

Diagnostische Aussagekraft und Grenzen

von P6 – Kiefergelenk - Aufnahmen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Julia Wiebe geb. Hamm
aus Isilkul/Sibirien

2009

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. E.-H. Helfgen
2. Gutachter: Prof. Dr. M. Frentzen

Tag der Mündlichen Prüfung: 06.10.2009

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Bonn
Direktor: Prof. Dr. H. Stark

Meinem Ehemann und meinen Eltern gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1. Fragestellung	8
1.2. Aufbau des Kiefergelenks und seine Darstellung im Röntgenbild	9
1.3. Mögliche Erkrankungen des Kiefergelenks und ihre übergeordnete Klassifikationen	10
1.3.1. Pathogenese einiger wichtiger Erkrankungen des Kiefergelenks	14
1.4. Bildgebende Untersuchungen des Kiefergelenks	16
1.4.1. Konventionelle Röntgenaufnahmen	16
1.4.2. Computertomographie (CT)	20
1.4.3. Digitale Volumetomographie (DVT)	21
1.4.4. Magnetresonanztomographie (MRT, Kernspintomographie)	22
1.5. Geschichtlicher Hintergrund der Orthopantomographie hinsichtlich der Kiefergelenkdarstellung	23
2. Material und Methoden	26
2.1. Statistische Auswertungen	30
3. Ergebnisse	31
3.1. Erläuterung zu den Ergebnissen	42
4. Diskussion	43
5. Schlussfolgerung	47
6. Zusammenfassung	48
7. Anhang	49
8. Literaturverzeichnis	51
9. Danksagung	59

Abkürzungsverzeichnis

aDV	anteriore Diskusverlagerung
Brux.	=Bruxismus
DV	=Diskusverlagerung
Hyperakt.	=Hyperaktivität
KG	=Kiefergelenk
KM	=Kaumuskulatur
Kompr.	=Kompression
MÖ	=Mundöffnung
OPG	=Orthopantomogramm
o. p. Befund	=ohne pathologischen Befund
Rep.	=Reposition
schmerzh.	=schmerzhaft
UK	=Unterkiefer
V.a.	=Verdacht auf
Z.n.	=Zustand nach
CMD	=kranio-mandibuläre Dysfunktion

1. Einleitung

Funktionsstörungen im Kausystem bzw. kranio-mandibuläre Dysfunktionen (CMD) haben eine wesentliche Bedeutung in der Zahnmedizin angenommen. Diese sind als Bezeichnung für eine Gruppe von Erkrankungen der Kiefergelenke identisch mit den internationalen Begriffen „temporomandibular disorders“ und „craniomandibular disorders“. Sie stehen hinter Karies und Parodontopathien an dritter Stelle der häufigsten Erkrankungen im stomatognathen System [62]. Hierbei sind Störungen gemeint, die das Kiefergelenk, die Kaumuskulatur oder die angrenzenden Gewebe betreffen und sich wesentlich in der Ätiologie, Progression und Behandlungsbedürftigkeit differenzieren. Gekennzeichnet sind sie durch verschiedenartige Symptome, wobei als Leitsymptome Kiefergelenkgeräusche wie Knacken und Reiben, Unterkieferbewegungseinschränkungen, Schmerzen im Kiefergelenk so wie in der Kaumuskulatur zu nennen sind. Es sind aber auch Kopfschmerzen und Ohrsymptome häufig verbreitet. Die Ätiopathogenese von CMD kann als multifaktoriell (traumatisch, anatomisch, neuromuskulär und psycho-sozial) bezeichnet werden.

Nach einer Zusammenfassung von Ergebnissen einer Reihe von Studien gelangte Helkimo (1979) zur Schlussfolgerung, dass 20% bis 30% der Bevölkerung einer Behandlung in diesem Bereich bedürfen [21]. Bei Betrachtung anderer epidemiologischer Untersuchungen zeigt sich, dass bei 30% bis 60% der Bevölkerung mindestens ein Symptom einer kranio-mandibulären Dysfunktion aufzufinden ist [30, 77]. Andere Studien belegen sogar, dass funktionelle Erkrankungen des Kausystems eine Morbidität von 60 bis 80% aufweisen (Ash und Schmidseder, 1999; Harms und Wilk, 1987; Pullinger et al., 1988; Rieder und Martinoff, 1983). Da diese oft unerkant bleiben, besteht lediglich bei 3% bis 7% der Patienten Behandlungsbedarf. In einer Querschnittsstudie von Hansson, Nilner (1975) und Hansson (1977) mit 1069 schwedischen Personen stellte sich heraus, dass über 50 % der Probanden mehr oder weniger funktionsgestört waren; 25 bis 30% wurden als behandlungsbedürftig angesehen. Auch die Ergebnisse einer Studie von Rieder (1983) u.a. ergaben, dass 32% der untersuchten Patienten Gelenkschmerzen oder Palpations-empfindlichkeit eines oder beider Kiefergelenke aufwiesen [59]. Um die Häufigkeit von kranio-mandibulären Dysfunktionen bei Frauen und Männern anzugeben, so zeigen Frauen bis zu achtmal häufiger Symptome als Männer [37,68].

Wie diese Beispiele zeigen, stellen Dysfunktionen des kranio-mandibulären Systems ein relativ häufig auftretendes Krankheitsbild dar.

Somit steht in der Therapie kranio-mandibulärer Dysfunktionen wie bei jeder medizinischen Maßnahme die Diagnostik im Mittelpunkt der Bemühungen (Lückerath, 1987). Neben der klinischen und instrumentellen Funktionsdiagnostik wird als weiterführende Untersuchung die bildgebende Diagnostik herangeführt. Während sich die klinische Funktionsdiagnostik auf die klinische Untersuchung der Funktion des orofazialen Systems konzentriert, geht die instrumentelle Funktionsdiagnostik einen Schritt weiter und beurteilt sowohl qualitativ als auch quantitativ die Wechselbeziehungen zwischen den okklusalen und kondylären Strukturen.

Kann durch diese beiden Untersuchungen keine zufrieden stellende Arbeitsdiagnose erstellt werden und bedürfen die klinischen Befunde einer genaueren Abklärung, so kommen bildgebende Verfahren zum Einsatz. Beispiele für solche klinischen Befunde sind z.B. Kiefergelenkgeräusche, eingeschränkte Unterkieferbeweglichkeit, Verdacht auf traumatische Verletzung des Kiefergelenkes, Ruheschmerzen und Druckempfindlichkeit der Kiefergelenke auf Palpation [33].

1.1. Fragestellung

Etwa 89% aller Zahnarztpraxen in Deutschland verfügen über ein Panoramaröntgengerät und nutzen dieses nahezu täglich zur Erstellung von sogenannten P1-Aufnahmen als übersichtliche Darstellung des zahntragenden Alveolarfortsatzes und des Unterkiefers.

Die meisten Orthopantomographen bieten zudem die Möglichkeit von sogenannten Spezialaufnahmen zur Untersuchung der temporomandibulären Region, auch als Funktionsorthopantomogramme bezeichnet [1]. Anwendung finden sie als wichtiges differentialdiagnostisches Hilfsmittel bei kranio-mandibulären Dysfunktionen zum Beispiel für die Abgrenzung von Arthropathien mit morphologischen Veränderungen gegenüber anderen funktionellen Erkrankungen [47]. Zur Aufstellung einer Therapie ist die richtige Diagnosestellung unabdingbar. In der Literatur wird in diesem Zusammenhang von einigen Autoren die Röntgenaufnahme als diagnostisches Hilfsmittel herausgestellt. Andere Autoren diskutieren die Notwendigkeit einer Röntgenaufnahme bei funktionellen Erkrankungen des Kiefergelenks kontrovers [52]. Inmitten dieser Diskussion steht der verunsicherte Praxisinhaber, der häufig zu wenig über die Möglichkeiten seines Panoramaröntgengerätes hinsichtlich der Spezialeinstellungen informiert ist. Die Fragestellung der vorliegenden Studie lautet nun, inwiefern sich auch funktionelle Erkrankungen wie z.B. die anteriore

Diskusverlagerung mit und ohne Reposition oder die Hypermobilität der Kondylen in retrospektiv ausgewerteten P6-Kiefergelenk-Aufnahmen erkennen lassen.

Gleichzeitig sollen verschiedene anatomische Strukturen bei gesunden Gelenken im Röntgenbild vermessen und mit Werten aus der Literatur verglichen werden.

1.2. Aufbau des Kiefergelenks und seine Darstellung im Röntgenbild

Das Kiefergelenk, *Articulatio temporomandibularis*, ist aufgebaut aus dem *Processus condylaris* der *Mandibula*, der *Fossa mandibularis* und dem *Tuberculum articulare* des *Os temporale* (Abb. 1). Zwischen den Gelenkflächen befindet sich der aus Faserknorpel bestehende bikonkave *Discus articularis*. Er ist medial und lateral am Kondylus befestigt. Nach dorsal, ventral, medial und lateral ist das Kiefergelenk von einer dünnen, fibrösen Gelenkkapsel (Ca) umgeben, welche medial und lateral von Ligamenten verstärkt ist. Dorsal des Diskus befindet sich die aus lockerem gefäßreichem Bindegewebe bestehende bilaminäre Zone (bZ); deren unterer Anteil wird auch retroartikuläres plastisches Polster (rP) genannt. Anterior ist der *Discus articularis* (Da) mit der Gelenkkapsel und oft mit einstrahlenden Fasern des oberen *Musculus pterygoideus lateralis* (Mpl) verbunden [23].

Bei physiologischen Bewegungen des Kondylus wird der *Discus articularis* durch den direkt am Diskus oder an der Kapsel ansetzenden *Musculus pterygoideus lateralis* und durch die elastischen Fasern der bilaminären Zone auf dem Kondylus so positioniert, dass Inkongruenzen ausgeglichen und Druckbelastungen ausgehend vom Kondylus auf die knöchernen Gelenkstruktur an der Schädelbasis vermieden werden [14].

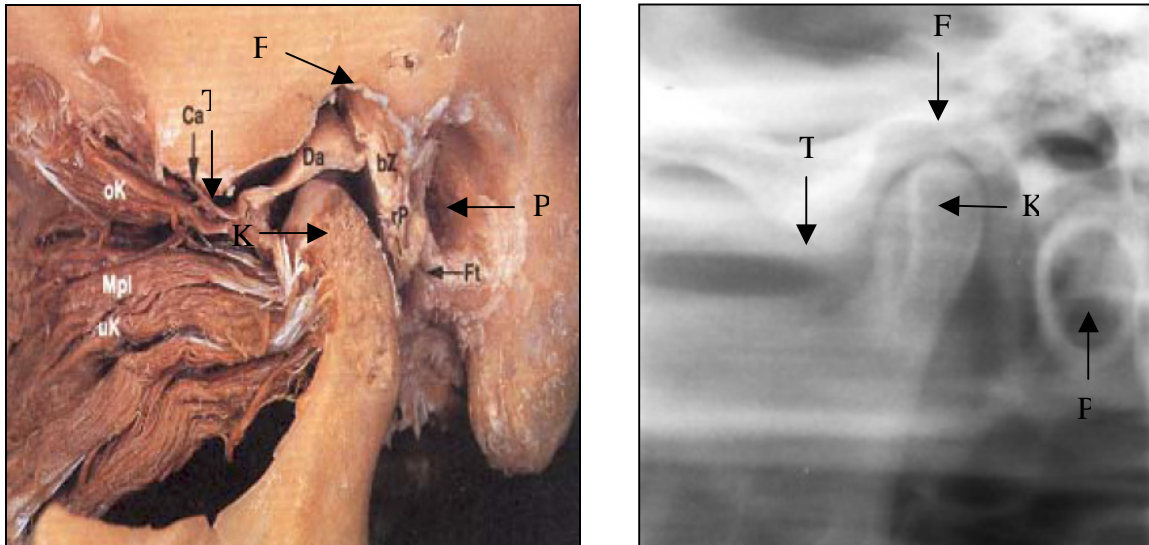


Abb. 1: Sagittalschnitt durch das linke Kiefergelenk [2] mit einem Ausschnitt einer P6-Aufnahme (Ca = Capsula articularis, rP = retroartikuläres plastisches Polster, Ft = Fissura tympanosquamosa, Da = Discus articularis, bZ = bilaminäre Zone, Mpl = Musculus pterygoideus lateralis, oK = oberer Bauch des Mpl, uK = unterer Bauch des Mpl, K = Kondylus, P = Porus acusticus, T = Tuberculum articulare, F = Fossa articularis)

1.3. Mögliche Erkrankungen des Kiefergelenks und ihre übergeordnete Klassifikationen

Mittels Diagnose- und Klassifikationssystemen werden die vom Patient anamnestisch angegebenen Symptome und die bei klinischen Untersuchungen gewonnenen Befunde zu Symptom- und Diagnosegruppen zusammengefasst. Eine wichtige systematische Klassifikation - welche es mittlerweile in 2. Auflage gibt - wird durch die IHS Klassifikation des Kopfschmerzes (**I**nternational **H**eadache **S**ociety) vorgenommen [83]. Die Klassifikation ist nach einem hierarchischen Prinzip aufgebaut und jeder Anwender muss selbst entscheiden, wie detailliert eine Diagnose im Einzelfall sein soll. Diese kann sich von der Ebene der ersten Stelle bis zur vierten Stelle erstrecken. Die erste Stelle gibt die grobe Orientierung an, in welche Diagnosegruppe der Kopfschmerz gehört. Die weiteren Stellen beinhalten dann detailliertere Informationen zur Diagnose. In Tab. 1 soll lediglich die Einteilung des Kopf- oder Gesichtsschmerzes dargestellt werden, welche auf Erkrankungen des Kiefergelenks zurückzuführen ist.

11.7 Kopf- oder Gesichtsschmerz zurückzuführen auf Erkrankungen des Kiefergelenks (TMD)

Diagnostische Kriterien:

- A.** Wiederkehrender Schmerz in einer oder mehreren Regionen des Kopfes oder des Gesichtes, der die Kriterien C und D erfüllt
- B.** Nachweis einer Erkrankung des Kiefergelenks mittels Röntgen, MRT und/oder Knochenszintigraphie
- C.** Nachweis, dass der Schmerz auf eine Erkrankung des Kiefergelenks zurückzuführen ist, basierend auf wenigstens einem der folgenden Kriterien:
1. der Schmerz wird durch Kiefergelenkbewegungen und/oder durch Kauen harter oder zäher Speisen hervorgerufen
 2. verminderte oder irreguläre Kieferöffnung
 3. Geräusche bei Bewegungen eines Kiefergelenks
 4. Druckempfindlichkeit der Gelenkkapsel eines oder beider Kiefergelenke
- D.** Der Schmerz verschwindet innerhalb von 3 Monaten nach erfolgreicher Behandlung der Erkrankung des Kiefergelenks und kehrt nicht wieder zurück

Tab. 1: Ausschnitt aus der IHS Klassifikation [83]

IHS steht für **I**nternational **H**eadache **S**ociety (Internationale Klassifikation von Kopfschmerzerkrankungen).

Die WHO (**W**orld **H**ealth **O**rganization) orientierte sich an dieser Klassifikation und erstellte eine sogenannte ICD Klassifikation (**I**nternational **C**lassification of **D**iseases). Im Kapitel 11 der aktuellen ICD 10 Klassifikation [82] werden die Krankheiten der Mundhöhle, der Speicheldrüsen und der Kiefergelenke aufgelistet (Tab. 2). Unter Punkt K07.6 findet man die aktuelle Klassifikation der Kiefergelenkerkrankungen. Unter S03 findet sich ein Querverweis für Luxation, Stauchung und Zerrung von Bändern des Kopfes wieder.

K07.6 Krankheiten des Kiefergelenks

- Costen Syndrom
- Funktionsstörung des Kiefergelenks
- Kiefergelenkknacken
- Kiefergelenkarthralgie
- Akute Kieferluxation (S03.0)
- Akute Kieferzerrung (S03.0)

Tab. 2: ICD-10 Klassifikation der WHO (World Health Organization) [82]

Die Abkürzung ICD steht für „International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems“, die Ziffer 10 bezeichnet die 10. Revision der Klassifikation.

Desweiteren stellt die DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten) über die Fachgruppierung DGFDT (Arbeitsgemeinschaft für Funktionslehre) ein diagnose- und therapieorientiertes Klassifikationsschema für Kiefergelenkerkrankungen (Arthropathien) zur Verfügung (Tab. 3).

Arthropathie

- **Diskusverlagerung**
 - Mit Reposition
 - Ohne Reposition
- **Arthrose**
 - Aktiviert
 - Inaktiviert
- **Kondylusverlagerung**
 - Nach kranial (Kompression)
 - Nach kaudal (Distraction)
- **Kondylushypermobilität**
- **Kondylusluxation**

Tab. 3: Eine modifizierte Nomenklatur von Kiefergelenkerkrankungen (Arthropathien) der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) über die Fachgruppierung der DGFDT (Arbeitsgemeinschaft für Funktionslehre).

