darstellt. Dies wäre nur durch die Untersuchung einer Kontrollgruppe gesunder Patienten möglich gewesen, welches zum einen den Umfang und zum anderen den finanziellen Rahmen dieser Untersuchung gesprengt hätte.

4.2.3 Veränderungen der Fossa mandibularis und der Nachbarstrukturen

In Bezug auf die Höhe des Tuberculum articulare traten signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen auf. Bei den untersuchten Patienten mit einer NDP war sowohl das Tuberculum als auch der Tuberneigungswinkel kleiner als in der Gruppe mit einer ADV. Göran et al. untersuchten in einer Autopsie 13 Kiefergelenke mit normaler Diskuslage und 12 Kiefergelenke mit anteriorer Diskusverlagerung und stellten bei den DVOR ohne Perforation des Diskus eine Zunahme der Knorpelschicht auf dem Abhang und der Spitze des Tuberculum fest. Sie sehen eine erhöhte Knorpeldicke als adaptiven Mechanismus, um den Condylus auf seiner Condylenbahn zu halten und den mechanischen Belastungen entgegenzuwirken. Weiter gehen sie davon aus, dass es nach der Überlastung der Plastizität der Knorpelgewebe zu einem Zusammenbruch des Gewebes kommt [117]. Auch die Länge des Tuberculum war bei einer NDP tendenziell kleiner als bei einer ADV. Hall et al. weisen

in einer Studie ebenfalls darauf hin, dass die Protuberanz des Tuberculum prädisponierend für die Ausbildung eines ID sei. Der Anstieg des Tuberculum und die Kondylenbahnneigung seien prädisponierende Faktoren, so dass die Tuberculumektomie als mögliche Therapie in Frage komme [118]. Auch Atkinson et al. fanden, dass ein erhöhter Tuberneigungswinkel eine Condylus- oder Diskusverlagerung bewirkt und schlugen ebenfalls eine Tuberculumektomie als Behandlungsmöglichkeit vor [119]. Dagegen fanden Müller et al. keinen Hinweis auf eine erhöhte Prominenz des Tuberculum articulare bei Gelenken mit ADV [66]. Nach Galante et al. gibt es keine signifikanten Unterschiede in Winkel- bzw. Längenmessungen der Fossa mandibularis und der Nachbarstrukturen zwischen den symptomatischen und asymptomatischen Probanden [99]. Isberg und Westesson fanden heraus, dass der Grad der rückwärtsgerichteten Rotation positiv mit der Steilheit des Tuberculum bei asymptomatischen Patienten korreliert [13, 120]. Ren et al. entdeckten sogar ein steileres Tuberculum bei asymptomatischen Probanden, was sie mit einem Umbau oder aber den degenerativen Veränderungen des Knochens beim progressiven ID begründeten [105]. Auch Sülün et al. gehen davon aus, dass die Tuberhöhe, der Tuberneigungswinkel und die Fossatiefe prädisponierende Faktoren für ein ID seien. Sie weisen aber auch darauf hin, dass nicht nur die Steilheit des Tuberculums in einer Schnittebene entscheidend sei, sondern auch die mediale und laterale Schnittebene in Beziehung zur zentralen Schnittebene [102].

Obwohl von großem diagnostischen Interesse, ist die unterschiedliche Lage des Condylus in der Fossa mandibularis bei Patienten mit CMD und Gesunden bislang nur in wenigen Arbeiten diskutiert worden. In der vorliegenden morphometrischen Untersuchung war bei der ADV eine signifikante Verlagerung des Condylus nach kranial und posterior zu erkennen. So war nicht nur der anteriore Abstand des Condylus bei der ADV größer, sondern auch der superiore und posteriore Abstand kleiner. Auch der Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Condylus zur Fossa und der Abstand des Scheitelpunktes der Fossa mandibularis zum Condylus sind bei der ADV signifikant kleiner. Das heißt, dass der Gesunde eine zentrale Lage des Condylusmittelpunktes in der Fossa aufweist, während das Kiefergelenkköpfchen beim Patienten mit einer ADV eine exzentrische Position einnimmt. Zu ähnlichen Erkenntnissen kam auch die Arbeitsgruppe von Müller-Leisse. So war in ihrer Studie ebenfalls eine Verlagerung des Condylus bei einer ADV nach okzipito-dorsal zu verzeichnen, während im Gegensatz zu den aktuellen Ergebnissen der Condylus bei geschlossener

Mundposition hinter dem Scheitelpunkt lag [91]. Gateno et al. kamen zu dem Ergebnis, dass bei ADV die Posteriorverlagerung des Condylus 2,4mal größer als die Superiorverlagerung des Condylus ist [121]. Auch die Ergebnisse der Untersuchungen von Pullinger et al. bestätigen eine leicht anteriore bis zentrale Lage des Condylus bei NDP und eine leichte bis starke posteriore Verlagerung mit Annäherung an die Fossa mandibularis bei einer ADV [100]. Incesu et al fanden eine posteriore Diskuslage als Hauptmerkmal von Kiefergelenken mit leichter und moderater anteriorer Diskusverlagerung und einen signifikanten Zusammenhang von superiorer Diskuslage und zentrischer Condylenposition. Dagegen ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zum einen zwischen Condylenposition und Diskusvorverlagerung mit und ohne Reposition und zum anderen zwischen posteriorer Condyluslage und Diskusdeformation [122]. Dabei wurden jedoch zur Bestimmung der Diskuslage noch weitere Faktoren herangezogen. So gehen die Autoren davon aus, dass eine geringere Breite und weniger extreme Höhe der Gelenkgrube ebenso wie eine geringere Höhe des Tuberculum articulare und ein kleineres Höhen/Breiten-Verhältnis der Fossa typische anatomische Merkmale einer NDP sind. In der vorliegenden Untersuchung fanden sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Breite und Tiefe der Fossa in Abhängigkeit von der Diskuslage. Bei Kiefergelenken mit einer ADV bestand eine signifikante Verkleinerung des postglenoidalen Processus, welcher als Ansatz der bilaminären Zone dient.