Das wichtigste Symptom der CMD sind Schmerzen, die besonders beim Bewegen des Unterkiefers auftreten [27, 50, 57]. Dies ist häufig der Anlass dafür, dass der Patient den Arzt aufsucht. Eingeschränkte Unterkieferbewegungen sind dabei die direkten Folgen der schmerzhaften CMD [9, 39, 48, 70].

In anderen Untersuchungen stellten Gsellmann et al. (1996) fest, dass Diskopathien (Diskusverlagerungen und -perforationen) verbunden mit Kiefergelenkgeräuschen die häufigsten Erkrankungen sind, mit denen Patienten die Kiefergelenksprechstunden aufsuchen [17]. Laut der DGFDT (Arbeitsgemeinschaft für Funktionslehre) ist eine Diskusverlagerung eine unphysiologische Lagebeziehung des Discus articularis in Relation zum Kondylus mit und ohne Reposition [81]. Bei einer physiologischen Lage befindet sich der Diskus in Ruhelage des Unterkiefers zwischen dem anterioren Abhang des Kondylus und dem posterioren Abhang des Tuberculum articulare. Ist der Diskus verlagert, befindet er sich außerhalb der physiologischen Position weiter anterior, posterior, medial oder lateral versetzt. Für die Entstehung von solchen intraartikulären Weichgewebsverlagerungen wird von einigen Autoren der Einfluss des M. pterygoideus lateralis superior verantwortlich gemacht [15, 42, 44, 43], von anderen werden biomechanische Überlegungen diskutiert oder funktionell-anatomische Befunde als auslösende Ursache betrachtet [8, 7, 40, 45, 51]. Untersuchungen von Paesani et al. (1992) ergaben, dass rund 80% der Patienten mit Symptomen der CMD abnorme Diskus-Kondylus-Beziehungen aufweisen [53], während nach Lahrheim et al. (2001) diese bei asymptomatischen Patienten zu 35% vorkamen [35]. Dies verdeutlicht jedoch auch, dass das Kiefergelenk über eine großzügige Adaptationsfähigkeit mit nicht immer eindeutiger Morphologie verfügt, die in diesem Zusammenhang evolutionsmäßig als selektiver Vorteil diskutiert werden muss [20]. Desweiteren weist eine unphysiologische Kondylus-Diskus-Relation nicht unbedingt schmerzhafte Funktionseinschränkungen vor [35]. Türp (1998) relativiert die Begriffe „Diskusverlagerung“ und „Dislokation“ [74]. Er bringt stattdessen den Begriff „Diskuslage“ oder „Diskusposition“ ein. Das bedeutet, dass eine anteriore Diskuslage nicht zwingend eine pathologische Diskusverlagerung sein muss, wenn sie symptomfrei ist.

1.3.1. Pathogenese einiger wichtiger Erkrankungen des Kiefergelenks

Im Folgenden sollen die für unsere Arbeit wichtigen Erkrankungen des Kiefergelenks dargestellt werden (Abb. 2, 3, 4).

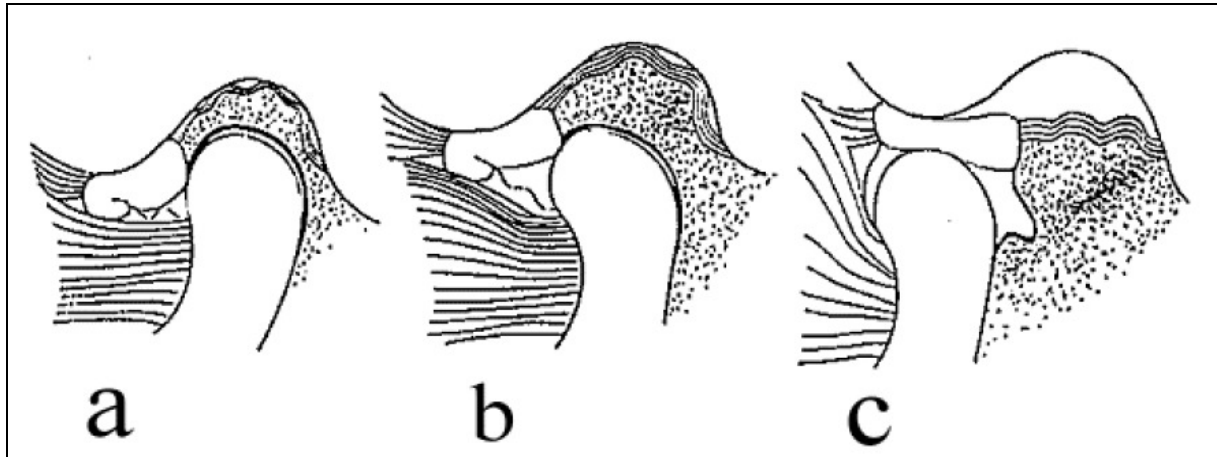


Abb. 2: Anteriore Diskusverlagerung *mit* Reposition [55]

- a) Bei geschlossenem Mund liegt der Diskus vor dem Kondylus.
- b) Bei der Mundöffnungsbewegung ergibt sich eine plötzliche Änderung der Diskus-Kondylus-Relation, d.h. der Diskus wird vor dem Kondylus hergeschoben, bis es zum Aufsprung des Diskus auf den Kondylus 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.

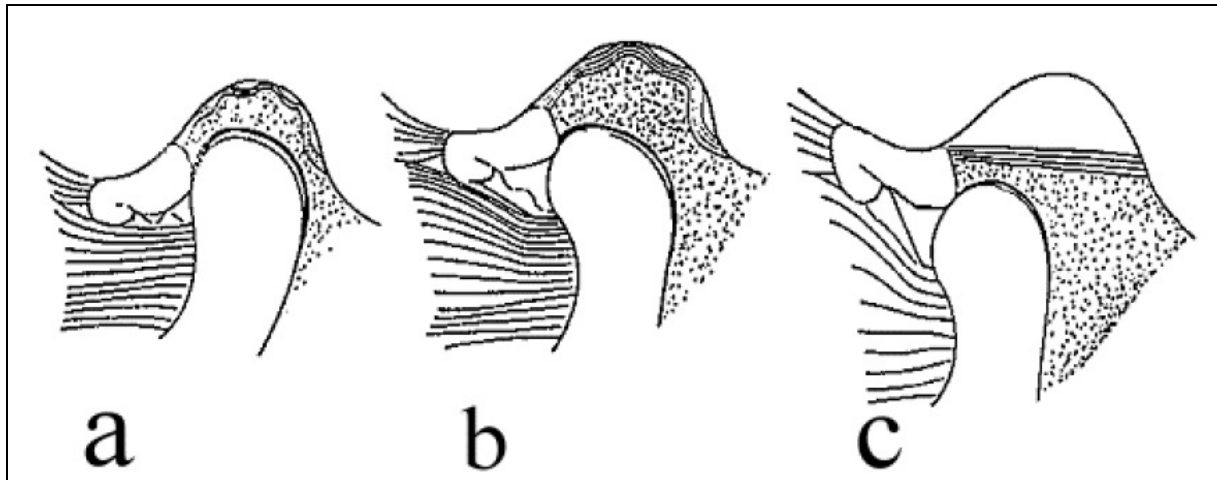


Abb. 3: Anteriore Diskusverlagerung *ohne* Reposition [55]

- a) Bei geschlossenem Mund liegt der Diskus vor dem Kondylus.
- b) Bei der Mundöffnungsbewegung ergibt sich eine Änderung der Diskus-Kondylus-Relation, d.h. der Diskus wird vor dem Kondylus hergeschoben, ohne dass es zum Aufsprung des Kondylus 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.

Hypermobilität

Unter einer Hypermobilität versteht man eine Kiefergelenkbewegung, die über das physiologische Ausmaß hinausgeht (Abb. 4). Hierbei kommt es entweder zu einer Asymmetrie der Mobilität rechts/ links, wobei der Kondylus in jedem Fall über das Tuberculum articulare gleitet, oder zu einer deutlichen kranialen Lage des Kondylus vor dem Tuberculum articulare. Ist diese Bewegung reversibel, so spricht man von einer Kondylussubluxation [81]. Klinisch relevant wird eine Hypermobilität nur bei einer Kiefersperre (fixierte Kondylusluxation).

Es ist zu beachten, dass auch bei gelenkgesunden Probanden der Kondylus regelmäßig über den höchsten Punkt des Tuberculum articulare hinweg gleitet [34].

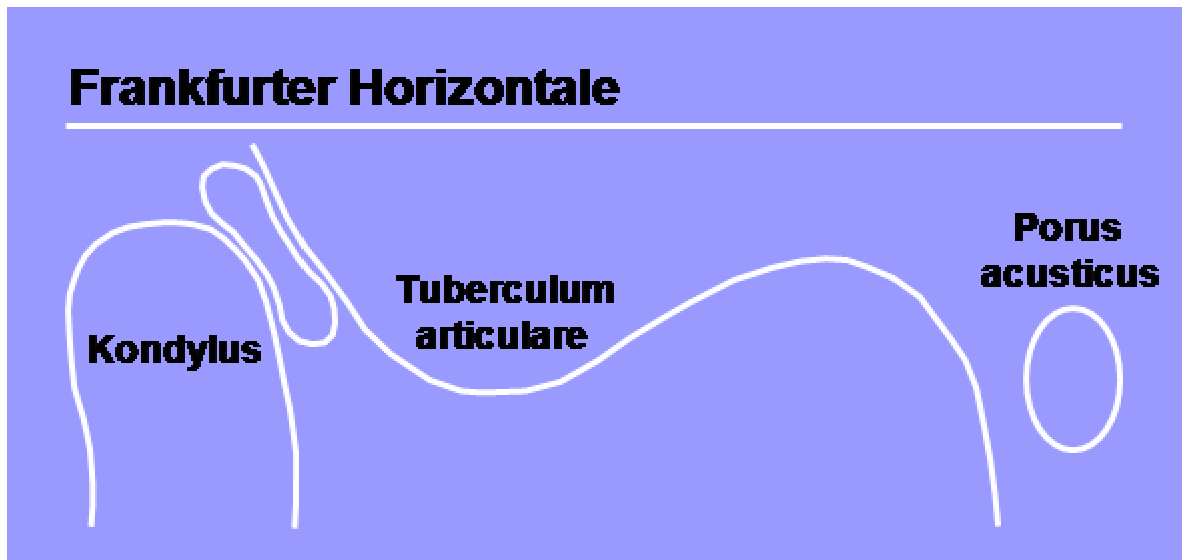


Abb. 4: Schematische Darstellung einer Kondylushypermobilität [34]

Das Kiefergelenk bewegt sich über das physiologische Ausmaß nach anterior (vorne) hinaus.

1.4. Bildgebende Untersuchungen des Kiefergelenks

Es gibt eine Vielzahl an bildgebenden Verfahren zur Untersuchung von Kiefergelenken, zu denen nachfolgend ein kurzer Überblick gegeben werden soll. Dabei wird ein dreidimensionales Objekt auf eine zweidimensionale Ebene, dem Röntgenfilm projiziert. Die Darstellung der Kiefergelenke bereitet deshalb besondere Schwierigkeiten, da eine enge räumliche Beziehung zwischen Schädelbasis und der an sich komplexen Struktur des Kiefergelenks besteht [67].

1.4.1. Konventionelle Röntgenaufnahmen

1.4.1.1. Kiefergelenkaufnahme, modifiziert nach Schüller

Die Kiefergelenkaufnahme, modifiziert nach Schüller (Abb. 5, 6) stellt eine isolierte Aufnahme dar und zeigt die Konfiguration des Caput mandibulae (Gelenkköpfchen) zur Gelenkpfanne auf. Sie bedarf jedoch aufgrund der Schrägprojektion exakter Kenntnisse der anatomischen Verhältnisse und einer ausreichenden Erfahrung in der Interpretation der Aufnahmen (Geering, 1975). Der Gelenkspalt, vor allem der laterale Anteil, ist nur

unzureichend zu beurteilen, und nicht selten kommt es zu Fehlinterpretationen [69]. Aus diesem Grund wird die Aufnahme heute zunehmend seltener herangezogen.

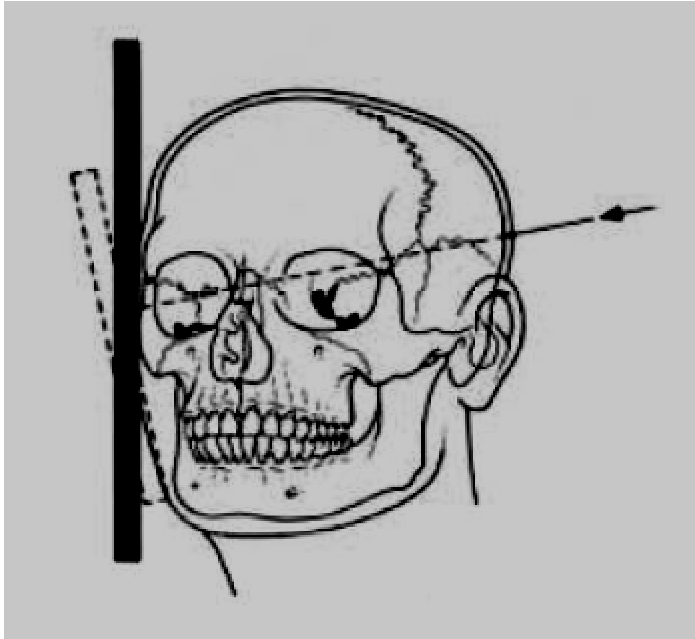


Abb. 5: Kiefergelenkaufnahme nach Schüller: Kopfhaltung und Strahlengang [54]

Bei geschlossenem Mund ist der Kopf des Patienten an der Kassette angelehnt. Der Zentralstrahl verläuft in vertikaler Richtung mit 25-26 Grad von oben auf den Kondylus des abzubildenden Gelenks.

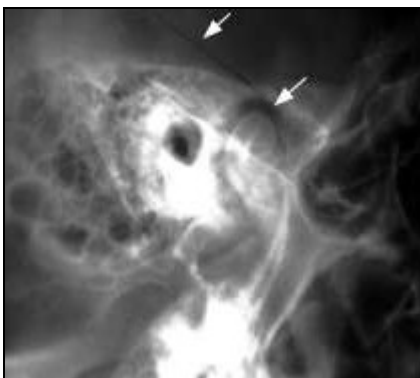


Abb. 6: Darstellung des Kiefergelenks, modifiziert nach Schüller, bei Bestehen einer Fraktur des Pfannendachs (Pfeile) [26]

1.4.1.2. Panoramaschichtaufnahme (Orthopantomographie)

Bei der Panoramaschichtaufnahme, einem speziellen Schichtverfahren, handelt es sich um eine radiologische Untersuchungsmethode, mit der nicht nur die Zähne, sondern gleichzeitig auch noch die Kiefer mit den benachbarten Strukturen des Gesichtsschädels extraoral und übersichtlich dargestellt werden können [54]. Primär wurden Panoramaschichtgeräte zur Darstellung des zahntragenden Alveolarfortsatzes und des Unterkiefers entwickelt [41, 52]. Durch exzentrische Patientenpositionierung mit den von Updegrave (1971), Jakobs (1977) und Stursberg (1987) angegebenen Cephalostaten wurde eine genauere Abbildung des Kiefergelenks mit der Standardaufnahmetechnik möglich [75, 25, 71]. Diese Verfahren fanden keine Verbreitung, da nur jeweils ein Gelenk beurteilt werden konnte. Zum Vergleich musste eine weitere Aufnahme der kontralateralen Seite angefertigt werden.

Das seit 1990 zur Verfügung stehende dentale Panoramaschichtgerät ORTHOPHOS der Firma SIRONA bietet mittels moderner Mikroprozessorsteuerung die erweiterte Möglichkeit, neben der üblichen Einstellung (P1-Aufnahme, Abb. 7) Kiefergelenkaufnahmen aus unterschiedlichen Richtungen anzufertigen. Mehrere Kiefergelenkprogramme P4 – P9 sind zu wählen. An dieser Stelle soll nur die für diese Studie wichtige P6 -Aufnahme (Abb. 8) erwähnt werden.

Bei dieser werden die Kiefergelenke von lateral bei geöffnetem und geschlossenem Mund dargestellt. Simultan werden beide Gelenke auf einem Film abgelichtet. Hierfür umläuft die Dreheinheit des Gerätes zweimal den Kopf des Patienten. Eine Strahlenexposition findet allerdings jeweils nur in den Kiefergelenkbereichen statt. Beim ersten Umlauf werden die Kiefergelenke bei geschlossenem Mund, beim zweiten Umlauf bei maximaler Mundöffnung abgebildet. Die Kiefergelenke erscheinen im geschlossenen Mundzustand außen auf dem Röntgenbild, während die Gelenke bei Mundöffnung innen einander gegenüber erscheinen.

Im Wesentlichen verläuft der Strahlengang parallel zur Längsachse des Kondylus.

Panoramaröntgengeräte anderer Hersteller verfügen über andere Programmbezeichnungen für Kiefergelenkaufnahmen. So werden zum Beispiel beim Gerät PLANMECA PROMAX Kiefergelenke über das „Doppelkiefergelenk-Standardprogramm“ abgebildet. Beim Gerät CRANEX NOVUS der Firma UP TO DENT wird das Programm für Kiefergelenkaufnahmen ganz einfach „Kiefergelenkprogramm“ genannt. Ähnlich verhält es sich bei anderen Panoramaröntgengeräten.



Abb. 7: Beispiel für eine Standard – Orthopantomographie (OPG) - Aufnahme (P1) zur übersichtlichen Darstellung der dentoalveolären, maxillären, mandibulären und Kiefergelenkregionen.

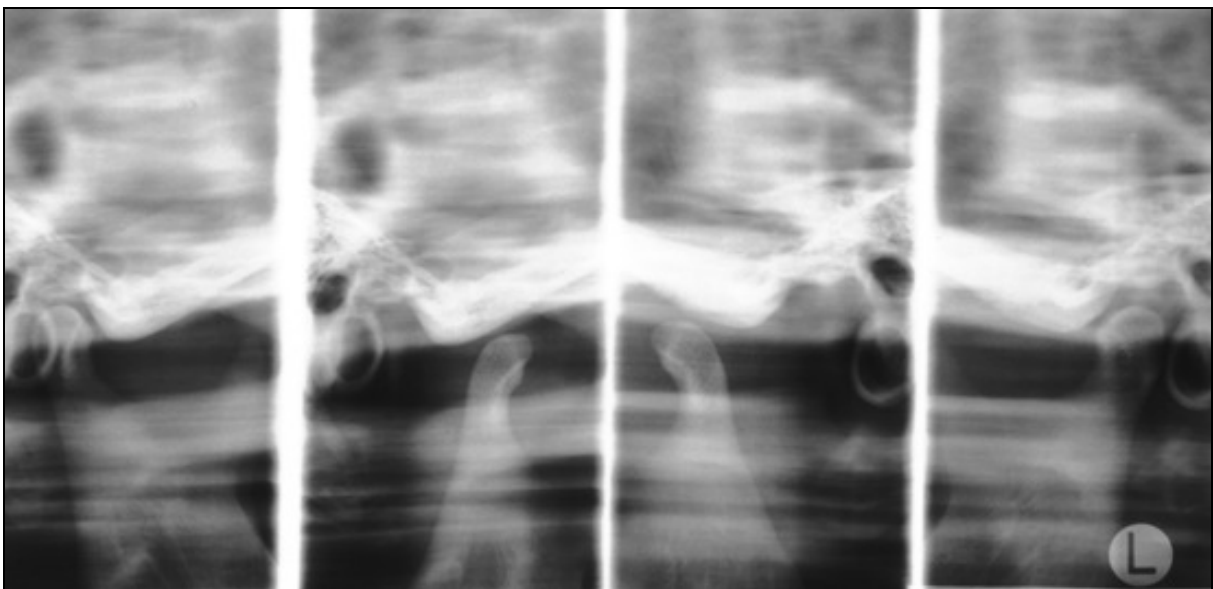


Abb. 8: Beispiel einer P6- Kiefergelenk- Aufnahme (Funktionsorthopantomogramm), gleicher Patient wie in Abb. 7. Die Kiefergelenke werden von lateral bei geöffnetem und geschlossenem Mund auf einem Röntgenbild dargestellt. Außen erkennt man die Gelenke bei geschlossenem Mundzustand, innen bei geöffnetem Mundzustand einander gegenüberliegend.

1.4.2. Computertomographie (CT)

Es handelt sich bei der Computertomographie um ein schnittbildgebendes röntgenologisches Verfahren, welches die Methode der Wahl bei der Darstellung und Beurteilung von knöchernen Strukturen des Kiefergelenks ist. Es sind nicht nur zweidimensionale, sondern auch dreidimensionale Ansichten in beliebigen Ebenen möglich. Bei bestimmten Software-Programmen kann die Mandibula vom Schädel abgekoppelt werden, so dass die gesamte Kondylusfläche und – morphologie beurteilt werden kann. Ein wesentlicher Nachteil gegenüber konventionellen Röntgenbildern ist die sehr viel höhere Strahlenbelastung und der finanzielle Aufwand.

Werden nun zusätzlich zur besseren Darstellung schlecht oder nicht sichtbarer Strukturen Kontrastmittel invasiv eingebracht, so spricht man von einer Arthrotomographie [13]. Die dadurch entstehende hohe diagnostische Aussagekraft wird besonders durch Westesson und Rohlin (1984) betont [79]. Heute wird diese invasive Methode jedoch weitgehend durch die Möglichkeiten der Magnetresonanztomographie ersetzt [54].



Abb. 9: Koronares CT (Computertomogramm) der Kiefergelenke [26] bei Bestehen einer posttraumatischen arthrotischen Deformierung des Kieferköpfchens und der Pfanne

1.4.3. Digitale Volumentomographie (DVT)

In den letzten Jahren entwickelte sich auf der Basis herkömmlicher Computertomographen eine neue Gerätegeneration, die sogenannten **digitalen Volumentomographen (DVT)**, im englischen Sprachgebrauch auch treffender **CBCT (Cone-Beam CT)** genannt [5]. Im Jahre 1997 wurde in Deutschland der erste Volumentomograph für klinische Anwendungen aufgestellt. Mittlerweile gibt es mehr als zehn Geräteanbieter weltweit. So brachte beispielsweise die Firma Sirona Anfang 2007 das Gerät GALILEOS auf den Markt. Desweiteren führten auch viele andere Hersteller neue Geräte in diesem Jahr ein, so zum Beispiel die Firma KaVo mit dem Gerät 3D eXam, die Firma NewTom mit NewTom VG, die Firma Planmeca mit ProMax 3D oder Kodak-Dental das Iluma DVT System. 2008 gab es ca. 200 Volumentomographen deutschlandweit [4].

Die drehbar gelagerte Röntgenröhre, die sich in Gegenüberstellung zu einem flächigen Bilddetektor befindet, dreht sich rund um den Patientenkopf. Dabei entstehen viele zweidimensionale Einzelprojektionen, die vom eingebauten Rechner zu einem dreidimensionalen Datensatz umgerechnet werden. Die Digitale Volumentomographie erlaubt somit eine dreidimensionale Röntgenanalyse von kranio-fazialen Strukturen und ist im Gegensatz zur Computertomographie bei reduzierter Strahlenbelastung (86%) von der Bildqualität und Detailgenauigkeit als besser einzustufen (Abb. 10).

Ritter et al (2006) führten Untersuchungen zum diagnostischen Wert von 3D-Cone Beam-Tomographien mit dem Ergebnis durch, dass die Bildqualität sogar unabhängig sei von metallischen Restaurationen im Mund des Patienten und dem **body-mass-index (BMI)**. Lediglich sei die Qualität der Aufnahmen bei älteren Patienten geringfügig vermindert, ohne jedoch die Diagnostik zu limitieren [60].

Die DVT umfasst einen weiten Indikationsbereich. Besondere Anwendung findet sie vor allem in der kieferorthopädischen Planung, der Implantologie, der Funktionsanalyse und bei umfangreichen parodontalchirurgischen Maßnahmen [4].

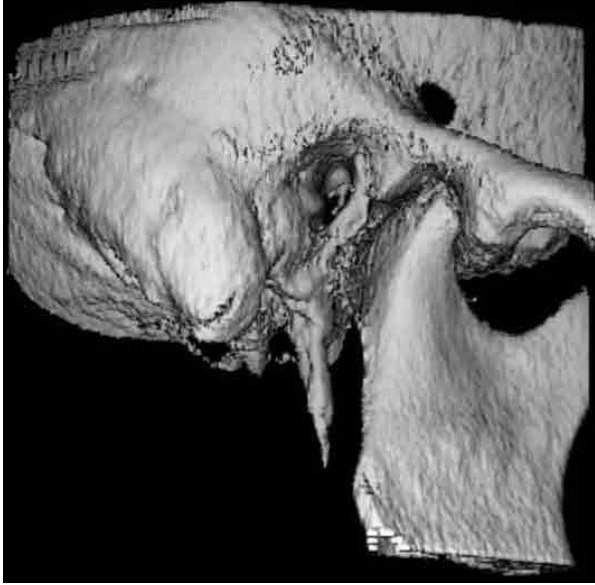


Abb. 10: Beispiel für die Darstellung eines rechten Kiefergelenks mittels digitaler Volumentomographie [84]

1.4.4. Magnetresonanztomographie (MRT, Kernspintomographie)

Die Magnetresonanztomographie ist ein nicht-invasives, bildgebendes Verfahren ohne Anwendung von Röntgenstrahlung und eignet sich besonders zur Darstellung der komplexen Gelenksituation [38]. Hierbei wird der physikalische Effekt der magnetischen Kernresonanz zur Bildherstellung benutzt. Diese Technik erlaubt die Wiedergabe von Weichteilen wie Knorpeln, Bändern und Muskeln [54]. Aufgrund dieser guten Darstellung ist sie laut Fischbach (1995) bei der Beurteilung von Funktionsstörungen des Kiefergelenks Methode der Wahl (Abb. 11). Nachteilig steht ihr jedoch der hohe finanzielle Aufwand entgegen. Indiziert ist sie deshalb laut Santer et al. (1993) bei Misserfolg einer konservativen Behandlung der CMD (Aufbissschiene, Physiotherapie etc.) und laut anderen Untersuchern (Bauer et al., 1992; Chen et al., 1995; Cohen und MacAfee, 1994) bei der Verlaufskontrolle einer Schienentherapie. Zusätzlich gibt sie wichtige Informationen bei Kiefergelenkverletzungen wieder und kann als postoperative Nachuntersuchung zur Beurteilung der Diskusposition (Moses et al., 1989) und anderen Strukturen zum Einsatz kommen.



Abb. 11: Sagittales T1-gewichtetes MRT (Magnetresonanztomogramm) eines Kiefergelenks [85]

1.5. Geschichtlicher Hintergrund der Orthopantomographie hinsichtlich der Kiefergelenkdarstellung

Die Technik der Orthopantomographie wurde aus dem Prinzip der Tomographie entwickelt, wie sie sich Bocage schon 1921 patentieren ließ. Heckmann erschuf dann 1939 das theoretische Fundament zur Anpassung der Schichtaufnahmetechnik an die anatomischen Besonderheiten der Kiefer. Paatero brachte schließlich seine eigenen Ideen von 1949 zur Produktion eines brauchbaren Geräts ein [54]. Im Jahre 1953 stellte er das Prinzip der Orthopantomographie vor [16]. Es wurde somit in der Literatur schon früh über Versuche berichtet, das Panoramaschichtverfahren zur Kiefergelenkdiagnostik heranzuziehen.

Im Jahre 1977 stellten Freitag und Oeser fest, dass die Kiefergelenke auf Panoramaübersichtsaufnahmen nur in beschränktem Maße im Vergleich zu den klassischen Einstellungen (z.B. Parma-, Schüller-Aufnahmen) dargestellt werden [11].

Zum ersten Mal verglichen Freitag und Ziegler (1980) bzw. Ziegler (1979) die Wiedergabe der Kiefergelenke in der sogenannten Spezialeinstellung des Orthopantomographen III mit der Kontaktaufnahme nach Parma, die inzwischen aus Strahlenschutzgründen verboten ist, und dem OPG in der Normaleinstellung. Die Aufnahmen nach Parma waren in vielen Bereichen überlegen. Fossa und Gelenkspalt wurden jedoch mit der Spezialeinstellung für Kiefergelenke besser dargestellt [12, 80].

Chomenko (1982) behauptete, dass der Gelenkspalt und die Gelenkoberflächen präziser auf der Normalaufnahme (P1) des OPG begrenzt seien als auf der Spezialeinstellung. Bei letzterer jedoch könne die Fossa-Kondylus-Beziehung und die Position des Kondylus bei geöffneten und geschlossenen Zahnreihen besser beurteilt werden. Zudem seien hier die posterioren und anterioren Kondylusbereiche am besten dargestellt [6].

Hosking (1981) stellte ein OPG normal mit geschlossenem und mit geöffnetem Mund her. Mithilfe von Bleibenden verkleinerte er das Strahlenfeld bis auf das mittlere horizontale Drittel. Somit konnte er sich auf die Kiefergelenke beschränken und gleichzeitig die Strahlenbelastung senken. Es wurden allerdings keine Aussagen über den diagnostischen Wert der Bilder getroffen [24].

Einige andere Autoren beschrieben ihre Versuche mit Panoramageräten zur besseren Darstellung der Kiefergelenkregionen. Trotz unterschiedlichster Modifikationen wurden zwar teilweise Verbesserungen erzielt, doch war mit Panoramageräten die Kiefergelenkregion auch mit Spezialeinstellungen nicht immer eindeutig beurteilbar. Es handelte sich um gute Übersichtsaufnahmen, die Verdacht erweckende Hinweise vermitteln konnten [28, 36, 61].

Als 1991 ein neues Orthophos-Gerät der Firma Siemens auf den Markt kam, teilten Rahn und Meurer (1991) ihre ersten Erfahrungen mit [56]. Die Beiden fertigten für ihre Arbeit P6-Aufnahmen an. Sie bezweifelten die ausreichende Fixierung des Kopfes bei einer Umlaufzeit von 40 Sekunden und empfahlen zudem Ohroliven zur besseren Fixierung. Aussagen über die Qualität der Aufnahmen und ihren Stellenwert zu anderen röntgenologischen Techniken sind nicht zu finden.

Bschorer und Mitarbeiter stellten die erste größere Studie 1992 mit dem Orthophos-Gerät vor (65 Phantom- und 421 Patientenaufnahmen).

Fazit der Studie war, dass das Programm 6 der Standardaufnahme bezüglich der Gelenkdarstellung überlegen sei. Die Autoren bezeichneten die Spezialprogramme fürs Kiefergelenk als valide Screening-Methode. Nicht alle Gelenkabschnitte konnten exakt abgebildet werden. Während Frakturen, Arthropathien und Tumore gut diagnostiziert werden konnten, war die Beurteilung der Gelenkspaltbreite nicht möglich, was für die Diagnostik von Diskusluxationen bedeutend wäre [3].

Zwei Jahre später verglichen Tschernitschek und Riedel (1994) die Beurteilbarkeit der Kiefergelenkregion auf herkömmlichen Orthopantomogrammen (P1) mit jener auf „Funktionsorthopantomogrammen“ (P6).

Auch diese Autoren hielten die P6-Aufnahme für deutlich überlegen und bescheinigten ihr die Möglichkeit, Hypermobilitäten und Bewegungslimitationen der Kiefergelenke zu diagnostizieren. Weiterhin würde die Beratung und Aufklärung des Patienten erleichtert. Sie empfahlen die routinemäßige Anfertigung von P6-Aufnahmen als apparativ einfache, wirtschaftliche und dosissparende Methode für alle Patienten mit Kiefergelenkbeschwerden [73].

2. Material und Methoden

Zur Analyse wurden randomisiert 94 P6-Aufnahmen, die mit einem Orthophos-Röntgengerät D 3200 angefertigt worden waren, herangezogen. In der Gebrauchsanweisung gibt der Hersteller für dieses Gerät einen durchschnittlichen Abbildungsmaßstab von ca. 1:1,23 an, was eine Abbildungsvergrößerung der Röntgenaufnahme gegenüber dem Original von etwa 23 % ausmacht. Neben dem Standardprogramm (P1) bietet Siemens Orthophos 11 weitere Spezialprogramme an. Wie oben bereits erwähnt, wurden für diese Studie Röntgenaufnahmen des Programms 6 (P6) herangezogen.

Die Betrachtung der Geschlechtsverteilung bei unserer Studie ergab, dass das Patientenkollektiv aus 68 Frauen und 26 Männern bestand, mit einem Durchschnittsalter von 41,56 Jahren bei einem Range von 13-80 Jahren.

Die P6-Aufnahmen wurden zusammen mit einem Referenzkörper eingescannt, um sie so für eine digitale Bearbeitung vorzubereiten.

Freundlicherweise stellte uns die Firma Sirona die digitale Röntgen- und Videosoftware SIDEXIS zur Verfügung. Diese bietet neben zahlreichen anderen Anwendungsgebieten die Möglichkeit zur Visualisierung und Analyse von digitalisierten Röntgenaufnahmen. So konnten die eingescannten und damit digitalisierten P6-Aufnahmen in das SIDEXIS-Programm importiert und ausgewertet werden.

Zudem wurde die Indikationsstellung anhand der Patientenakte ermittelt und berücksichtigt.

Die Kiefergelenke, welche anhand der Patientenakte einen pathologischen Befund aufwiesen, wurden in drei Erkrankungsgruppen (anteriore Diskusverlagerung mit Reposition, anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition, Kondylushypermobilität) eingeteilt. Kiefergelenke, die keinen pathologischen Befund oder lediglich eine muskuläre Hyperaktivität aufwiesen, bildeten die Kontrollgruppe. Kiefergelenke mit Erkrankungen wie Arthrosis deformans, synoviale Chondromatose, Langerhanszell-Histiozytose, Fraktur u.a. wurden aufgrund ihrer geringen Anzahl nicht in die Auswertungen mit einbezogen.