4.2.4 Bedeutung der MRT bei CMD

Die vorliegende morphometrische Studie zeigt, dass mit der MRT ein Verfahren zur Verfügung steht, welches das multifaktorielle Zusammenspiel der anatomischen Komponenten des Kiefergelenks widerspiegelt. Dabei können zum einen der Grad der ADV anhand des Diskuswinkels in verschiedene Gruppen unterteilt werden und zum anderen Prädispositionen bzw. degenerative Prozesse für die Entstehung des ID ermittelt werden. Dennoch ist zu erwähnen, dass die morphometrische Auswertung der MRT-Befunde einige Schwierigkeiten aufwirft. So ist die Vergleichsgruppe mit NDP ausschließlich morphometrisch durch den Diskuswinkel und nicht zusätzlich durch ihre Symptommfreiheit ausgewählt worden. Dabei ist der Einfluss des Kiefergelenks mit ID auf die kontralaterale gesunde Seite bei unilateral erkrankten Patienten nicht vollständig geklärt. Bei Aufnahmen mit geöffneter Mundposition konnten aufgrund der durch die Mundöffnungsbewegung

entstandenen Artefakte nicht alle Parameter morphometrisch bestimmt werden, wie z.B. der Abstand des Discus articularis zum Tuberculum articulare und die sagittalen Lagebeziehungen des Condylus und des Diskus nach Müller-Leisse et al. So wurde die Bildschärfe durch manuelles Einstellen der optischen Bildpunkte nach subjektivem optischen Empfinden bestimmt. Der Discus articularis war häufig schwer abgrenzbar und die Festlegung des Mittelpunktes des Condylus articularis war bei vorliegender Deformation schwierig. In einigen Fällen war die DVMR schwer von der DVOR abzugrenzen, weil die Patienten während der Aufnahmen aus unterschiedlichen Gründen keine vollständige Mundöffnung, wie von Behr et al. gefordert [123], durchführen konnten.

Es scheint wenig Zweifel zu geben, dass die klinische Untersuchung zur alleinigen Einschätzung der Diagnose bei Kiefergelenksbeschwerden nicht ausreichend ist und beispielsweise Kiefergelenksschmerzen kein charakteristisches Symptom für einen bestimmten Typ der Diskusverlagerung sind [40]. Orsini et al. gehen davon aus, dass kein klinischer Parameter für sich allein die bildgebend verifizierte ADV mit völliger Sicherheit vorhersagen kann [52]. In einer Studie von Vahlensieck et al. wurde das ursprüngliche Behandlungskonzept aufgrund des Ergebnisses der MRT-Untersuchung in 56% der Fälle geändert [124]. Beim Vergleich der klinischen Befundung mit MRT-Aufnahmen zeigte sich eine schlechte Übereinstimmung, die in der Regel auf falsch negativen klinischen Befunden beruhte. Nur 44 – 54% aller im MRT erkannten Diskusverlagerungen wurden auch klinisch diagnostiziert [54, 55, 57]. Offenbar erlaubt die MRT eine präzisere Beurteilung der für die Therapie entscheidenden Strukturen. Dabei ist die Untersucherabhängigkeit der Kiefergelenks - MRT bei den verschiedenen Strukturen sehr unterschiedlich. So wurden gute Übereinstimmungen zwischen verschiedenen Untersuchern bei Parametern wie der Diskus - und Condylusposition beschrieben, während die Konkordanz bei Parametern wie der Signalintensität des Diskus und der bilaminären Zone deutlich schlechter war [124]. Die genaue Klassifikation von Kiefergelenksveränderungen ist aber von hoher klinischer Relevanz, da ein breites Spektrum an konservativen (verschiedene Schienen, Physiotherapie, medikamentös) und operativen Therapiemöglichkeiten besteht [125, 126, 127].

4.2.5 Ausblick

Da die Frage nicht vollständig geklärt ist, ob es sich bei den Unterschieden zwischen den einzelnen untersuchten Gruppen (NDP, DVMR und DVOR) in Bezug auf die Condylus-Lage, den Condylus-Durchmesser, die Condylus-Deformierung, die Form der Fossa mandibularis und der angrenzenden Strukturen eher um die Ursache oder die Folge des ID handelt, sollte eine Untersuchung an Gesunden in einer Langzeitstudie durchgeführt werden, was gleichzeitig das Problem der Vergleichsgruppe lösen würde. Die verbliebenen Darstellungsprobleme von Weichteilstrukturen können künftig durch verbesserte MRT - Untersuchungstechniken, z.B. durch 3-D-Darstellung [128, 129] bzw. Untersuchungen mit höheren Feldstärken gelöst werden.

5 Zusammenfassung

Klinische Untersuchungen sind nur begrenzt in der Lage, spezifische Diagnosen des ID zu differenzieren. Zur Überprüfung der klinischen Daten hat sich insbesondere bei Verdacht auf eine Diskusverlagerung die MRT bewährt, da sowohl die Weichgewebsstrukturen als auch die knöchernen Strukturen beurteilt werden können. Zur Objektivierung der Befunde wurde eine Vielzahl von morphometrischen Parametern entwickelt, die im klinischen Alltag in unterschiedlichem Ausmaß Anwendung finden. Zur Untersuchung des Einflusses der ADV sowohl auf die knöchernen als auch auf die Weichteilstrukturen des Kiefergelenkes und der angrenzenden Strukturen wurden in der vorliegenden Arbeit 320 Kiefergelenke morphologisch untersucht und morphometrisch beurteilt.