Wichtig zu wissen ist, dass die Kiefergelenke als einzelne Gelenke betrachtet wurden. Dies bedeutet, dass 94 P6-Aufnahmen 188 Kiefergelenke ergaben, wobei von diesen nur 139 Kiefergelenke aus den oben genannten Gründen für die Untersuchungen herangezogen wurden.

Die Auswertung bestand darin, jedes einzelne Röntgenbild auf verschiedene anatomische Strukturen hin zu vermessen. Um den Fehlerquotienten so gering wie möglich zu halten, wurde jedes Bild zweimal vermessen und anschließend der Mittelwert beider Messungen herangezogen. Dieses Prozedere führte zu insgesamt 5264 einzelnen Messungen.

Da der Patient für eine P6-Aufnahme im Orthophos-Gerät parallel zur Frankfurter Horizontale (FH) ausgerichtet wird, konnte diese mit einer zum Bildrand parallelen gelben Linie dargestellt werden und diente somit als Hilfslinie für die Messungen der Gelenkspaltbreite (Abb. 12), der Tuberkulumhöhe (Abb. 13), der Fossabreite (Abb. 15), des Winkels und der Strecke, die der Kondylus bei Mundöffnung (Abb. 16) zurücklegt.

Die genaue Vorgehensweise wird im Folgenden detailliert dargestellt:

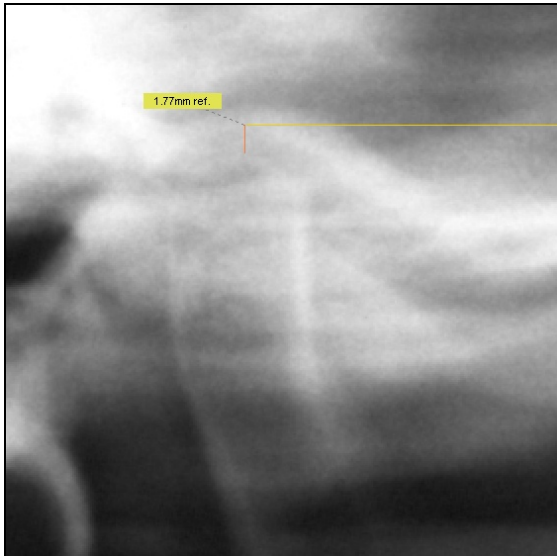


Abb. 12: Gelenkspaltbreite

Senkrecht zur FH wurde vom höchsten Punkt des Kondylus zur Fossabegrenzung die Gelenkspaltbreite bestimmt.

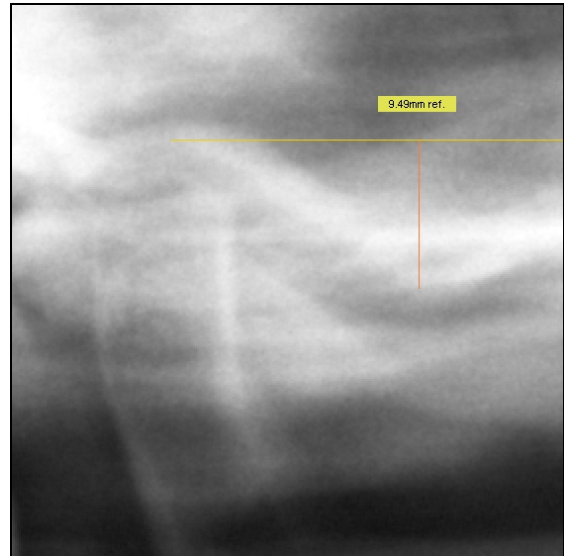


Abb. 13: Tuberkulumhöhe

Die Höhe des Tuberkulums wurde durch eine Senkrechte bestimmt, die vom tiefsten Punkt desselben ausging und an der Hilfslinie endete, welche die Verlängerung der Fossa darstellte.

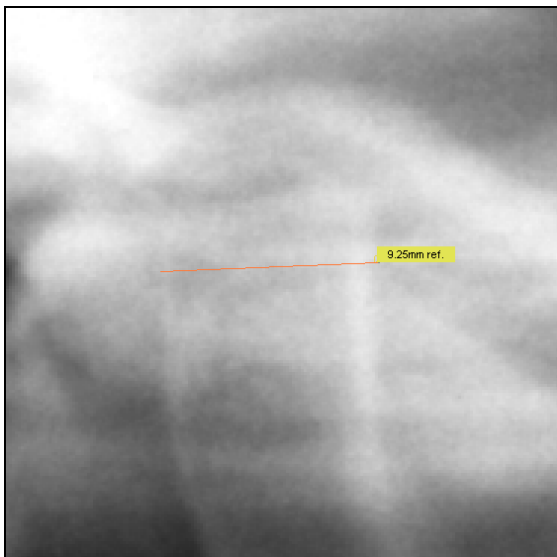


Abb. 14: Kondylusbreite

Den Kondyluskopf stellte man sich gedanklich als Kreis vor, dessen Durchmesser die Kondylusbreite darstellt.

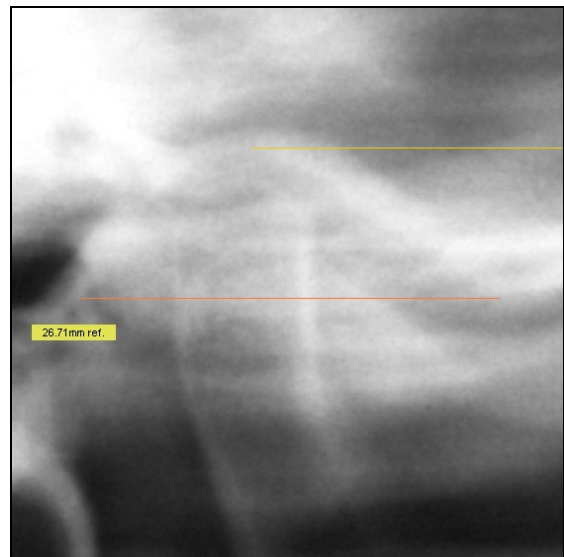


Abb. 15: Fossabreite

Die Fossabreite wurde vom tiefsten Punkt des Tuberkulums aus parallel zur FH bis zur nächst gelegenen dorsalen knöchernen Begrenzung gemessen.

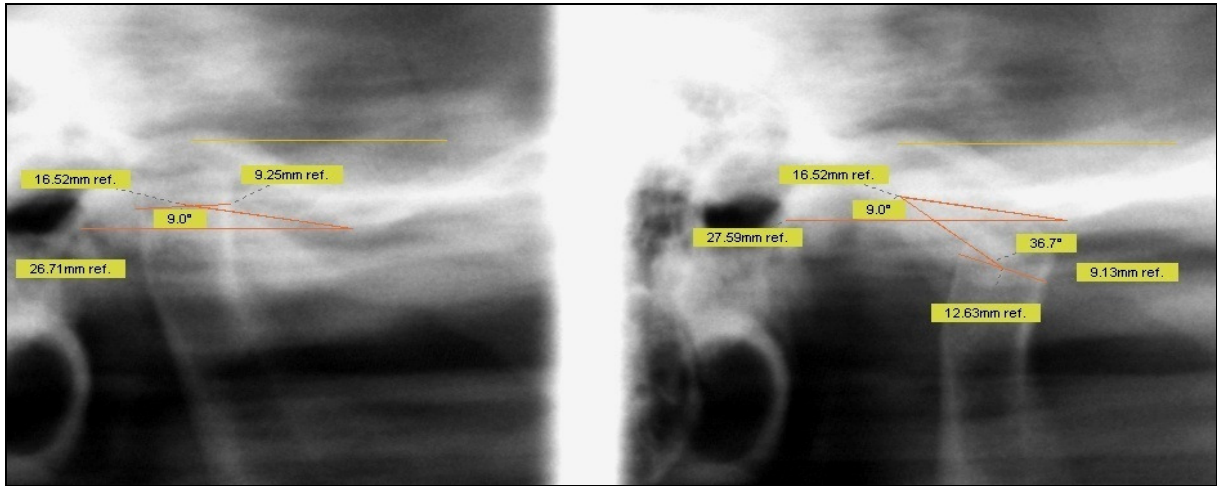


Abb. 16: Kondylenbahnwinkel und Strecke, die der Kondylus zurücklegt

Mittels Winkelbestimmungen wurde die genaue Position des Kondylus auf der Abbildung bei Mundöffnung reproduziert. Von diesem aus konnte sowohl die lineare Strecke als auch der Winkel, in dem sich der Kondylus nach anterior und kaudal bewegt, dargestellt werden.

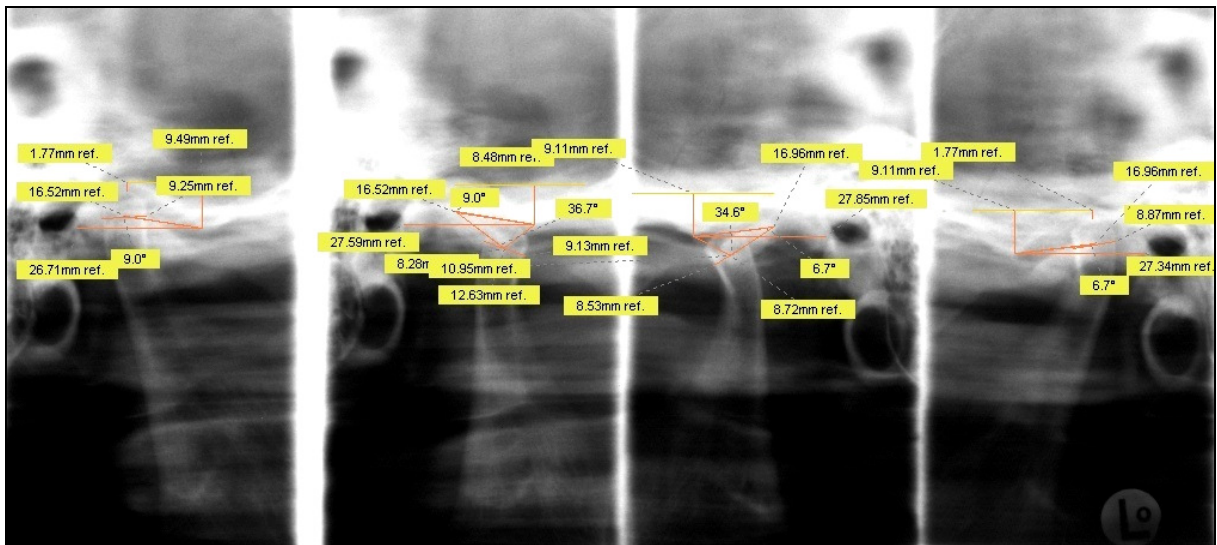


Abb. 17: Gesamtübersicht aller Messungen auf einer einzelnen P6-Aufnahme

2.1. Statistische Auswertungen

Die statistische Analyse der Messdaten wurde anhand der statistischen Programme SPSS 15 und 17 (SPSS-Inc. Chicago, Illinois, USA) durchgeführt. Neben vielen anderen Optionen ermöglicht diese Software die Erstellung von Mittelwertanalysen einschließlich ihrer Signifikanz und die graphische Darstellung der Daten in Form von Diagrammen.

Der Vergleich zwischen Frauen und Männern untereinander auf mehrere unabhängige Stichproben (Messparameter) hin, wurde über das Untermenü *einfaktorielle ANOVA* durchgeführt. Dabei bedeuten - wie auch bei allen anderen Tests - Signifikanzangaben auf dem Niveau von 0,05 und kleiner, dass eine signifikante Differenz der Mittelwerte besteht.

Post-Hoc-Mehrfachvergleiche verschiedener Altersgruppen, aber auch verschiedener Kiefergelenkbefunde untereinander wurden mit dem Test nach Bonferroni, der ebenfalls über die Menüführung der einfaktoriellen ANOVA zu erreichen war, erstellt. Bonferroni-Tests gehören zu den multiplen t-Tests mit einer Alpha-Korrektur.

3. Ergebnisse

Das stichprobenartige, randomisierte Aussuchen der P6-Aufnahmen aus dem vorliegenden Röntgenbildbestand der Universitätszahnklinik Bonn zeigte eine nahezu übliche Geschlechtsverteilung [77] (Abb. 18) mit einem überwiegenden Frauenanteil von 64% (Literatur 70%) gegenüber den männlichen Patienten von 36% (Literatur 30%) [59], also ein Verhältnis von 2:1. Das Durchschnittsalter lag bei 41,56 Jahren bei einem Range von 13-80 Jahren. Mehr als die Hälfte bildete das 2. bis 4. Lebensdezenium (Abb. 19), was mit anderen epidemiologischen Studien durchaus übereinstimmte [10, 65]. Eine Gegenüberstellung der Geschlechts- und Altersverteilung ist in Abbildung 20 aufgezeigt.

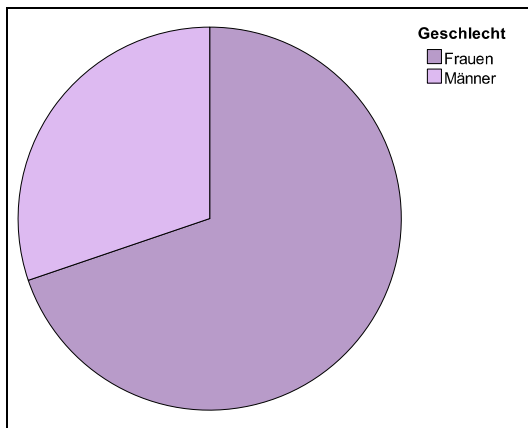


Abb. 18: Geschlechtsverteilung der Patienten

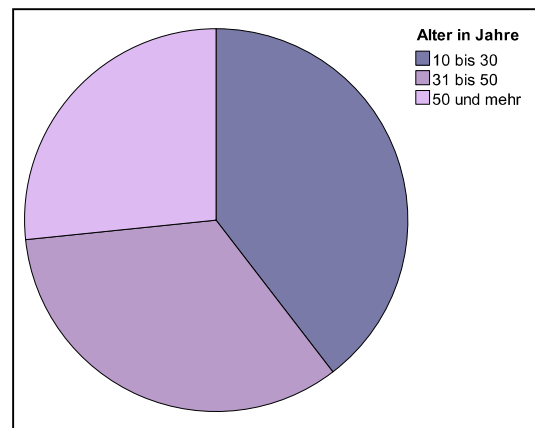


Abb. 19: Altersverteilung der Patienten

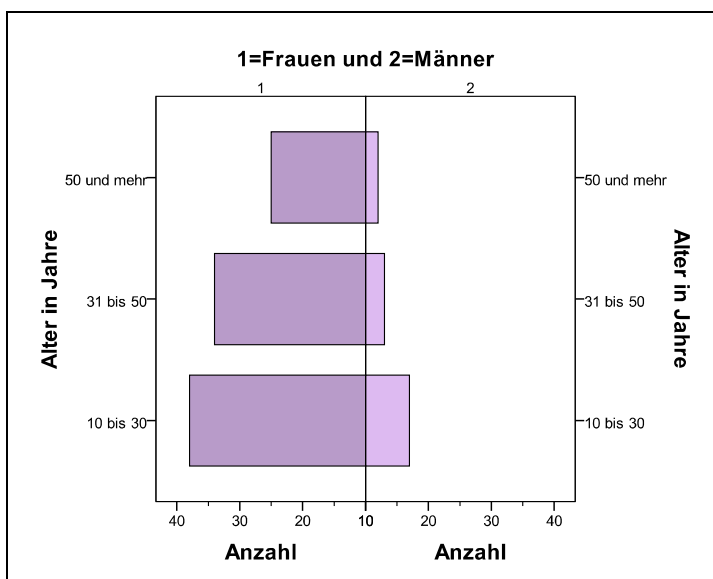


Abb. 20: Gegenüberstellung der Alters- und Geschlechtsverteilung

Bei Betrachtung der Diagnosen bzw. Verdachtsdiagnosen kamen bei 33% der Patienten eine anteriore Diskusverlagerung (davon waren 54% eine aDV mit Reposition und 46% eine aDV ohne Reposition), bei 17% die Hypermobilität der Kiefergelenke und bei 19% die Hyperaktivität der Kaumuskulatur vor. Die restlichen Patienten konnten den zuvor genannten Krankheitsbildern aufgrund einer für Auswertungen zu geringen Anzahl oder dem Fehlen pathologischer Zustände nicht zugeordnet werden (z.B. bei Verdacht auf Arthrose, auf Kondylusfraktur, Tumoren usw.).