Die Gesamtzahl der Kiefergelenke wurde anhand des Grades der Diskusvorverlagerung in drei Gruppen unterteilt. 70 Gelenke hatten eine „normale Diskusposition“ (NDP), bei 165 Gelenken war der Diskus „vorverlagert mit Reposition nach Mundöffnung“ (DVMR) und bei 85 Gelenken war der Diskus „vorverlagert ohne Reposition nach Mundöffnung“ (DVOR). Bei 7,1% des Patientenkollektivs zeigten beide Kiefergelenke eine NDP, bei 20,7% wies nur ein Kiefergelenk eine Fehllage auf und bei 56,5% lag bei beiden Kiefergelenken ein ID vor. Bei dem Rest war ein Seitenvergleich aufgrund fehlender Werte nicht möglich.

Mit zunehmender ADV zeigte sich eine signifikante Formveränderung des Diskus von hantelförmig zu gedrungenen kugelig. Außerdem waren mit zunehmender Verlagerung auch morphologische Veränderungen des Condylus assoziiert, die in einer zunehmenden Entrundung sowie weiteren degenerativen Veränderungen bestanden. Als prädisponierender Faktor bei der Entstehung eines ID sind ein großes Tuberculum und ein großer Tuberneigungswinkel zu diskutieren. Die Lage des Condylus in der Fossa änderte sich mit zunehmendem Grad des ID von einer zentralen Lage des Condylus- Mittelpunktes zu einer exzentrischen Position (dorsal und kranial).

Die MRT erlaubt eine präzisere Beurteilung der für die Therapie entscheidenden Strukturen und eine genauere Klassifikation von Kiefergelenksveränderungen als die klinische Untersuchung. Damit spielt sie eine große Rolle bei der Entscheidung, ob die Erkrankung eher konservativ oder chirurgisch behandelt werden soll.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Schulte, W. (1970): Zur funktionellen Behandlung von Myoarthropathien des Kauorgans. Ein diagnostisches und physiotherapeutisches Programm, Dtsch Zahnarztl Z 25, Seite 422-36.
- [2] Koeck, B. (1995): Funktionsstörungen des Kauorgans, Urban und Schwarzenberg 3.Auflage, Seite 3.
- [3] Dworkin, S.F. und LeResche, L. (1992): Research Diagnostic Criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examination and specifications, critique, J Craniomandib Disord Facial Oral Pain 6, Seite 301-55.
- [4] McNeill, C. (1997): History and evolution of TMD concepts, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 83, Seite 51-60.
- [5] Katzberg, R. W.; Westesson, P. L.; Tallents, R. H. und Drake, C. M. (1996): Anatomic disorders of the temporomandibular joint disc in asymptomatic subjects, J Oral Maxillofac Surg 54, Seite 147-53; discussion 153-5.
- [6] Wänman, A. und Agerberg, G. (1986): Mandibular dysfunction in adolescents: Prevalence of signs, Acta Odontol Scand 44, Seite 55-62.
- [7] Levitt, S. R. und McKinney, M. W. (1994): Validating the TMJ scale in a national sample of 10,000 patients: demographic and epidemiologic characteristics, J Orofac Pain 8, Seite 25-35.
- [8] Sommer, O. J.; Aigner, F.; Rudisch, A.; Gruber, H.; Fritsch, H.; Millesi, W. und Stiskal, M. (2003): Cross-sectional and functional imaging of the temporomandibular joint: radiology, pathology and basic biomechanics of the jaw, Radiographics 23, Seite 14.
- [9] Unruh, A. (1996): Gender variations in clinical pain experience, Pain 65, Seite 123-67.
- [10] Suenaga, S.; Abeyama, K.; Indo, H.; Shigeta, K. und Noikura, T. (2001): Temporomandibular disorders: MR assessment of inflammatory changes in the posterior disk attachment during the menstrual cycle, J Comput Assist Tomogr 25, Seite 476-81.

- [11] Larheim, T. A. (1995): Current trends in TMJ imaging, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 80, Seite 855-76.
- [12] Brooks, S. L.; Brand, J. W.; Gibbs, S. J.; Hollender, L.; Lurie, A. G.; Omnell, K. A.; Westesson, P. L. und White, S. C. (1997): Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83, Seite 609-18.
- [13] Westesson, P. L. (1993): Reliability and validity of imaging diagnosis of temporomandibular joint disorder, *Adv Dent Res* 7, Seite 137-51.
- [14] Benner, K. U. (1993): Bau, Innervation und rezeptive Strukturen des Kiefergelenks, Morphologie, Funktion und Klinik des Kiefergelenks. Seite 43-59, Quintessenzbibliothek, Berlin.-. Tokio.
- [15] Tillmann, B. (1997): Farbatlas der Anatomie, Stuttgart, Georg Thieme Verlag, Seite 63
- [16] de Bont, G. M.; Liem, R. S. B.; Havinga, P. und Boering, G. (1985): Fibrous component of the temporomandibular joint disk, *J Craniomand Pract* 3, Seite 368-73.
- [17] Heylings, D. J. A. und Nielsen, I. L. (1995): Lateral pterygoid muscle and the temporomandibular disk, *J Orofac Pain* 9, Seite 9-16.
- [18] Gernet, W. und Rammelsberg, P. (2000): Kiefergelenkserkrankungen und Funktionsstörungen, in: Schwenzer, N. und Ehrenfeld, M., *Zahnärztliche Chirurgie* 3 Seite 263-309, Thieme Verlag, Stuttgart.
- [19] Helkimo, M. (1974): Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state, *Swed Dent J* 67, Seite 101-21.
- [20] John, M. und Wefers, K.-P. (1999): Orale Dysfunktionen bei Erwachsenen, in: Michaelis, W. und Reich, R. H., *Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie* Seite 316-29, Deutscher Ärzte Verlag, Köln.
- [21] Okeson, J. P. (1996): Orofacial pain. Guidelines for assessment, diagnosis, and management, Quintessence, Chicago.
- [22] Reichenbach, E. (1970): Das Kiefergelenk als Modell gemeinsamer Aufgabenstellung stomatologischer Fachgebiete, *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 54, Seite 6-20.
- [23] Dworkin, S. F.; Huggins, K. H.; Truelove, E. L. und Sommer, E. (1990):

- Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls, *J Am Dent Assoc* 120, Seite 273-81.
- [24] Lund, J. P.; Donga, R.; Widmer, C. G. und Stohler, C. S. (1991): The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity, *Can J Physiol Pharmacol* 69, Seite 683-94.
- [25] Obrez, A. und Stohler, C. S. (1996): Jaw muscle pain and its effect on gothic archtracings, *J Prosth Dent* 75, Seite 393-8.
- [26] Stohler, C. S.; Zhang, X. und Lund, J. P. (1996): The effect of experimental jaw muscle pain on postural muscle activity, *Pain* 66, Seite 215-21.
- [27] Gsellmann, B.; Schmid-Schwab, M.; Piehslinger, E.; Beyrer, S. und Slavicek, R. (1996): A prevalence study of symptoms associated with TM disorders, *J Craniomandib Disord* 2, Seite 191-5.
- [28] Paesani, D.; Westesson, P. L.; Hatala, M.; Tallents, R. H. und Kurita, K. (1992): Prevalence of temporomandibular joint internal derangement in patients with craniomandibular disorders, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 101, Seite 41-7.
- [29] Larheim, T. A.; Westesson, P. L. und Sano, T. (2001): Temporomandibular joint disk displacement: comparison in asymptomatic volunteers and patients, *Radiology* 218, Seite 428-32.
- [30] Türp, J. C. (1998): Diskusverlagerungen neu überdacht, *Dtsch Zahnärztl. Z* 53, Seite 369-73.
- [31] Ogutcen-Toller, M. (2003): Sound analysis of temporomandibular joint internal derangements with phonographic recordings, *J Prosthet Dent* 89, Seite 311-8.
- [32] Taskaya-Yilmaz, N. und Ogutcen-Toller, M. (2001): Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disc deformities in relation to type of disc displacement, *J Oral Maxillofac Surg* 59, Seite 860-5; discussion 865-6.
- [33] Taskaya-Yilmaz, N. und Ogutcen-Toller, M. (2002): Clinical correlation of MRI findings of internal derangements of the temporomandibular joints, *Br J Oral Maxillofac Surg* 40, Seite 317-21.
- [34] Schiffmann, E.; Anderson, G.; Friction, J. R.; Burton, K. und Schellhas, K. P. (1989): Diagnostic criteria for intraarticular TMD, *Community Dent Oral Epidemiol* 17, Seite 252-7.

- [35] Müller-Leisse, C.; Augthun, M.; Roth, A.; Bauer, W. und Günther, R. (1996): Diskusvorverlagerung des Kiefergelenks: Korrelation von Magnetresonanztomographie und klinischem Untersuchungsbefund, *Rofo* 165, Seite 264-9.
- [36] Westesson, P. L.; Eriksson, L. und Kurita, K. (1989): Reliability of a negative clinical temporomandibular joint examination: prevalence of disc displacement in asymptomatic temporomandibular joints, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 68, Seite 551-4.
- [37] Pertes, R. A. und Gross, S. G. (1995): *Temporomandibular Disorders and Orofacial Pain*, Seite 69-89, Quintessence, Chicago.
- [38] Walker, N.; Bohannon, R. W. und Cameron, D. (2000): Discriminant validity of temporomandibular joint range of motion measurements obtained with a ruler, *J Orthop Sports Phys Ther* 30, Seite 484-92.
- [39] Roberts, C. A.; Katzberg, R. W.; Tallents, R. H.; Espeland, M. A. und Handelman, S. L. (1988): Correlation of clinical parameters to the arthrographic depiction of temporomandibular joint internal derangements, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 66, Seite 32-6.
- [40] Cholitgul, W.; Nishiyama, H.; Sasai, T.; Uchiyama, Y.; Fuchihata, H. und Rohlin, M. (1997): Clinical and magnetic resonance imaging findings in temporomandibular joint disc displacement, *Dentomaxillofac Radiol* 26, Seite 183-8.
- [41] Smith, W. P. (1991): Recurrent dislocation of the temporomandibular joint. A new combined augmentation procedure, *J Oral Maxillofac Surg* 20, Seite 98-9.
- [42] Behr, M.; Schmidt, H.; Leibrock, A.; Held, P.; Fellner, C. und Handel, G. (1996): Vergleich von klinischer Schmerzsymptomatik des Kiefergelenks und MRT-Diagnostik, *Dtsch Zahnärztl Z* 51, Seite 416-9.
- [43] Rammelsberg, P.; Jäger, L.; Böhm, A.; Lentner, E.; Pospiech, P. und Gernet, W. (1997): Schmerzen, subjektive und objektivierbare Befunde bei anterioren Diskusverlagerungen ohne Reposition im Kiefergelenk, *Dtsch Zahnärztl Z* 52, Seite 338-41.
- [44] Schliephake, H. und Tschernitschek, H. (2002): Kiefergelenkserkrankungen, in: Reichart, P. A., *Curriculum Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Band 2*, Seite 358-9, Quintessenz Verlag-GmbH, Berlin.