Der Anteil der einzelnen Kiefergelenkbefunde am Gesamtanteil wird prozentual im folgenden Diagramm aufgezeigt (Abb. 21):

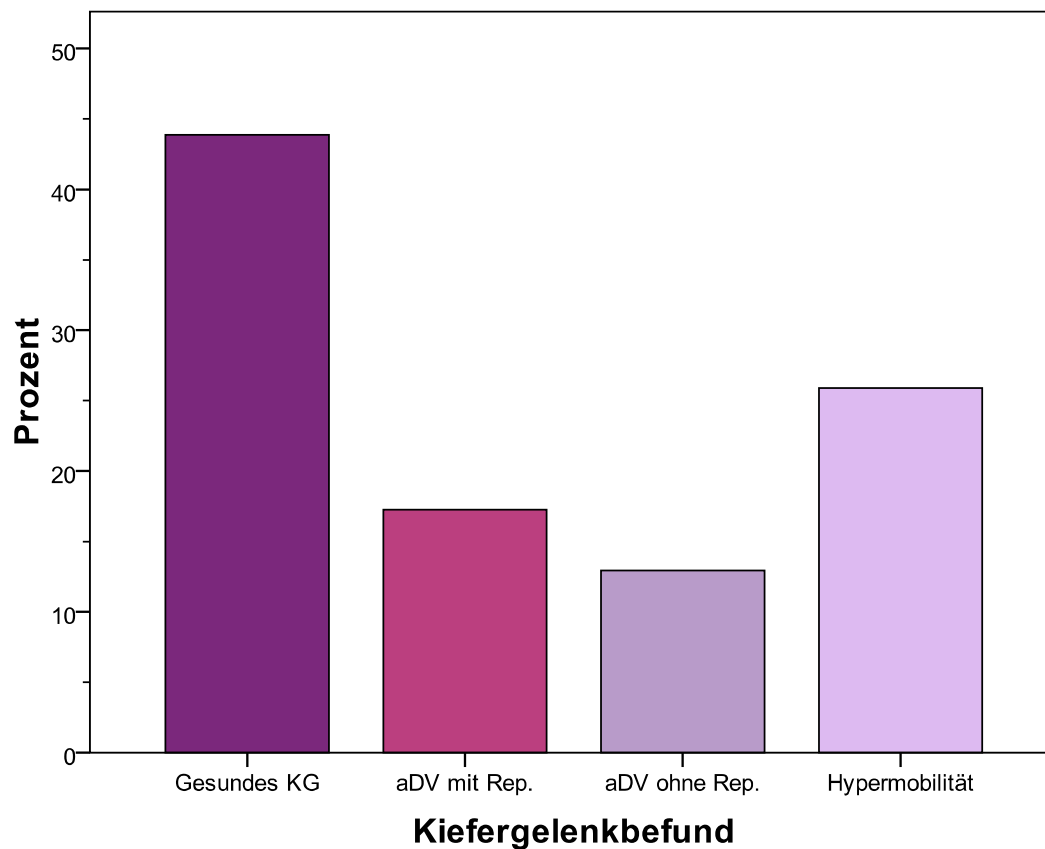


Abb. 21: Anteil der Kiefergelenkbefunde der Patienten in Prozent

Wie aus den folgenden beiden Diagrammen und dem Signifikanztest (Tab. 4) hervorgeht, sind keine signifikanten Unterschiede bei gesunden Gelenken von Männern und Frauen vorzufinden (Abb. 22, 23); eine Ausnahme stellt im Signifikanztest lediglich die Kondylusbreite dar. Diese ist bei Männern im Durchschnitt 1mm breiter als bei Frauen.

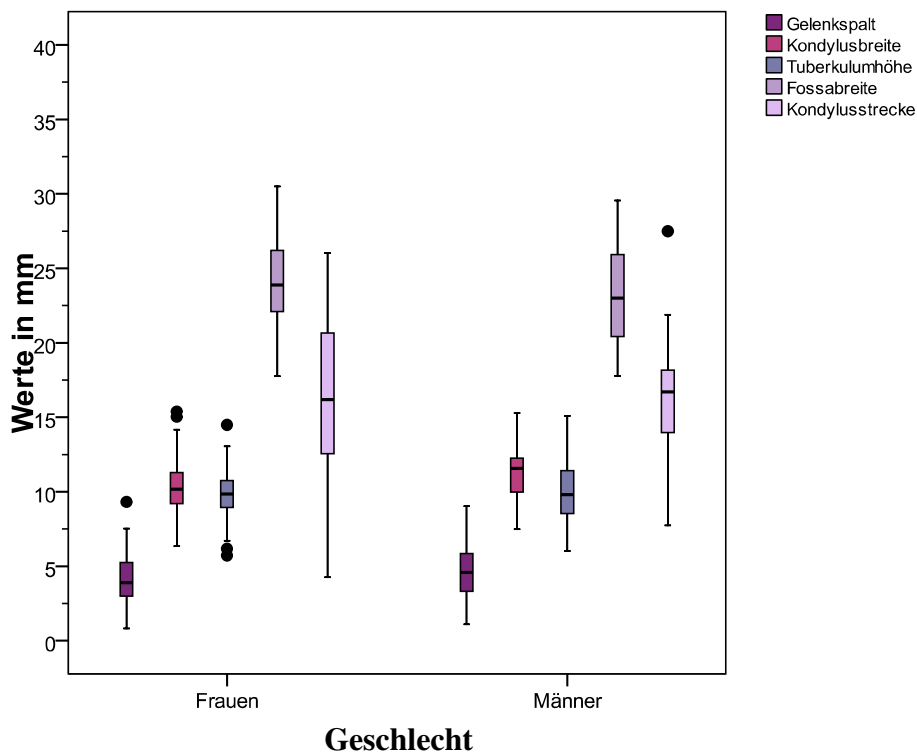


Abb. 22: Vergleich zwischen Frauen und Männern hinsichtlich verschiedener Parameter

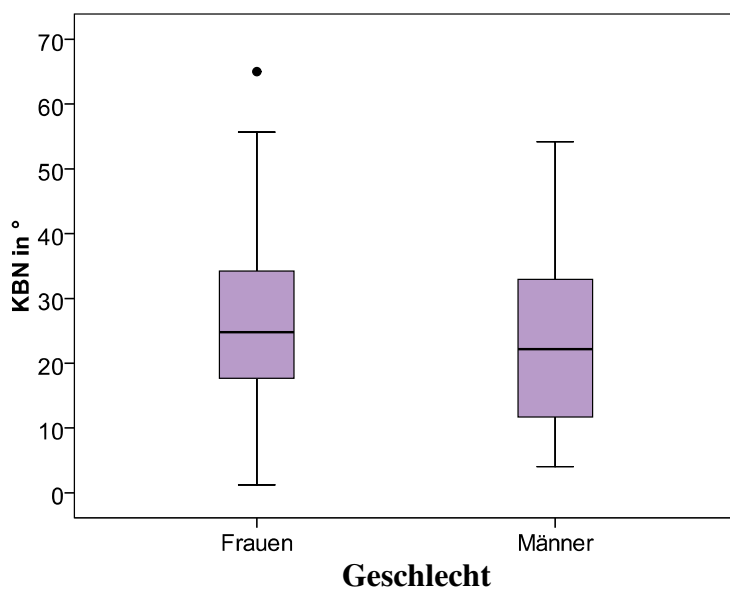


Abb. 23: Vergleich zwischen Frauen und Männern hinsichtlich der KBN (Kondylenbahnneigung)

**Vergleich Frauen-Männer
ONEWAY ANOVA**

		Quadrat- summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Gelenkspaltbreite	Zwischen den Gruppen	,880	1	,880	,407	,525
	Innerhalb der Gruppen	190,414	88	2,164		
	Gesamt	191,295	89			
Kondylusbreite	Zwischen den Gruppen	13,901*	1	13,901	4,229	,043*
	Innerhalb der Gruppen	289,270	88	3,287		
	Gesamt	303,171	89			
Tuberkulumhöhe	Zwischen den Gruppen	9,968	1	9,968	3,749	,056
	Innerhalb der Gruppen	233,961	88	2,659		
	Gesamt	243,929	89			
Fossabreite	Zwischen den Gruppen	13,225	1	13,225	1,164	,284
	Innerhalb der Gruppen	999,619	88	11,359		
	Gesamt	1012,844	89			
KBN	Zwischen den Gruppen	,536	1	,536	,003	,954
	Innerhalb der Gruppen	14173,563	87	162,915		
	Gesamt	14174,099	88			
Kondylusstrecke	Zwischen den Gruppen	69,214	1	69,214	2,933	,090
	Innerhalb der Gruppen	2052,959	87	23,597		
	Gesamt	2122,172	88			

Tab. 4: Signifikanztest des Mittelwertvergleichs zwischen Männern und Frauen

* bedeutet, dass die Differenz der Mittelwerte auf dem Niveau 0.05 signifikant ist.

Der Vergleich zwischen verschiedenen Altersgruppierungen kann in Abbildung 24 und 25 ersehen werden. Hier bestehen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede; eine Ausnahme bildet die Kondylenbeweglichkeit bei Mundöffnung (Tab. 5). Bei Patienten im Alter zwischen 10 und 30 Jahren bewegt sich der Kondylus ca. 3,5 mm weiter nach anterior als bei Patienten, die älter als 50 Jahre alt sind.

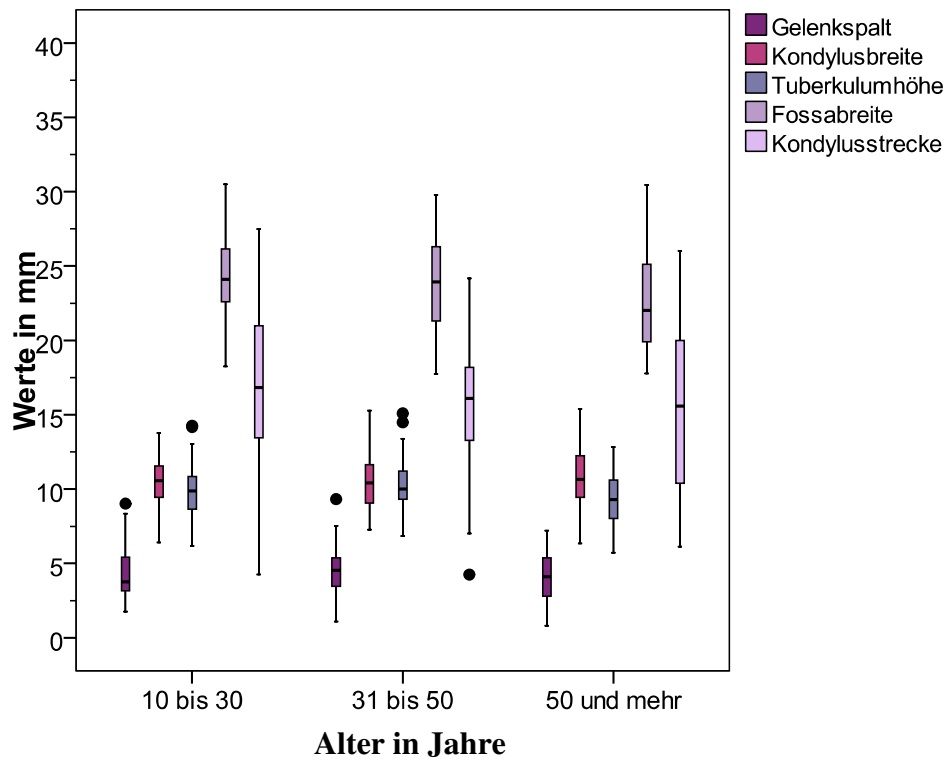


Abb. 24: Vergleich zwischen verschiedenen Altersgruppierungen

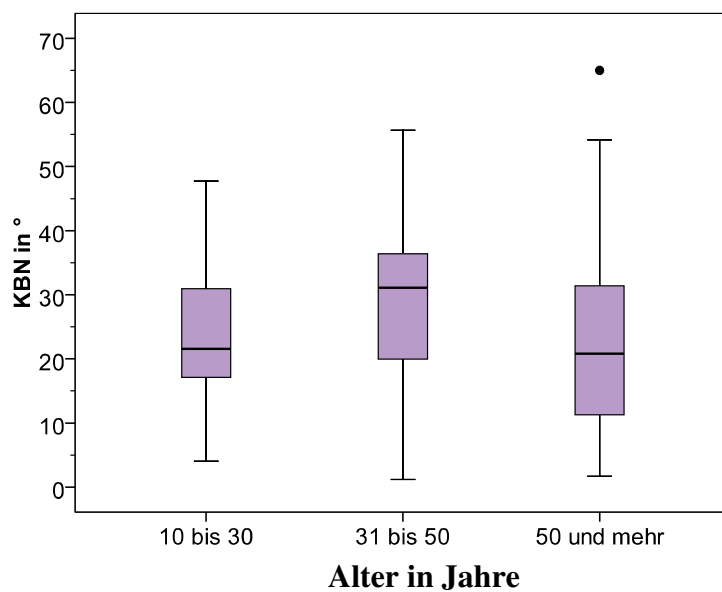


Abb. 25: Vergleich zwischen verschiedenen Altersgruppierungen hinsichtlich der KBN

**Mehrfachvergleiche
verschiedener Altersgruppen**

Test nach Bonferroni

Abhängige Variable	Gruppennummer	Gruppennummer	Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz
Gelenkspaltbreite	3	4	-,4143	,3820	,844
		5	-,1910	,4131	1,000
	4	3	,4143	,3820	,844
		5	,2233	,3687	1,000
	5	3	,1910	,4131	1,000
Kondylusbreite	3	4	,70537	,47531	,424
		5	-,00931	,51398	1,000
	4	3	-,70537	,47531	,424
		5	-,71469	,45867	,368
	5	3	,00931	,51398	1,000
Tuberkulumhöhe	3	4	-,6477564	,4250235	,393
		5	,0703086	,4595981	1,000
	4	3	,6477564	,4250235	,393
		5	,7180651	,4101459	,251
	5	3	-,0703086	,4595981	1,000
Fossabreite	3	4	1,4657292	,8608966	,277
		5	2,0091860	,9309283	,101
	4	3	-1,4657292	,8608966	,277
		5	,5434568	,8307616	1,000
	5	3	-2,0091860	,9309283	,101
KBN	3	4	-7,83173	3,21722	,051
		5	-3,41506	3,51028	1,000
	4	3	7,83173	3,21722	,051
		5	4,41667	3,13969	,489
	5	3	3,41506	3,51028	1,000
Kondylusstrecke	3	4	2,194599	1,239260	,240
		5	3,549535*	1,352143	,031*
	4	3	-2,194599	1,239260	,240
		5	1,354936	1,209394	,797
	5	3	-3,549535*	1,352143	,031*
		4	-1,354936	1,209394	,797

* bedeutet, dass die Differenz der Mittelwerte auf dem Niveau 0.05 signifikant ist.

- 3 entspricht der Altersgruppe: 10 bis 30 Jahre
- 4 entspricht der Altersgruppe: 31 bis 50 Jahre
- 5 entspricht der Altersgruppe: 51 und mehr Jahre

Tab. 5: Mehrfachvergleiche verschiedener Altersgruppen untereinander und ihre Signifikanz

Vergleicht man nun verschiedene Kiefergelenkbefunde miteinander, so fallen zwischen der anterioren Diskusverlagerung und gesunden Gelenken keine signifikanten Unterschiede auf. Dies verhält sich jedoch anders zwischen gesunden Gelenken und Gelenken mit *Hypermobilität* (Tab. 6); bei letzterer bewegt sich der Kondylus ca. 4,5 mm weiter nach anterior bei einem um ca. 11 % flacheren Bewegungswinkel (Abb. 26, 27).

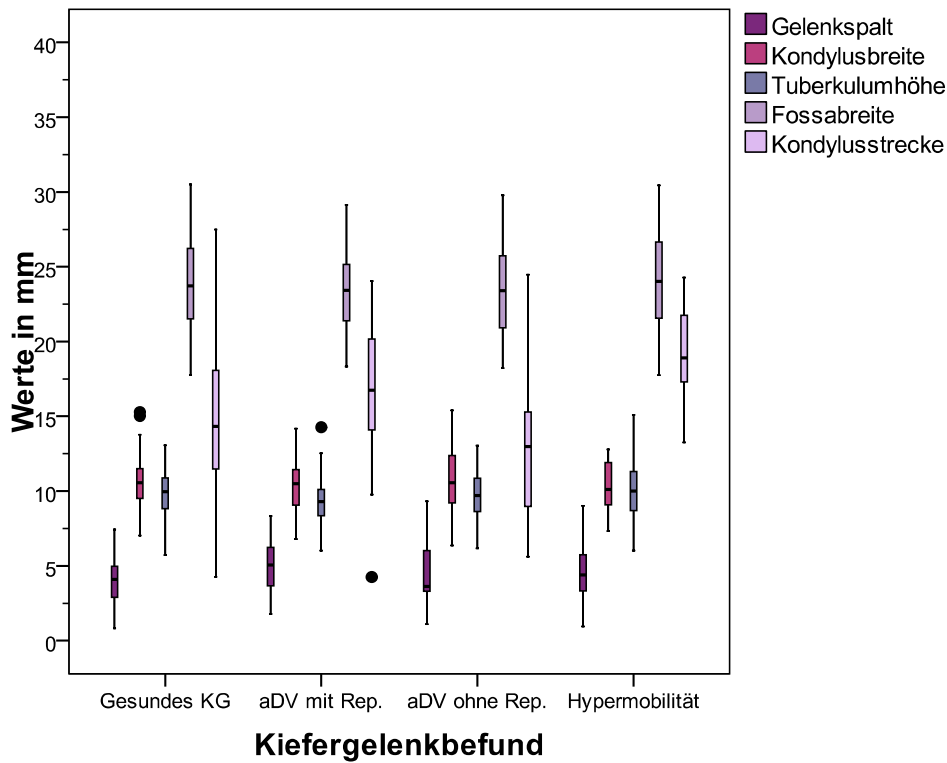


Abb. 26: Vergleich gesunder Kiefergelenke mit Gelenken verschiedener Erkrankungen

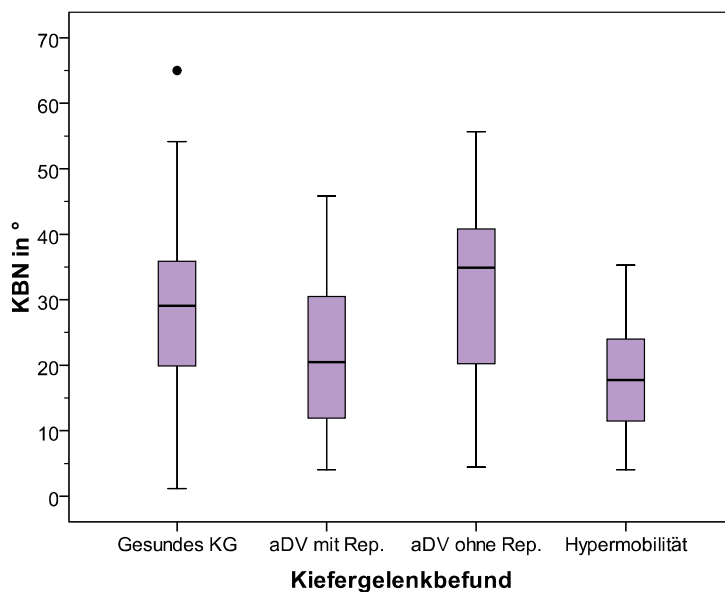


Abb. 27: Vergleich gesunder Kiefergelenke mit Gelenken verschiedener Erkrankungen hinsichtlich der KBN

Mehrfachvergleiche
Zwischen der Kontrollgruppe und Gruppen mit verschiedenen Erkrankungen

Test nach Bonferroni

Abhängige Variable	Gruppen	Gruppennummer	Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz
Kondylusbreite	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	,39065	,42919	1,000
		aDV ohne Rep.	-,06723	,48236	1,000
		Hypermobilität	-,01041	,37607	1,000
	aDV mit Rep.	Kontrollgruppe	-,39065	,42919	1,000
		aDV ohne Rep.	-,45788	,58251	1,000
		Hypermobilität	-,40106	,49807	1,000
	aDV ohne Rep.	Kontrollgruppe	,06723	,48236	1,000
		aDV mit Rep.	,45788	,58251	1,000
		Hypermobilität	,05682	,54456	1,000
	Hypermobilität	Kontrollgruppe	,01041	,37607	1,000
		aDV mit Rep.	,40106	,49807	1,000
		aDV ohne Rep.	-,05682	,54456	1,000
Gelenkspaltbreite	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	-1,0111	,3811	,053
		aDV ohne Rep.	-,5126	,4283	1,000
		Hypermobilität	-,7705	,3339	,134
	aDV mit Rep.	Kontrollgruppe	1,0111	,3811	,053
		aDV ohne Rep.	,4985	,5173	1,000
		Hypermobilität	,2406	,4423	1,000
	aDV ohne Rep.	Kontrollgruppe	,5126	,4283	1,000
		aDV mit Rep.	-,4985	,5173	1,000
		Hypermobilität	-,2579	,4836	1,000
	Hypermobilität	Kontrollgruppe	,7705	,3339	,134
		aDV mit Rep.	-,2406	,4423	1,000
		aDV ohne Rep.	,2579	,4836	1,000
Tuberkulumhöhe	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	,1618935	,4019537	1,000
		aDV ohne Rep.	-,0688704	,4517570	1,000
		Hypermobilität	-,6511825	,3522092	,398
	aDV mit Rep.	Kontrollgruppe	-,1618935	,4019537	1,000
		aDV ohne Rep.	-,2307639	,5455484	1,000
		Hypermobilität	-,8130760	,4664654	,499
	aDV ohne Rep.	Kontrollgruppe	,0688704	,4517570	1,000
		aDV mit Rep.	,2307639	,5455484	1,000
		Hypermobilität	-,5823121	,5100074	1,000
	Hypermobilität	Kontrollgruppe	,6511825	,3522092	,398
		aDV mit Rep.	,8130760	,4664654	,499
		aDV ohne Rep.	,5823121	,5100074	1,000

Fossabreite	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	-,1181134	,7679807	1,000	
		aDV ohne Rep.	-,0664815	,8631358	1,000	
		Hypermobilität	-,3452151	,6729377	1,000	
	aDV mit Rep.	Kontrollgruppe	,1181134	,7679807	1,000	
		aDV ohne Rep.	,0516319	1,0423355	1,000	
		Hypermobilität	-,2271017	,8912379	1,000	
	aDV ohne Rep.	Kontrollgruppe	,0664815	,8631358	1,000	
		aDV mit Rep.	-,0516319	1,0423355	1,000	
		Hypermobilität	-,2787337	,9744302	1,000	
		Hypermobilität	Kontrollgruppe	,3452151	,6729377	1,000
		aDV mit Rep.	,2271017	,8912379	1,000	
		aDV ohne Rep.	,2787337	,9744302	1,000	
KBN	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	6,32501	2,76857	,142	
		aDV ohne Rep.	-3,55796	3,05890	1,000	
		Hypermobilität	10,58219*	2,41231	,000	
	aDV mit Rep.	Kontrollgruppe	-6,32501	2,76857	,142	
		aDV ohne Rep.	-9,88297	3,72475	,053	
		Hypermobilität	4,25718	3,21498	1,000	
	aDV ohne Rep.	Kontroll-gruppe	3,55796	3,05890	1,000	
		aDV mit Rep.	9,88297	3,72475	,053	
		Hypermobilität	14,14015*	3,46814	,000	
		Hypermobilität	Kontrollgruppe	-10,58219*	2,41231	,000
		aDV mit Rep.	-4,25718	3,21498	1,000	
		aDV ohne Rep.	-14,14015*	3,46814	,000	
Kondylusstrecke	Kontrollgruppe	aDV mit Rep.	-2,002489	1,078596	,391	
		aDV ohne Rep.	1,398948	1,191706	1,000	
		Hypermobilität	-4,686936*	,939803	,000	
	aDV mit Rep.	Kontroll-gruppe	2,002489	1,078596	,391	
		aDV ohne Rep.	3,401437	1,451110	,122	
		Hypermobilität	-2,684447	1,252512	,202	
	aDV ohne Rep.	Kontrollgruppe	-1,398948	1,191706	1,000	
		aDV mit Rep.	-3,401437	1,451110	,122	
		Hypermobilität	-6,085884*	1,351141	,000	
		Hypermobilität	Kontrollgruppe	4,686936*	,939803	,000
		aDV mit Rep.	2,684447	1,252512	,202	
		aDV ohne Rep.	6,08588*	1,351141	,000	

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau .05 signifikant.

Tab. 6: Signifikanzberechnung zwischen Gruppen verschiedener Kiefergelenkbefunde

Mit dieser Studie konnten nicht nur Vergleiche innerhalb der Probandengruppen durchgeführt, sondern auch die Mittelwerte verschiedener anatomischer Strukturen berechnet werden (Tab. 7). Dies ist vor allem dann interessant, wenn man sie mit Werten aus der Literatur vergleicht.

Geschlecht		Gelenkspalt	Kondylus- breite	Tuberkulum- höhe	Fossabreite	KBN	Kondylus- strecke
Frauen	Mittelwert in mm, nur bei KBN in °	3,85	10,44	9,70	23,92	28,45	14,11
	Anzahl	44	43	44	44	44	44
	Standardabweichung	1,36	1,64	1,50	3,03	11,82	4,65
Männer	Mittelwert in mm, nur bei KBN in °	4,13	11,07	10,14	23,12	27,04	16,15
	Anzahl	17	17	17	17	17	17
	Standardabweichung	1,28	2,04	1,95	2,78	14,14	5,14
Insgesamt	Mittelwert in mm, nur bei KBN in °	3,93	10,62	9,82	23,70	28,06	14,68
	Anzahl	61	60	61	61	61	61
	Standardabweichung	1,33	1,76	1,63	2,96	12,41	4,84

Tab. 7: Mittelwerte verschiedener Messparameter, unterteilt in Frauen und Männer. Es handelt sich nur um gesunde Gelenke.

Im Folgenden sollen lediglich die Verteilung der Werte von Kiefergelenkspalt und Kondylusbreite aufgeführt werden, da sie in der Diskussion mit Literaturwerten verglichen werden.

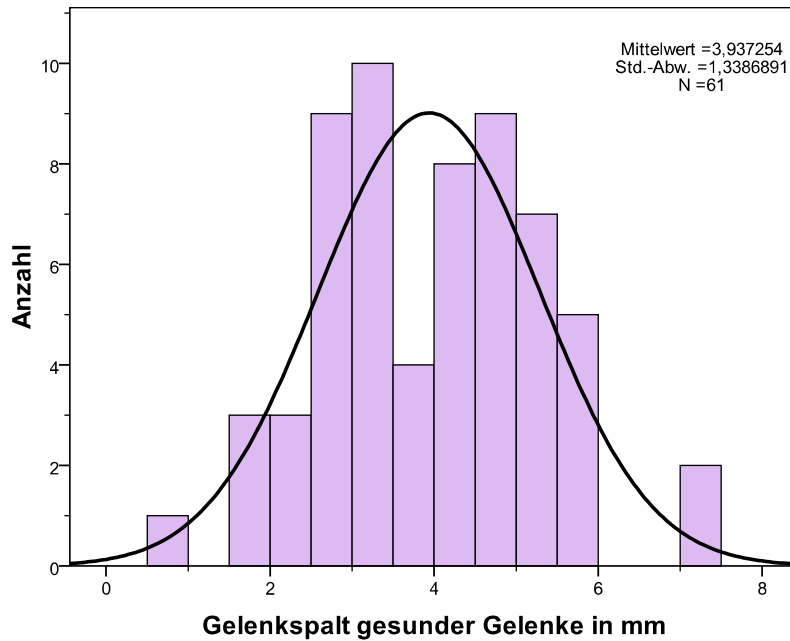


Abb. 28: Verteilung der Messwerte für den Kiefergelenkspalt; die schwarze Linie bedeutet Normalverteilung

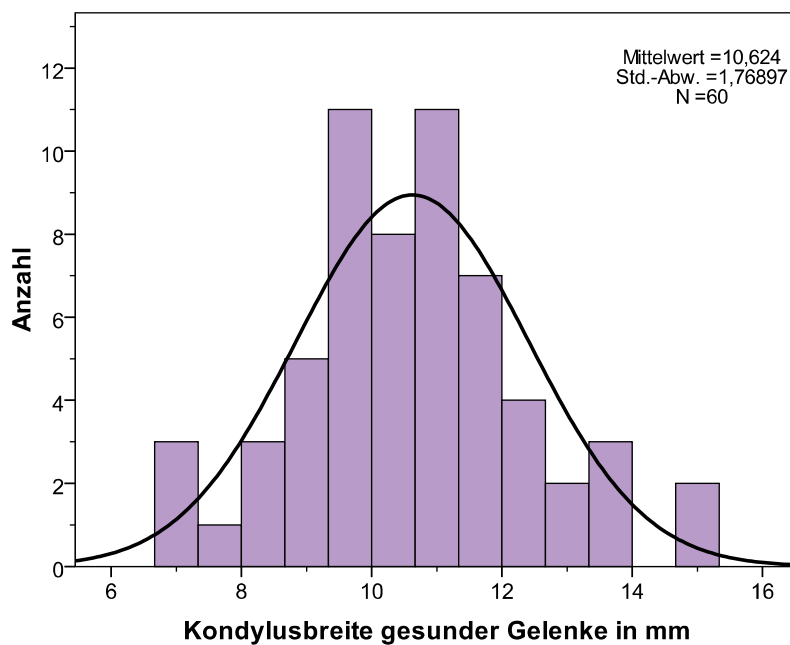


Abb. 29: Verteilung der Werte der Kondylusbreite in Bezug zur Normalverteilungslinie (schwarz)

3.1. Erläuterung zu den Ergebnissen

Um einen für das Auge sichtbaren Unterschied zwischen zwei Strukturen feststellen zu können, müsste dieser mindestens 1 bis 1,5 mm (subjektiv festgelegt) betragen. Die Mittelwerte der Gruppen Gelenkspaltbreite, Kondylusbreite, Tuberkulumhöhe und Fossabreite unterscheiden sich aber nur in geringeren Größen voneinander. Die hypothetische Annahme, dass sich zum Beispiel die Gelenkspaltbreite bei gesunden Gelenken und Gelenken mit einer Diskusverlagerung voneinander unterscheiden, konnte nicht aufrechterhalten werden (Tab. 6).

Betrachtet man jedoch den Winkel der Kondylusbewegung, so fällt es dem Auge aufgrund der räumlichen Trennung sehr viel schwerer, zwischen den beiden Bildern des geschlossenen und geöffneten Mundzustands die Winkelgrößen abzuschätzen. Deshalb wurde hier, um einen signifikanten Unterschied ausmachen zu können, subjektiv die Mindestgrenze von 10% festgelegt. Aus diesem Grund lässt sich also nur bei der Hypermobilität der Kondylen mittelwertig ein um 11% flacherer Winkel feststellen. Die gleichen Überlegungen gelten auch für die Strecke, die der Kondylus zurücklegt. Für die Bewegungsstrecke wurde subjektiv der Wert von 3 mm Abstand zu den Mittelwerten gesunder Probanden angegeben. Wie die Hypothese davon ausging, dass eine erhöhte Bewegung der Kondylen in der P6-Aufnahme zu erkennen sei, so ist dies auch anhand der Signifikanztests bestätigt worden.

4. Diskussion

Die ermittelte Geschlechtsverteilung und die Ergebnisse aus den Messungen entsprechen zum größten Teil den Ergebnissen verschiedener größerer Statistiken [73, 46]. Dadurch kann diese Studie als repräsentativ angesehen werden.

Warum unter Kiefergelenkpatienten der Anteil weiblicher Patienten bei vielen Untersuchungen so auffallend hoch ist, war Anlass zahlreicher Vermutungen und Hypothesen [47]: Frauen würden eben eher wegen Beschwerden einen Zahnarzt aufsuchen, meinen die einen [1, 22, 64, 78]; andere machen die sozial-kulturelle Situation der Frau verantwortlich, die es ihr zeitlich eher ermöglichen würde, einen Zahnarzt aufzusuchen [62].

Es werden aber auch anatomische Unterschiede [72] oder die unterschiedliche Reaktion auf psychosomatischen Stress verantwortlich gemacht [22].

Neben der Analyse der Geschlechts- und Altersverteilung unserer Probanden war auch die Vermessung anatomischer Strukturen und dessen Vergleich mit der Literatur wesentlicher Bestandteil in dieser Studie. Näher betrachtet werden sollen die Kondylus- und die Gelenkspaltbreite. So beträgt die Breite des Kondylus in antero-posteriorer Richtung laut Messungen von Öberg, Carlsson und Fajers (1971) im Durchschnitt 10 mm bei einer Variation von 5,5 bis 16 mm [49]. Weitere Literaturwerte geben an, dass die Breite des Kondylus in antero-posteriorer Richtung im lateralen Teil zwischen 13 und 20 mm liegt [18]. Die Kondylusbreiten unserer Probanden weichen von Literaturwerten nicht ab. Sie ordnen sich im Durchschnitt bei 10,6 mm und einer Varianz von 7 bis 15 mm ein (Tab.7, Abb. 29). Es muss jedoch bedacht werden, dass im Röntgenbild keine 1:1 – Situation vorliegt und somit ein gewisser Fehlerquotient besteht (laut Herstellerangaben beträgt der Abbildungsmaßstab ca. 1:1,23, also eine 23% Vergrößerung). Zudem ist kritisch anzumerken, dass zum Beispiel beim Messen der Kondylusbreite eine geringfügige Ungenauigkeit entstanden ist. Die Breite wurde hier per Augenmaß bestimmt. Dieser Fehlerquotient konnte dadurch minimiert werden, indem die Messungen in einem gewissen zeitlichen Abstand jeweils zweimal durchgeführt wurden. Nichtsdestotrotz weichen unsere Werte nicht von Werten ab, die in der Literatur angegeben werden. Dies lässt annehmen, dass die P6-Aufnahme relativ genau die wirkliche Kiefergelenkgröße wiedergibt.