- [45] Ben Amor, F.; Carpentier, P.; Foucart, J. M. und Meunier, A. (1998): Anatomic and mechanical properties of the lateral disc attachment of the temporomandibular joint, *J Oral Maxillofac Surg* 56, Seite 1164-7; discussion 1168-9.
- [46] Brandlmaier, I.; Rudisch, A.; Bodner, G.; Bertram, S. und Emschhoff, R. (2003): Temporomandibular joint internal derangement: detection with 12.5 MHz ultrasonography, *J Oral Rehabil* 30 [8], Seite 796-801.
- [47] Rammelsberg, P.; Pospiech, P. R.; Jager, L.; Pho Duc, J. M.; Bohm, A. O. und Gernet, W. (1997): Variability of disk position in asymptomatic volunteers and patients with internal derangements of the TMJ, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83, Seite 393-9.
- [48] Tasaki, M. M.; Westesson, P. L.; Isberg, A. M.; Ren, Y. F. und Tallents, R. H. (1996): Classification and prevalence of temporomandibular joint disk displacement in patients and symptom-free volunteers, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 109, Seite 249-62.
- [49] Foucart, J. M.; Carpentier, P.; Pajoni, D.; Marguelles-Bonnet, R. und Pharaboz, C. (1998): MR of 732 TMJs: anterior, rotational, partial and sideways disc displacements, *Eur J Radiol* 28, Seite 86-94.
- [50] Wilkes, C. H. (1989): Internal derangements of the temporomandibular joint. Pathological variations, *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 115, Seite 469-77.
- [51] Cholitgul, W.; Petersson, A.; Rohlin, M. und Akerman, S. (1990): Clinical and radiological findings in temporomandibular joints with disc perforation, *Int J Oral Maxillofac Surg* 19, Seite 220-5.
- [52] Orsini, M. G.; Kuboki, T.; Terada, S.; Matsuka, Y.; Yatani, H. und Yamashita, A. (1999): Clinical predictability of temporomandibular joint disc displacement, *J Dent Res* 78, Seite 650-60.
- [53] Yatani, H.; Suzuki, K.; Kuboki, T.; Matsuka, Y.; Maekawa, K. und Yamashita, A. (1998): The validity of clinical examination for diagnosing anterior disk displacement without reduction, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85, Seite 654-60.
- [54] Paesani, D.; Westesson, P. L.; Hatala, M. P.; Tallents, R. H. und Brooks, S. L. (1992): Accuracy of clinical diagnosis for TMJ internal derangement and arthrosis, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 73, Seite 360-3.

- [55] Barclay, P.; Hollender, L. G.; Maravilla, K. R. und Truelove, E. L. (1999): Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnosis in patients with disk displacement in the temporomandibular joint, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 88, Seite 37-43.
- [56] Augthun, M.; Müller-Leisse, C.; Bauer, W.; Roth, A. und Speikermann, H. (1998): Anterior disk displacement of the temporomandibular joint. Significance of clinical signs and symptoms in the diagnosis, *J Orofac Orthop* 59, Seite 39-46.
- [57] Emshoff, R.; Innerhofer, K.; Rudisch, A. und Bertram, S. (2002): Clinical versus magnetic resonance imaging findings with internal derangement of the temporomandibular joint: an evaluation of anterior disc displacement without reduction, *J Oral Maxillofac Surg* 60, Seite 36-41; discussion 42-3.
- [58] Tognini, F.; Manfredini, D.; Montagnani, G. und Bosco, M. (2004): Is clinical assessment valid for the diagnosis of temporomandibular joint disk displacement, *Minerva Stomatol* 53, Seite 439-48.
- [59] Schellhas, K. P. (1989): Internal derangement of the temporomandibular joint: radiologic staging with clinical, surgical, and pathological correlation, *Magn Res Imag* 7, Seite 495-515.
- [60] Biaci, A. (1998): Arthrose als frustrierter Reparaturvorgang, in: Palla, S., *Myoarthropathien des Kausystems und orofaciale Schmerzen* Seite 43-59, Selbstverlag, Zürich.
- [61] Milam, S. B. und Schmitz, J. P. (1995): Molecular biology of temporomandibular joint disorders: proposed mechanisms of disease, *J Oral Maxillofac Surg* 53, Seite 1448-54.
- [62] Haskin, C. L.; Milam, S. B. und Cameron, I. L. (1995): Pathogenesis of degenerative joint disease in the human temporomandibular joint, *Crit Rev Oral Biol Med* 6, Seite 248-77.
- [63] Milam, S. B.; Zardeneta, G. und Schmitz, J. P. (1998): Oxidative stress and degenerative temporomandibular joint disease: a proposed hypothesis, *J Oral Maxillofac Surg* 56, Seite 214-23.
- [64] Dijkgraaf, L. C.; de Bont, L. G.; Boering, G. und Liem, R. S. (1995): Normal cartilage structure, biochemistry, and metabolism: a review of the literature, *J Oral Maxillofac Surg* 53, Seite 924-9.

- [65] Dijkgraaf, L. C.; de Bont, L. G.; Boering, G. und Liem, R. S. (1995): The structure, biochemistry, and metabolism of osteoarthritic cartilage: a review of the literature, *J Oral Maxillofac Surg* 53, Seite 1182-92.
- [66] Müller, J.; Schmid, C.; Vogl, T.; Bruckner, G. und Randzio, J. (1992): Vergleichende anatomische und MR-tomographische Untersuchungen an explantierten Kiefergelenken, *Dtsch Zahnärztl Z* 5, Seite 303-8.
- [67] Tasaki, M. M. und Westesson, P. L. (1993): Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging, *Radiology* 186, Seite 723-9.
- [68] Rao, V. M.; Farole, A. und Karasick, D. (1990): Temporomandibular joint dysfunction: correlation of MR imaging, arthrography and arthroscopy, *Radiology* 174, Seite 663-7.
- [69] Mohl, N. D.; Lund, J.; McCall, W.; Plesh, O.; Widmer, C.; Ohrbach, R.; Crow, H. und Gross, A. (1990): Devices for the diagnosis and treatment of TMD, I-III, *J Prosthet Dent* 63, Seite 198-201, 332-6, 472-7.
- [70] Eisenburger, M.; Bremer, B. und Tschernitschek, H. (1998): Zur diagnostischen Wertigkeit der Thermographie bei Funktionsstörungen, *Dtsch Zahnärztl. Z* 53, Seite 193-6.
- [71] Rammelsberg, P.; Pospiech, P.; May, H. C. und Gernet, W. (1996): Evaluation of diagnostic criteria from computerized axiography to detect internal derangements of the TMJ, *Cranio* 14, Seite 286-95.
- [72] Hayashi, T.; Ito, J.; Koyama, J. und Yamada, K. (2001): The accuracy of sonography for evaluation of internal derangement of the temporomandibular joint in asymptomatic elementary school children: comparison with MR and CT, *Am J Neuroradiol* 22, Seite 728-34.
- [73] Emshoff, R.; Jank, S.; Bertram, S.; Rudisch, A. und Bodner, G. (2002): Disk displacement of the temporomandibular joint: sonography versus MR imaging, *AJR Am J Roentgenol* 178, Seite 1557-62.
- [74] Patonay, L.; Nagy, K. und Engelke, W. (2002): Real-time endoarticular ultrasound imaging of the TMJ-a new diagnostic possibility? A cadaver study, *Int J Oral Maxillofac Surg* 31, Seite 553-7.
- [75] de Bont, L. G.; Dijkgraaf, L. C. und Stegenga, B. (1997): Epidemiology and natural

- progression of articular temporomandibular disorders, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83, Seite 72-6.
- [76] Piehslinger, E. (2001): Treatment strategy in functional temporomandibular joint changes, *Radiologe* 41, Seite 778-82.
- [77] Murakami, K.; Segami, N.; Okamoto, M.; Yamamura, I.; Takahashi, K. und Tsuboi, Y. (2000): Outcome of arthroscopic surgery for internal derangement of the temporomandibular joint: long-term results covering 10 years, *J Craniomaxillofac Surg* 28, Seite 264-71.
- [78] Murakami, S.; Takahashi, A.; Nishiyama, H.; Fujishita, M. und Fuchihata, H. (1993): Magnetic resonance evaluation of the temporomandibular joint disc position and configuration, *Dentomaxillofac Radiol* 22, Seite 205-7.
- [79] Casares, G.; Benito, C. und de la Hoz, J. L. (1999): Treatment of TMJ static disk with arthroscopic lysis and lavage: a comparison between MRI arthroscopic findings and clinical results, *Cranio* 17, Seite 49-57.
- [80] Fridrich, K. L.; Wise, J. M. und Zeitler, D. L. (1996): Prospective comparison of arthroscopy and arthrocentesis for temporomandibular joint disorders, *J Oral Maxillofac Surg* 54, Seite 816-20; discussion 821.
- [81] Dolwick, M. F. und Riggs, R. R. (1983): Diagnosis and treatment of internal derangements of the temporomandibular joint, *Dent Clin North Am* 27, Seite 561-72.
- [82] Schellhas, K. P.; Wilkes, C. H.; el Deeb, M.; Lagrotteria, L. B. und Omlie, M. R. (1988): Permanent Proplast temporomandibular joint implants: MR imaging of destructive complications, *Am J Roentgenol* 151, Seite 731-5.
- [83] Kneeland, J. B.; Ryan, D. E.; Carrera, G. F.; Jesmanowicz, A.; Froncisz, W. und Hyde, J. S. (1987): Failed temporomandibular joint prostheses: MR imaging, *Radiology* 165, Seite 179-81.
- [84] Ta, L. E.; Phero, J. C.; Pillemer, S. R.; Hale-Donze, H.; McCartney-Francis, N.; Kingman, A.; Max, M. B.; Gordon, S. M.; Wahl, S. M. und Dionne, R. A. (2002): Clinical evaluation of patients with temporomandibular joint implants, *J Oral Maxillofac Surg* 60, Seite 1389-99.
- [85] Orenstein, E. S. (1993): Anterior repositioning appliances when used for anterior disk displacement with reduction - a critical review, *J Craniomand Pract* 11, Seite 141-5.

- [86] Dolwick, M. F. (1997): The role of temporomandibular joint surgery in the treatment of patients with internal derangement, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 83, Seite 150-5.
- [87] Sato, H.; Fugii, T; Yamada, N. und Kitamori, H. (1995): Temporomandibular joint osteoarthritis: a comparative clinical and tomographic study pre- and post-treatment, *J Oral Rehabil* 21, Seite 383-95.
- [88] de Leeuw, R.; Boering, G.; van der Kuijl, B. und Stegenga, B. (1996): Hard and soft tissue imaging of the temporomandibular joint 30 years after diagnosis of osteoarthrosis and internal derangement., *J Oral Maxillofac Surg* 54 [11], Seite 1270-80; discussion 1280-1.
- [89] Le Bell, Y. und Forssell, H. (1993): A two-year follow-up of temporomandibular joint disk displacement without reduction in 22 subjects, *Proc Finn Dent Soc* 89, Seite 45-50.
- [90] Kai, S.; Kai, H.; Tabata, O.; Shiratsuchi, Y. und Ohishi, M. (1998): Long-term outcomes of nonsurgical treatment in nonreducing anteriorly displaced disk of the temporomandibular joint, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85, Seite 258-67.
- [91] Müller-Leisse, C.; Augthun, M.; Bauer, W.; Roth, A. und Gunther, R. W. (1997): Kiefergelenkmorphologie und morphometrische Befunde in Abhängigkeit vom Grad der Diskusverlagerung: Vergleichende magnetresonanztomographische Untersuchungen, *Radiologe* 37, Seite 152-8.
- [92] Miller, T. L.; Katzberg, R. W.; Tallents, R. H.; Bessette, R. W. und Hayakawa, K. (1985): Temporomandibular joint clicking with nonreducing anterior displacement of the meniscus, *Radiology* 154, Seite 121-4.
- [93] Nebbe, B.; Brooks, S. L.; Hatcher, D.; Hollender, L. G.; Prasad, N. G. und Major, P. W. (2000): Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: interobserver agreement in subjective classification of disk status, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90, Seite 102-7.
- [94] Nebbe, B.; Major, P. W. und Prasad, N. (1999): Female adolescent facial pattern associated with TMJ disk displacement and reduction in disk length: part I, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116, Seite 168-76.
- [95] Nebbe, B.; Major, P. W. und Prasad, N. G. (1999): Male adolescent facial pattern