Da die Weichgewebe der Gelenke, bestehend aus artikulärem Faserknorpel und dem Diskus, keinen röntgenologischen Schatten werfen, bezeichnet man den von ihnen eingenommenen Raum zwischen den knöchernen Oberflächen als Gelenkspalt, obwohl gar kein eigentlicher Spalt existiert. Nach Hansson et al. beträgt der Knorpel im superioren Anteil des Kondylus

durchschnittlich 0,48 mm, im posterioren Anteil des temporalen Kompartiment 0,1 mm und im posterioren Anteil des Diskus 2,9 mm [19]. Diese Werte sind absichtlich herausgesucht worden, da unsere Längenmessung des Gelenkspaltes genau durch diese Anteile verläuft. Addiert man diese Weichgewebisdicken, so erhält man eine Dicke von ca. 3,5 mm. Eine andere Quelle gibt Werte von 3,5-4,5 mm an [66]. Etwas weniger sind die Angaben von Sarnat (2,5 +/- 1 mm) [63] und von Helfgen (durchschnittlich 2,1 mm) [20]. Bei durchschnittlich 3,9 mm Gelenkspalt (Tab. 7, Abb. 28) ordnen sich die von uns ermittelten Werte in die der Literatur ein, hier jedoch wieder unter Beachtung dessen, dass aufnahmebedingt nicht zwingend eine 1:1 – Situation vorliegen muss.

Weiteres Ziel dieser Studie war es zu beurteilen, inwieweit die P6-Röntgenaufnahme eine Hilfe in der Diagnostik funktioneller Erkrankungen sein kann.

Zu erwartende Abweichungen der Gelenkspaltbreite bei Diskusverlagerungen von der Norm können anhand unserer Messungen nicht bestätigt werden. So kann man an einer P6-Aufnahme nicht erkennen, ob oder welche Art von Diskusverlagerung vorliegt. Bestätigung findet diese Annahme auch in Untersuchungen von Klaus (1997). So sei es für den Fall, dass auf beiden Abbildungen des geschlossenen Mundes eines P6-Röntgenbildes kleine Abweichungen in der Breite des Gelenkspaltes vorhanden wären, diese jedoch nicht zwingend der am Patient vorliegenden Situation entsprechen müssten [32].

Unsere Ergebnisse können bezüglich der Kondylenbeweglichkeit eine Abnahme der Mobilität im Laufe des Alterns anzeigen. Die Vermutung liegt nahe, dass degenerative Veränderungen an diversen Gelenksstrukturen vorliegen müssen. In diesem Zusammenhang zeigt Cotta (1986), dass am Halte- und Bewegungsapparat alterstypische Veränderungen an allen Anteilen zu beobachten sind. Von Bedeutung ist dabei die Tatsache, dass sich hierbei Altersvorgänge vorwiegend im Kollagen abspielen. Dieses macht ein Drittel aller bindegewebigen Organe aus. Die erwähnte Bindegewebssalterung vollzieht sich nicht nur im Kollagen, sondern auch im Elastin und den Mucopolysacchariden der Grundsubstanz. Mit zunehmendem Alter kommt es zur Zellverarmung; die sauren Mucopolysaccharide ändern ihre qualitative Zusammensetzung und sind in ihrer absoluten Menge vermindert. Die Anzahl der elastischen Fasern nimmt zugunsten grobfaseriger Kollagenfibrillen ab, welche dann zum Beispiel an Bändern und Sehnen zu einer Qualitätsminderung der mechanischen Belastbarkeit führen. Bänder und Sehnen verlieren an Elastizität, Straffheit und Gleitfähigkeit [31].

Frans van den Berg (1999) bestätigt ebenfalls, dass während des Alterungsprozesses die Anzahl der Fibroblasten abnimmt [76]. Das führt zu einer Senkung der extrazellulären Bestandteile wie Fasern, Proteoglykanen und Glykosaminglykanen. Durch den Verlust an Grundsubstanz steigt die Zahl an sogenannten Crosslinks in der Gelenkkapsel. Dies hat eine gesenkte Mobilität des Gelenks zur Folge.

Interessant ist weiterhin der Kondylenbahnwinkel bei Mundöffnung zur Frankfurter Horizontalen, der aus den vorliegenden Röntgenaufnahmen ermittelt wurde. Man könnte darüber diskutieren, inwieweit sich diese Werte in die Praxis umsetzen lassen. Es bedarf zwar noch weiterer Untersuchungen in diesem Bereich, doch liegt die Überlegung nahe, diese Werte zum Beispiel im Bereich der Funktionsanalyse anzuwenden.

Zur genauen Abklärung von therapieresistenten Diskusverlagerungen und anderen Weichgewebserkrankungen wird bevorzugt die Magnetresonanztomographie (MRT) eingesetzt. Die Kombination aus MRT und Orthopantomographie ist für die meisten Fragestellungen bezüglich der CMD ausreichend [75, 25]. Dies bestätigen Karlé et. al (2002) und fordern, dass das MRT aufgrund seiner hohen Kostenintensität einen sehr engen Indikationsbereich einnehmen sollte. Dieser beinhaltet vor allem die Abklärung der Kiefergelenkmorphologie vor einem operativen Eingriff am Kiefergelenk, die Überprüfung bei langwierigen Schmerzen trotz Therapie und den Fall, wenn sich anhand der klinischen Untersuchung die Beschwerdesymptomatik nicht einordnen lässt. Zusätzlich kann die MRT-Untersuchung mit Kontrastmitteln bei Patienten mit entzündlichen Erkrankungen des Kiefergelenks (Psoriasisarthritis, rheumatoide Arthritis) zum Einsatz kommen [29].

Des Weiteren können P6- Aufnahmen als Anschauungsmaterial zur Aufklärung und Beratung des Patienten dienen. Diesen Wert bescheinigen Tschernitschek und Riedel (1994) ebenfalls in ihren Untersuchungen an P6-Aufnahmen [73]. Nach Klaus (1997) rechtfertigt dieser sinnvolle Nebeneffekt jedoch kaum die höhere Strahlenbelastung durch die zweifache Abbildung der Kiefergelenke. Dem Patienten könne der Sachverhalt auch mit Skizzen, Bildern oder Modellen erläutert werden. Somit gebe es nach seinen Ergebnissen fast keine Indikation für die Aufnahme, besonders des geschlossenen Gelenks. Die Bilder des geöffneten Gelenks würden zur Erkennung der Kondyluskontur ausreichen, ebenso könnten Frakturen und ausgeprägte Veränderungen diagnostiziert werden. Der Indikationsbereich von Panorama-Spezial-Aufnahmen sei zu überdenken [32].

Fazit unserer Studie ist, wie Bschorer et al. (1992) [3], aber auch viele andere Wissenschaftler angeben, dass eine P6 –Aufnahme natürlich unter Voraussetzung einer gründlichen klinischen Funktionsanalyse als wertvolle Hilfe in der Diagnostik der Arthropathien herangezogen werden kann und eine Orientierung in der Funktionsbeurteilung der Gelenke wiedergibt. Vor allem sind Gelenkhypermobilitäten, Abklärung für Frakturen und Tumore, so wie Arthrosen Indikationen für diese Art der Röntgendiagnostik. Tschernitschek und Riedel (1994) fordern sogar, dass der Einsatz von Funktionsorthopantomogrammen routinemäßig bei allen Patienten mit Kiefergelenkbeschwerden durchgeführt werden sollten, da man sich sonst eine wichtige Diagnosemöglichkeit vergeben würde [73].

Dadurch, dass die meisten Zahnarztpraxen ein Orthopantomographie-Gerät besitzen, ist es sowohl nach unseren Untersuchungen als auch nach denen von Riedel (1993) unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vertretbar, bei einer Kiefergelenkdiagnostik ein Funktionsorthopantomogramm zu erstellen [58].

5. Schlussfolgerung

1. Der diagnostische Informationsgehalt der P6- Aufnahme ist für funktionsbedingte Kiefergelenkerkrankungen höher einzuschätzen als die P1-Aufnahme.
2. Der finanzielle Aufwand ist gegenüber anderen bildgebenden Verfahren (MRT, DVT) überschaubarer.
3. Der Informationsgehalt ist bei Verdacht auf Gelenkhypermobilitäten, zur Abklärung von Frakturen, Tumoren und arthrotischen Veränderungen in der Regel ausreichend.
4. Für den Praktiker ergeben sich bei der Verwendung entsprechender Referenzkörper in der P6-Darstellung gewisse Normwerte bzw. Grenzen, an denen er sich bei der Auswertung einer P6-Aufnahme richten kann. Bei einer Kondylenbeweglichkeit von 19 ± 3 mm kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Hypermobilität des Kiefergelenks ausgegangen werden, wobei die Beachtung des Patientenalters eine wichtige Rolle spielt.
5. Da sowohl eine mundgeschlossene als auch eine mundgeöffnete Darstellung des Gelenks erfolgt, ist eine orientierende Funktionsbeurteilung der benachbarten Strukturen bis hin zum Kieferwinkel möglich [77].
6. Erst bei ungenügendem Informationsgehalt sind MRT oder andere ergänzende Diagnoseverfahren nötig.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersuchte strukturelle Verhältnisse in P6-Röntgenaufnahmen unter Berücksichtigung der Indikationsstellung mit dem Ergebnis, dass diese in der Diagnostik von kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD) Anwendung finden können. Aufgrund der alleinigen Darstellung von Hartgewebsstrukturen stellen vor allem Erkrankungen der Weichgewebe Grenzen dieser Aufnahmetechnik dar. Bekanntes Beispiel ist die Diskusverlagerung.

Wesentlicher Bestandteil dieser Studie war die Vermessung und der Vergleich bestimmter anatomischer Strukturen untereinander, so die Gelenkspaltbreiten, Kondylenbreiten, Tuberkulahöhen, Fossabreiten und schließlich die Winkel und Strecken der Kondylenbewegung bei Mundöffnung.

Kiefergelenke von Patienten mit Diskusverlagerungen zeigten keine signifikanten Unterschiede zu gesunden Gelenken auf. Hypermobilitäten der Kiefergelenke wiederum wiesen zwei Unterschiede zu Gesunden auf: eine flachere, aber verlängerte Bewegung des Kondylus bei Mundöffnung.

Der allgemeine Vergleich zwischen Männern, Frauen und Patienten verschiedener Altersgruppen untereinander konnte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede aufzeigen; eine Ausnahme stellte die Kondylusbreite im Vergleich von Frauen zu Männern und die Kondylusstrecke im Vergleich der Altersgruppe 10 bis 30 Jahre zu 51 Jahre und älter dar. Die Breite des Kondylus war bei Männern durchschnittlich minimal breiter als bei Frauen. Die Bewegung des Kondylus war bei Patienten, die älter als 50 Jahre alt sind, eingeschränkter.

Fazit dieser Studie ist somit, dass die P6-Aufnahme zusätzliche Informationen bei vorhandenen kranio-mandibulären Dysfunktionen bietet. Sie bedarf jedoch für den Fall, dass Symptome durch Bildinformationen nicht verifizierend sind, zur genauen Diagnosestellung weiterer Ergänzungen.

7. Anhang

Patientenkollektiv

1	Geb.dat./Alter	Diagnose bzw. Verdachtsdiagnose
2	15.1.79/25	KG-Kompr. re.
3	5.6.48/56	schmerzhafte Hyperaktivität der KM
4	24.6.70/30	DV mit Rep. re. KG, Hypermobilität KG bds.
5	19.2.44/55	schmerzh. Hyperakt. der KM
6	13.1.61/43	Hypermobilität beider KG, Brux., schmerz. Hyperakt. der KM bds., frontoffener Biss
7	6.6.37/73	schmerzh. Hyperakt. der KM re., Hypermobil. beider KG, Angle-Klasse II
8	21.9.63/41	schmerzh. Hyperakt. der KM, V.a. geringfügige DV im li. KG
9	17.8.73/26	V.a. schmerz. Hyperakt. KM li., V.a. abgelaufene intermittierende DV bds.
10	8.8.44/61	DV mit Rep. li. KG bei MÖ., Hypermobilität KG bds., Brux.
11	19.2.66/38	unklares Schmerzsyndrom re. Wange, Brux., Hyperakt. der KM
12	30.3.42/63	Arthrosis def. li. KG, Elongation des Processus Muscularis des li. UK's, Brux.
13	8.11.91/13	o. p. Befund
14	9.8.58/46	posttraumatische Kieferklemme, V.a. DV re. KG
15	31.3.61/46	DV ohne Rep. bei MÖ li. KG
16	5.1.60/45	Brux., schmerz. Hyperakt. der KM
17	3.10.60/44	Diskusluxation mit Rep.
18	22.8.46/58	DV li. KG
19	31.1.88/15	aDV li. ohne Rep.
20	3.12.90/13	Frakturabklärung
21	23.12.76/27	DV ,und Kompr. re. KG
22	29.4.59/45	DV ohne Rep. bei MÖ re. KG
23	4.2.58/46	o. p. Befund
24	1.2.35/69	o. p. Befund
25	25.9.27/77	o. p. Befund
26	1.4.41/63	V.a. DV ohne Rep. bei MÖ li. KG, schmerz. Hyperakt. KM
27	10.10.77/28	V.a. DV ohne Rep. li. KG mit Anpassung, V.a. Hyperakt. KM bei Nacht
28	5.8.61/43	DV ohne Rep. re. KG intermittierend, DV li. KG, V.a. nächtliche Hyperakt. KM
29	20.07.84/20	V.a. DV ohne rep. bei MÖ li. KG
30	4.9.24/80	o. p. Befund
31	2.3.46/54	DV ohne Rep. bei MÖ li. KG
32	30.6.39/59	DV ohne Rep. li.
33	8.10.57/42	Schmerzen re. Seite, Abklärung Tumor, chronisch apicale Parodontitis Zahn 16
34	1.9.59/45	o. p. Befund
35	20.4.38/66	floride Arthrose li. KG mit internem Derangement, inkomplette bzw. reponierbare aDV re. KG
36	21.10.57/47	V.a. DV li. KG intermittierend ohne Rep. bei MÖ
37	25.3.61/43	ant. DV mit Rep. bei MÖ bds., schmerz. Hyperakt. der KM bds., Hypermobilität KG bds.
38	5.9.66/38	o. p. Befund
39	6.5.75/24	schmerzh. DV ohne Rep. re. KG
40	2.4.65/39	Brux., V.a. schmerz. Hypermobilität li. KG, Z.n. Arthrosis deformans Typ I im re. KG
41	5.10.67/37	Arthrose KG li.
42	16.11.78/25	Hypermobilität re. KG
43	8.3.65/38	Arthropathia deformans bds.
44	8.9.46/53	DV ohne Rep. bei MÖ li. KG, Hypermobilität beider KG, V.a. Diskusperforation li. KG
45	3.8.58/46	o. p. Befund
46	11.9.83/21	DV mit Rep. bei MÖ bds., intermittierende Hypermobilität beider KG
47	9.11.63/36	Hypermobilität KG bds. mit V.a. Hypermobilität des re. Discus, Brux.
48	29.6.18/86	o. p. Befund