- associated with TMJ disk displacement and reduction in disk length: Part II, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116, Seite 301-7.
- [96] Nebbe, B.; Major, P. W.; Prasad, N. G. und Hatcher, D. (1998): Quantitative assessment of temporomandibular joint disk status, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85, Seite 598-607.
- [97] Kurita, H.; Ohtsuka, A.; Kobayashi, H. und Kurashina, K. (2000): Flattening of the articular eminence correlates with progressive internal derangement of the temporomandibular joint, *Dentomaxillofac Radiol* 29, Seite 277-9.
- [98] Schmid, Ch.; Müller, J.; Schmid, C.; Vogl, T.; Bruckner, G. und Randzio, J. (1992): Magnetresonanztomographische Befunde bei Patienten mit Diskusverlagerung im Kiefergelenk, *Dtsch Zahnärztl Z* 47, Seite 497-504.
- [99] Galante, G.; Paesani, D.; Tallents, R. H.; Hatala, M. A.; Katzberg, R. W. und Murphy, W. (1995): Angle of the articular eminence in patients with temporomandibular joint dysfunction and asymptomatic volunteers, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 80, Seite 242-9.
- [100] Pullinger, A. G.; Seligman, D. A.; John, M. T. und Harkins, S. (2002): Multifactorial comparison of disk displacement with and without reduction to normals according to temporomandibular joint hard tissue anatomic relationships, *J Prosthet Dent* 87, Seite 298-310.
- [101] Pullinger, A. G.; Seligman, D. A.; John, M. T. und Harkins, S. (2002): Multifactorial modeling of temporomandibular anatomic and orthopedic relationships in normal versus undifferentiated disk displacement joints, *J Prosthet Dent* 87, Seite 289-97.
- [102] Sueluen, T.; Cemgil, T.; Duc, J. M.; Rammelsberg, P.; Jager, L. und Gernet, W. (2001): Morphology of the mandibular fossa and inclination of the articular eminence in patients with internal derangement and in symptom-free volunteers, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 92, Seite 98-107.
- [103] Sato, S.; Kawamura, H.; Motegi, K. und Takahashi, K. (1996): Morphology of the mandibular fossa and the articular eminence in temporomandibular joints with anterior disk displacement, *Int J Oral Maxillofac Surg* 25, Seite 236-8.
- [104] Kerstens, H. C. J.; Tuinzing, R. P.; Golding, R. P. und Van der Kwast, W. A. M. (1989): Inclination of the temporomandibular joint eminence and anterior disc displacement, *Int J Oral Maxillofac Surg* 18, Seite 229-32.

- [105] Ren, Y.F.; Isberg, A. und Westesson, P. L. (1995): Steepness of the articular eminence in temporomandibular joint. Tomographic comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 80, Seite 647-54.
- [106] Rammelsberg, P.; Pospiech, P.; Gernet, W.; Heumann, C. und Toutenburg, H (1996): Ätiologische Faktoren für Diskusverlagerungen im Kiefergelenk, *Dtsch Zahnärztl Z* 51, Seite 211-8.
- [107] Drace, J. E. und Enzmann, D. R. (1990): Defining the normal temporomandibular joint: closed-, partially open-, and open-mouth MR imaging of asymptomatic subjects, *Radiology* 177, Seite 67-71.
- [108] Ogutcen-Toller, M.; Taskaya-Yilmaz, N. und Yilmaz, F. (2002): The evaluation of temporomandibular joint disc position in TMJ disorders using MRI, *Int J Oral Maxillofac Surg* 31, Seite 603-7.
- [109] Vogl, T. und Eberhard, D. (1993): MR-Tomographie des Temporomandibulargelenks, Verlag Georg Thieme, Thieme, Stuttgart.
- [110] Rammelsberg, P.; Jager, L. und Duc, J. M. (2000): Magnetic resonance imaging-based joint space measurements in temporomandibular joints with disk displacements and in controls, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90, Seite 240-8.
- [111] Pullinger, A. G. und Seligman, D. A. (2001): Multifactorial analysis of differences in temporomandibular joint hard tissue anatomic relationships between disk displacement with and without reduction in women, *J Prosthet Dent* 86, Seite 407-19.
- [112] Matsumura, Y.; Nomura, J.; Murata, T.; Inui, M.; Nagai, K.; Yanase, S.; Nomura, Y. und Tagawa, T. (2004): Magnetic resonance imaging of synovial proliferation in temporomandibular disorders with pain, *J Comput Assist Tomogr* 28, Seite 73-9.
- [113] Akerman, S.; Kopp, S. und Rohlin, M. (1988): Macroscopic and microscopic appearance of radiologic findings in temporomandibular joints from elderly individuals. An autopsy study, *Int J Oral Maxillofac Surg* 17, Seite 58-63.
- [114] de Bont, L.G. M.; Boering, G.; Liem, RSB.; Eulerink, F. und Westesson, P. L. (1986): Osteoarthritis and internal derangement of the temporomandibular joint. A light microscopic study, *J Oral Maxillofac Surg* 44, Seite 634-43.
- [115] Hansson, L. G.; Westesson, P. L. und Eriksson, L. (1996): Comparison of tomography