49	17.5.78/21	V.a. ant. DV ohne Rep. li. KG
50	28.9.78/36	Hypermobilität KG bds., Diskushypermobil. bds., teils mit,teils ohne Rep., bes. im li. KG
51	4.10.76/27	Arthropathie
52	9.9.88/16	intermittierende DV li. KG, Hypermobil. KG bds.
53	27.5.50/49	o. p. Befund
54	24.10.36/64	KG- und KM-bedingte Kieferklemme, Arthrosis deformans re.
55	18.11.55/49	Arthrosis Typ I beider KG, Brux.
56	18.3.80/24	intermittierende DV ohne Rep. bds., Hypermobilität KG bds., V.a. Hyperakt. KM
57	28.11.78/26	intermittierende DV re. KG, Hypermobilität beider KG
58	20.11.34/70	V.a. schmerz. Diskusperforation li. KG
59	19.8.35/69	Arthrosis deformans li. KG
60	19.2.50/49	schmerz. Hyperakt. der KM bds., Hypermobilität KG bds., Brux.
61	9.9.89/15	o. p. Befund
62	5.1.64/40	Frakturabklärung
63	10.5.80/23	Myoarthropathie
64	21.11.52/53	schmerz. Hyperakt. KM li.
65	7.1.49/55	o. p. Befund
66	9.3.76/28	V.a. aDV mit Rep. bds., Hyperakt. KM
67	4.7.81/22	habituelle Luxation des KG bds.
68	29.1.91/13	aDV ohne Rep. bds.
69	17.7.37/67	Brux., Arthrosis defomans beider KG, li. symptomatisch
70	7.5.42/63	Kompr.KG li.mit degeneriertem Kondylus li.
71	9.12.79/24	aDV mit Diskusperforation li.
72	6.5.67/36	o. p. Befund
73	12.1.82/22	Diskusluxation re. und aDV re.
74	9.6.67/37	schmerz. Hyperakt. KM
75	26.4.66/39	DV mit Rep. li. KG, V.a. Arthrosis deformans Typ I re. KG
76	4.3.75/30	schmerz. Hyperakt. KM bds.
77	20.12.48/56	ant. DV mit Rep. bds., Hypermobilität KG bds., Brux.
78	8.4.52/52	DV mit Rep. re. KG, Brux.
79	15.12.67/37	habituelle Luxation li. KG
80	23.6.49/50	Z.n. Synektomie und Discusexzision bei synovialer Chondromatose des re. KG
81	29.12.72/32	schmerzlose DV mit Rep. bei MÖ im re. KG
82	25.2.69/46	o. p. Befund
83	20.3.73/31	Langerhanszell-Histiozytose li. UK Regio 38
84	3.2.46/58	Hyperakt. KM bds.
85	11.2.71/33	Myoarthropathie
86	20.12.50/53	habituelle Luxation und Diskusdislokation
87	2.12.79/24	Arthropathie li.
88	2.2.74/25	V.a. DV li. KG, Hypermobilität beider KG
89	14.12.76/29	V.a. schmerz. Hyperakt. KM bds.
90	14.4.51/53	Habituelle Diskusluxation bds. mit Rep.
91	22.5.70/34	o. p. Befund
92	17.9.82/22	DV ohne Rep. bei MÖ li. KG
93	24.1.44/59J.	Arthrosis deformans li.
94	8.11.60/39	o. p. Befund
95	5.2.84/19	Arthropathie bds.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Agerberg G, Carlsson GE. Functional disorders of the masticatory system. I. Distribution of symptoms according to age and sex as judged from investigation by questionnaire. *Acta Odontol Scand* 1972; 30: 597
- [2] Benner KU. Bau, Innervation und rezeptive Strukturen des Kiefergelenks, Morphologie, Funktion und Klinik des Kiefergelenks. Berlin - Tokio: Quintessenzbibliothek, 1993
- [3] Bschorer R, Gehrke B, Frerich B, Schwenzer, N. Möglichkeiten mikroprozessorgesteuerter Kiefergelenkaufnahmen mit dentaler Panoramaschichttechnik. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 1992; 16: 260-264
- [4] Bumann A. Die digitale Volumetomographie – klinisch unterschätzt und wirtschaftlich überschätzt?. *ZMK* 2008; 24
- [5] Cacaci C, Frank E, Bumann A. DVT-Volumetomograph, Digitaler Durchblick. *Teamwork* 3/2007; 10.Jahrgang
- [6] Chomenko AG. Structure of the TMJ as viewed on the pantomograph. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 332-335
- [7] Choukas NC, Sicher H. The structure of the temporomandibular joint. *Oral Surg* 1960; 13: 1203
- [8] Dauber W. Die Nachbarschaftsbeziehungen des Discus articularis des Kiefergelenks und ihre funktionelle Bedeutung. *Schweiz Mschr Zahnmed* 1987; 97: 427
- [9] Dworkin SF, Huggins KH, Truelove EL, Sommer E. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc* 1990; 120: 273-281
- [10] Franks AST. The social character of temporomandibular joint dysfunction. *Dent Pract* 1964; 15: 94

- [11] Freitag V, Oeser M. Die Darstellung der Kiefergelenke auf Panorama-übersichtsaufnahmen. Dtsch Zahnärztl Z 1977; 32: 537-541
- [12] Freitag V, Ziegler A. Über die Darstellung der Kiefergelenke auf Orthopantomogrammen in der sog. S-Einstellung. In: Schuchardt K, Schwenzer N, Hrsg. Fortschr Kiefer Gesichtschir Bd. 25. Stuttgart: Thieme, 1980: 26-30
- [13] Frenkel G. Untersuchung bei der Kombination Arthrographie und Tomographie zur Darstellung des Diskus artikularis beim Menschen. Dtsch Zahnärztl Z 1965; 20: 1261
- [14] Gernet W, Rammelsberg P. Kiefergelenkerkrankungen und Funktionsstörungen. In : Schwenzer N, Ehrenfeld M. Zahnärztliche Chirurgie 3. Stuttgart: Thieme, 2000
- [15] Gibbs CH, Mahan PE, Wilkinson TM, Mauderli A. EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles. J Prosthet Dent 1984; 51: 691
- [16] Goldmann SM, Taylor R. Radiographic examination of the abnormal temporomandibular joint. J Prosthet Dent 1983; 49: 711-714
- [17] Gsellmann B, Schmid-Schwap M, Piehslinger E, Beyrer S, Slavicek R. A prevalence study of symptoms associated with TM disorders. J Craniomandib Disord 1996; 2: 191-195
- [18] Hansson T, Honée W, Hesse J. Funktionsstörungen im Kausystem. Heidelberg: Hüthig, 1987
- [19] Hansson T, Öberg T, Carlsson GE, Kopp S. Thickness of the soft tissue layers and the articular disk in the temporomandibular joint. Acta odont Scand 1977; 35: 77-83
- [20] Helfgen E-H. Funktionelle Phylogenese des Kiefergelenks. Dtsch Zahnärztl Z 2000; 55: 563-565
- [21] Helkimo M. Epidemiological Surveys of Dysfunction of the Masticatory System. In: Zarb GA, Carlsson GE. Temporomandibular joint, Function und Dysfunction. Copenhagen: Munksgaard Danmark, 1979: Chapt. 6, 175

- [22] Helöe B, Helöe LA. Characteristics of a group of patients with temporomandibular joint disorders. *Community Dent Oral Epidemiol* 1975; 3: 72
- [23] Heylings DJA, Nielsen IL. Lateral pterygoid muscle and the temporomandibular disk. *J Orofac Pain* 1995; 9: 9-16
- [24] Hosking J. A modified examination of temporo-mandibular joints using Siemens Orthopantomograph. *Radiography* 1981; 47: 243-244
- [25] Jacobs HG. Die exzentrische Orthopantomographie der Kiefergelenkregion als zusätzliche Orientierungsmöglichkeit in der Traumatologie. *Dtsch Zahnärztl Z* 1977; 32: 391
- [26] Jend, H.-H.: Radiologische Diagnostik bei Gesichtsschädelfrakturen mit einer Analyse der Spiral-CT anhand einer vergleichender Präparatestudie
- [27] John M, Wefers K-P. Orale Dysfunktionen bei Erwachsenen. In: Michaelis W, Reich RH. Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie. Köln: Deutscher Ärzte Verlag 1999: 316-329
- [28] Jung T. Der Kiefergelenkpatient. *Zahnärztl Prax* 1979; 30: 492-498
- [29] Karlé C, Kerschbaum Th, Fischbach R. Bewertung der Magnetresonanztomographie bei Patienten mit temporomandibulärer Dysfunktion. *Dtsch Zahnärztl Z* 2002; 57
- [30] Katzberg RW, Westesson PL, Tallents RH, Drake CM. Anatomic disorders of the temporomandibular joint disc in asymptomatic subjects. *J Oral Maxillofac Surg* 1996; 54: 147-153, discussion 153-155
- [31] Kenntner G, Buhl B, Menzel H. Sport, Lebensalter und Gesundheit; Soziologische, leistungsbiographische, arthropometrische und medizinische Untersuchungen an Kraft-, Ausdauer- und Nichtsportlern im Seniorenalter. Karlsruhe: Universitätsverlag, 2006
- [32] Klaus T. Panoramaschichtaufnahmen der Kiefergelenke mit den Orthophos-Programmen 6.1 und 6.2 – eine experimentelle und statistische Studie. Diss 1997

- [33] Koeck B, Lückcrath W. Das Kiefergelenk in der bildgebenden Darstellung. In: Koeck B, Hrsg. Praxis der Zahnheilkunde 8, Funktionsstörungen des Kauorgans. München: Urban & Fischer, 1989
- [34] Kress B, Schmitter M. Kriterien zur Auswertung sagittaler magnetresonanztomographischer Aufnahmen des Kiefergelenks
- [35] Larheim TA, Westesson PL, Sano T. Temporomandibular joint disk displacement: comparison in asymptomatic volunteers and patients. Radiology 2001; 218: 428-432
- [36] Leary JM, Johnson WT, Harvey BV. An evaluation of temporomandibular joint radiographs. J Prosthet Dent 1988; 60: 94-97
- [37] Levitt SR, McKinney MW. Validating the TMJ scale in a national sample of 10 000 patients: demographic and epidemiologic characteristics. J Orofac Pain 1994; 8: 25-35
- [38] Lückcrath W, Scholaut K-H. Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten der MR-Tomographie des Kiefergelenks. Dtsch Zahnärztl Z 1990; 45: 270-273
- [39] Lund JP, Donga R, Widmer CG, Stohler CS. The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. Can J Physiol Pharmacol 1991; 69: 683-694
- [40] Mahan PE, Wilkinson TM, Gibbs CH, Mauderli A, Brannon LS. Superior and inferior bellies of the lateral pterygoid muscle EMG activity at basic jaw positions. J Prosth Dent 1983; 50: 710
- [41] McDavid WD, Tronje G, Welander U. Image layers in the Zonarc. Dentomaxillofac Radiol 1989; 18: 1
- [42] McHorris WH. The condyle-disc dilemma. J Gnathol 1984; 3: 3
- [43] McNamara Jr JA. Neuromuscular and skeletal adaptation to altered function in the orofacial region. Am J Orthodont 1973; 64: 578

[44] McNamara Jr JA. The independent functions of the two heads of the lateral pterygoid muscles. *Am J Anat* 1973; 138: 197

[45] Meyenberg K, Kubik S, Palla S. Relationships of the muscles of mastication to the articular disc of the temporomandibular joint. *Schweiz Mschr Zahnmed* 1986; 96: 815

[46] Motsch A. Epidemiologie funktioneller Störungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1985; 40: 147

[47] Motsch, A.: Funktionsdiagnostik; Epidemiologie funktioneller Störungen, *Dtsch Zahnärztl Z* 1985; 40: 147-155

[48] Obrez A, Stohler CS. Jaw muscle pain and its effect on gothic archtracings. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 393-398

[49] Öberg T, Carlsson GE, Fajers C-M. The temporomandibular joint. A morphologic study on a human autopsy material. *Acta Odont Scand* 1971; 29: 349-384

[50] Okeson JP. Orofacial pain. Guidelines for assessment, diagnosis, and management. Chicago: Quintessence, 1996

[51] Osborn JW. The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure. *J Oral Rehabil* 1985; 12: 279

[52] Paatero V. A new tomographical method for radiographing curved outer surfaces. *Acta Radiol* 1949; 32: 177

[53] Paesani D, Westesson PL, Hatala M, Tallents RH, Kurita K. Prevalence of temporomandibular joint internal derangement in patients with craniomandibular disorders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 101: 41-47

[54] Pasler FA. *Zahnärztliche Radiologie*. Stuttgart: Thieme, 2003

[55] Pertes RA, Gross SG. Temporomandibular disorders and orofacial pain. Chicago: Quintessence, 1995: 69-89

- [56] Rahn R, Meurer I. Erfahrungen mit dem neuen Orthophos (Siemens). *Dentomaxillofac Radiol* 1991; 11: 102
- [57] Reichenbach E. Das Kiefergelenk als Modell gemeinsamer Aufgabenstellung stomatologischer Fachgebiete. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 1970; 54: 6-20
- [58] Riedel M. Vergleichende Untersuchungen zur Beurteilbarkeit der Kiefergelenkregion bei zwei Röntgensichtaufnahmetechniken. Diss 1993
- [59] Rieder CE, Martinoff JT, Wilcox SA. The prevalence of mandibular dysfunction. Part I: Sex and age distribution of related signs and symptoms. *J Prosthet Dent* 1983; 50: 81
- [60] Ritter L et al: Influence of the Diagnostic Value of 3D Cone-Beam Tomograms. Madrid: 5th Europerio, 2006
- [61] Ritter W. Die Darstellung des Kiefergelenks mit Hilfe des Panoramaschichtverfahrens. *Dtsch Zahnärztl Z* 1972; 27: 978-983
- [62] Rugh JD, Solberg WK. Physiological implications in temporomandibular pain and dysfunction. In: Zarb GA, Carlsson GE, Hrsg. *Temporomandibular joint. Function and dysfunction*. Copenhagen: Munksgaard, 1979: 239
- [63] Sarnat BG. *The temporomandibular joint*. Springfield: Charles C. Thomas, 1964
- [64] Schmitt-Beer U. Funktionelle Störungen im Bereich des Kauorgans. *Dtsch Zahnärztl Z* 1972; 27: 777
- [65] Schubert R, Frank S. Zur Epidemiologie der Myoarthropathie – eine Längsschnittstudie über fünf Jahre. *Dtsch Zahnärztl Z* 1980; 35: 303
- [66] Schumacher GH. Morphologie und Funktion des Kiefergelenks. *Dtsch Stomat* 1972; 22: 561

- [67] Siekmann H. Das normale Kiefergelenk im Röntgenbild unter besonderer Berücksichtigung der Gelenkverhältnisse bei Mundöffnung. o. O. 1940
- [68] Sommer OJ, Aigner F, Rudisch A, Gruber H, Fritsch H, Millesi W, Stiskal M. Cross-sectional and functional imaging of the temporomandibular joint: radiology, pathology and basic biomechanics of the jaw. *Radiographics* 2003; 23: 14
- [69] Sonnabend E, Benz C. Röntgentechnik in der Zahnheilkunde. München: Urban und Schwarzenberg, 1997
- [70] Stohler CS, Zhang X, Lund JP. The effect of experimental jaw muscle pain on postural muscle activity. *Pain* 1996; 66: 215-21
- [71] Stursberg W. Möglichkeiten und Grenzen der Kiefergelenkdarstellung im Panoramaschichtverfahren. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1987; 32: 3
- [72] Takada K, Yoshimura Y, Endoh N, Hirose I, Hayashi T, Kawano T, Kuroi M, Shoju M, Tsubakimoto M, Lim DJ, Kawakatsu K. Clinical study of temporomandibular joint disturbances. 1. Statistical observation of patients with temporomandibular arthrosis. *J Osaka Univ Dent School* 1971; 11: 7
- [73] Tschernitschek H, Riedel M. Die Beurteilbarkeit der Kiefergelenkregion bei zwei Röntgenschnittaufnahmetechniken. *Dtsch Zahnärztl Z* 1994; 49: 525-528
- [74] Türp JC. Diskusverlagerungen neu überdacht. *Dtsch Zahnärztl Z* 1998; 53: 369-373
- [75] Updegrave WJ. Visualizing the mandibular ramus in panoramic radiography. *Oral Surg* 1971; 31: 422
- [76] Van den Berg F. Angewandte Physiologie 1. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme, 1999
- [77] Wänman A, Agerberg G. Mandibular dysfunction in adolescents: Prevalence of signs, *Acta Odontol Scand* 1986; 44: 55-62

[78] Weinberg LA, Lager LA. Clinical report on the etiology diagnosis of TMJ dysfunction-pain syndrome. J Prosthet Dent 1980; 44: 642

[79] Westesson PL, Rohlin M. Diagnostic accuracy of double contrast arthrotomography of the temporomandibular joint. Amer J Radiol 1984; 5: 463

[80] Ziegler A. Die Darstellung der Kiefergelenke auf dem „S“-Orthopantomogramm im Vergleich mit dem „N“-Orthopantomogramm und der Aufnahme nach Parma, Med. Diss. Homburg Saar (1979)

Internetquellen:

[81] Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 2005: Terminologieliste der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT) und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde. <http://www.dgzmk.de> (Zugriffsdatum: 21.04.2009)

[82] DMDI (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information), 2009: Kapitel XI: Krankheiten des Verdauungssystems. <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/htmlgm2009/block-k00-k14.htm> (Zugriffsdatum: 21.04.2009)

[83] IHS, 2003: Kopf- oder Gesichtsschmerz zurückzuführen auf Erkrankungen des Kiefergelenks. http://www.ihs-klassifikation.de/de/02_klassifikation/03_teil2/11.07.00_cranial.html (Zugriffsdatum: 14.04.2009)

[84] Keese E, Siemermann-Kaminski C, 2009: Digitale Volumentomographie (DVT). <http://www.mkg-keese.de/lang-de/leistungspalette/moderne-diagnostik-und-therapie/36-digitale-volumentomographie-dvt> (Zugriffsdatum 21.04.2009)

[85] Schmitter M, 2008: Bildgebung des Kiefergelenks in der Funktionsdiagnostik. <http://www.ddn-online.net/artikel/archiv.php?kategorie=10> (Zugriffsdatum: 21.04.2009)

9. Danksagung

In erster Linie gilt mein Dank Herrn Priv.- Doz. Dr. med. dent E.- H. Helfgen für die Bereitstellung und gute Betreuung meiner Dissertation.

Weiterhin bedanke ich mich herzlich bei der Firma Sirona für die Bereitstellung des Programms SIDEXIS und die damit einhergehende fachliche Betreuung durch ihre Mitarbeiter.

Herrn T. Höller des Instituts für Medizinische Statistik, Dokumentation und Datenverarbeitung der Universität Bonn danke ich für die fachliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung meiner Ergebnisse.

Für die computertechnische Unterstützung, vor allem bei der Erstellung von Graphiken und Tabellen, bedanke ich mich bei Edgar Derksen.

Meiner Schwester Larissa danke ich herzlich für die Durchsicht dieser Arbeit.

Bei Herrn Wiedenfeld bedanke ich mich für die Unterstützung bei der Gestaltung des Layouts.

Und nicht zuletzt gilt mein ganz besonderer Dank meinem Ehemann Andreas und meinen Eltern, die mir sowohl während des Studiums als auch während der Promotionszeit motivierend zur Seite gestanden haben.