- and midfield magnetic resonance imaging for osseous changes of the temporomandibular joint, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82, Seite 698-703.
- [116] Rao, V. M.; Babaria, A.; Manoharan, A.; Mandel, S.; Gottehrer, N.; Wank, H. und Grosse, S. (1990): Altered condylar morphology associated with disc displacement in TMJ dysfunction: observations by MRI, *Magn Reson Imaging* 8, Seite 231-5.
- [117] Jonsson, G.; Eckerdal, O. und Isberg, A. (1999): Thickness of the articular soft tissue of the temporal component in temporomandibular joints with and without disk displacement, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 87, Seite 20-6.
- [118] Hall, M. B.; C., Gibbs C. und G., Scalar A. (1985): Association between the prominence of the articular eminence displaced TMJ disks, *Cranio* 3, Seite 237-9.
- [119] Atkinson, W. B. und Bates, R. E. Jr. (1983): The effects of the angle of the articular eminence on anterior disk displacement, *J Prosthet Dent* 49, Seite 554-5.
- [120] Isberg, A. und Westesson, P. L. (1998): Steepness of articular eminence and movement of the condyle and disk in asymptomatic temporomandibular joints, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 86, Seite 152-7.
- [121] Gateno, J.; Anderson, P. B.; Xia, J. J.; Horn, J. C.; Teichgraber, J. F. und Liebschner, M. A. (2004): A comparative assessment of mandibular condylar position in patients with anterior disc displacement of the temporomandibular joint, *J Oral Maxillofac Surg* 62, Seite 39-43.
- [122] Incesu, L.; Taskaya-Yilmaz, N.; Ogutcen-Toller, M. und Uzun, E. (2004): Relationship of condylar position to disc position and morphology, *Eur J Radiol* 51, Seite 269-73.
- [123] Behr, M.; Held, P.; Leibrock, A.; Fellner, C. und Handel, G. (1996): Diagnostic potential of pseudo-dynamic MRI (CINE mode) for evaluation of internal derangement of the TMJ, *Eur J Radiol* 23, Seite 212-5.
- [124] Vahlensieck, M.; Okweschokwu, S. und Greven, M. (2002): Magnetic Resonance Imaging (MRI) of the TMJ: Influence on therapy and inter-observer agreement of two radiologists, *Rofo* 174, Seite 1415-21.
- [125] Benito, C. und Casares, G. (1998): TMJ static disk: correlation between clinical findings and pseudodynamic magnetic resonance images, *Cranio* 16, Seite 242-51.

- [126] Desiate, A. und Milano, V. (1999): Morphological and positional changes in the disk after nonsurgical therapy. The MRI documentation and clinical correlations, *Minerva Stomatol* 48, Seite 447-61.
- [127] Vogl, T. J. und Abolmaali, N. (2001): MRI of the temporomandibular joint. Technique, results, indications, *Rofo* 173, Seite 969-79.
- [128] Chirani, R. A.; Jacq, J. J.; Meriot, P. und Roux, C. (2004): Temporomandibular joint: a methodology of magnetic resonance imaging 3-D reconstruction, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 97, Seite 756-61.
- [129] Kitai, N.; Eriksson, L.; Kreiborg, S.; Wagner, A. und Takada, K. (2004): Three-dimensional reconstruction of TMJ MR images: a technical note and case report, *Cranio* 22, Seite 77-81.

7 Lebenslauf

Vorname:	Mathias
----------	---------

Familienname:	Griethe
---------------	---------

Geburtsort:	Quedlinburg
-------------	-------------

Geburtsdatum:	04.11.1977
---------------	------------

Eltern:	Dr. med. Heinz - Joachim Griethe, Facharzt für Innere Medizin Dr. med. Sigrid Griethe, Fachärztin für Pädiatrie
---------	--

Schulbildung:	
1984-1991	Polytechnische Oberschule "Wilhelm Pieck", Halberstadt
1991-1997	Martineum-Gymnasium, Halberstadt

Zivildienst:	
1996-1997	Hilfskrankenpfleger im Klinikum Dorothea-Erxleben-GmbH, Quedlinburg

Hochschulbildung:	
1997-2002	Zahnmedizinstudium an der Humboldt-Universität zu Berlin
2000	Zahnärztliche Vorprüfung
2002	Zahnärztliche Prüfung

Famulatur:	
2001	Universitätsklinikum Chiang Mai, Thailand
Seit Januar 2003	Doktorand im Zentrum für Zahnmedizin
Seit Juni 2003	Ausbildungsassistent in einer Zahnarztpraxis in Berlin-Steglitz

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind im Februar 2005 in der Fachzeitschrift RöFo publiziert.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass die vorliegende Dissertationsschrift von mir selbst und ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst wurde, auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten darstellt und die benutzten Hilfsmittel sowie die die Literatur vollständig angegeben sind.

Berlin, 01.02.2005

Mathias Griethe

8 Danksagung

Mein Dank gilt

Prof. Dr. med. K. P. Lange für die Gelegenheit, im Zentrum für Zahnmedizin der Charité, Campus Virchow-Klinikum, zu forschen,

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Roland Felix für die Möglichkeit der Datenauswertung, in der Klinik für Strahlenheilkunde der Charité, Campus Virchow-Klinikum,

Frau Priv.-Doz. Dr. med. dent. Ingrid Peroz für die freundliche Überlassung des Themas,

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Arne-Jörn Lemke sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Klinik für Strahlenheilkunde der Charité, Campus Virchow-Klinikum,

den MTRA der Klinik für Strahlenheilkunde der Charité, Campus Virchow-Klinikum für die höfliche Unterstützung,

nochmals Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Arne-Jörn Lemke und Frau Priv.-Doz. Dr. med. dent. Ingrid Peroz für die intensive und freundliche Betreuung sowie Einarbeitung in die wissenschaftlichen Grundlagen dieser Arbeit,

Herrn Dirk Strahlendorf und Herrn Andreas Bartels für die computertechnische Unterstützung,

Frau Dr. Ingeborg Kuchler für die Zusammenarbeit in Bezug auf die statistische Auswertung und schließlich meiner Familie, meiner Freundin Katja und meinem Freund Dr. med. Payman Barikbin für ihre Geduld und Hilfe.