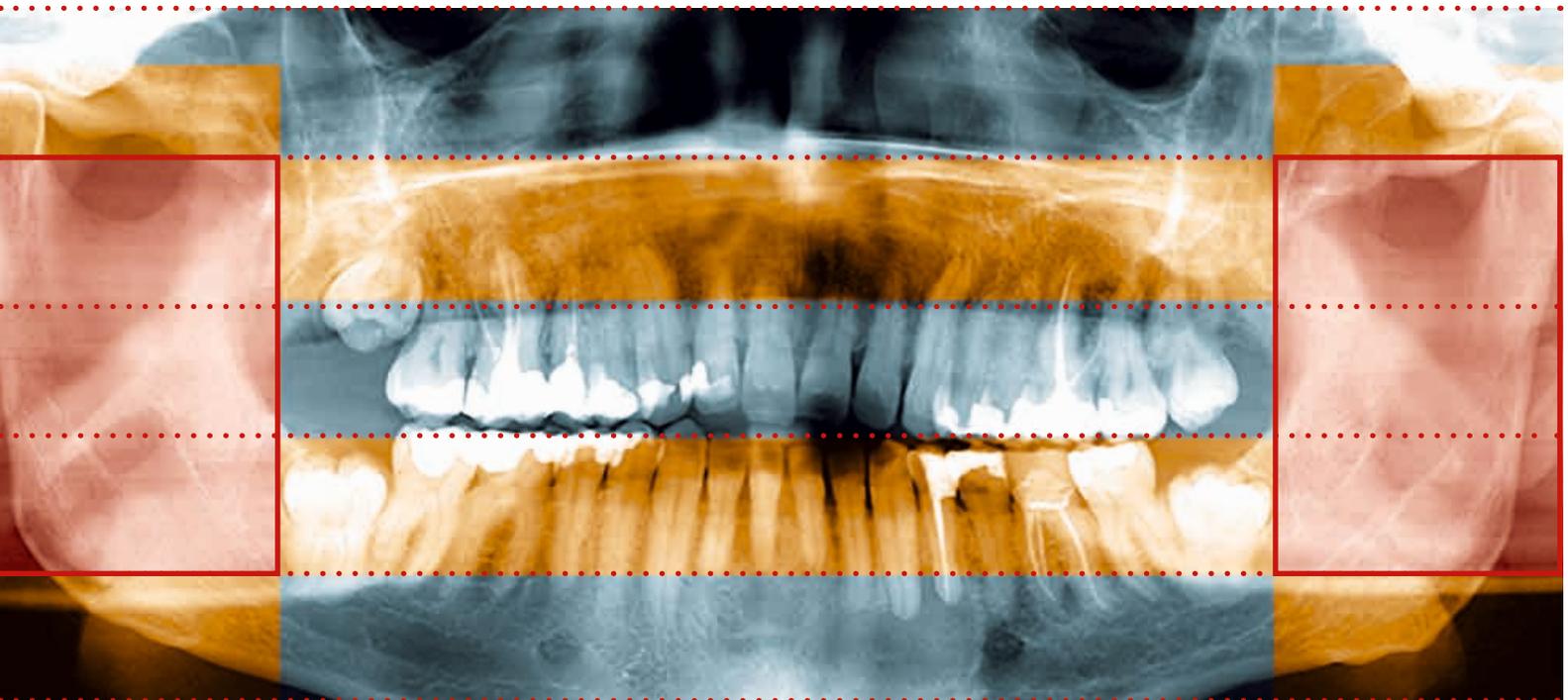


Die radiologische Darstellung des Kiefergelenks

Dr. Dr. Henri Thuau, MD, DDS, FDSRCS(Eng), FRCS(omfs) - Kiefer- und Gesichtschirurg, CH-Zug
Dr. med. dent. Nina Van Sprundel, Zahnärztin, CH-Zug



1. Einführung:

Wir haben diesen Artikel verfasst, um dem praktischen Zahnarzt die Möglichkeiten der Bildgebung des Kiefergelenks je nach Indikation nahezubringen, um den Prozess der Diagnose zu optimieren und um einen stimmigen therapeutischen Entscheidungsprozess zu beschreiben, der unnötige Schritte vermeidet.

Die radiologischen Darstellungen des Kiefergelenks werden erschwert durch die Projektion der dichten Knochenstruktur zum Beispiel des Jochbeins, des Warzenfortsatzes oder der Schädelbasis, um nur einige zu nennen. Die ersten Bildgebungsverfahren waren hauptsächlich konventionelle transkraniale oder transorbitale Ansichten. Dennoch war die Darstellung des Kiefergelenks nicht immer von ausreichender Qualität und dadurch auch nicht immer zielführend.

In der zahnärztlichen Praxis hat sich die Qualität der Panoramaschichtaufnahmen im Laufe der vergangenen Jahre deutlich verbessert. Die dadurch mögliche sagittale Untersuchung des Kiefergelenks stellt eine in der Regel sehr zufriedenstellende erste Beurteilung dar. Seit der Entwicklung von neuen Technologien wie dem cone beam Verfahren (Digitale Volumen Tomographie), können die knöchernen Strukturen des Kiefergelenks auch in der Praxis des Zahnarztes oder Oralchirurges vollständig dreidimensional dargestellt werden.

Wenn auch die Weichgewebsstrukturen des Kiefergelenks dargestellt werden müssen, bietet die Kernspintomografie (MRT) eine Reihe von Möglichkeiten und eine extrem akkurate Analyse der Gelenkscheibe, ihrer anterioren und posterioren Anhaftungen sowie der Unversehrtheit der Gelenkflächen.



Abb. 1: Transkranielle Ansicht

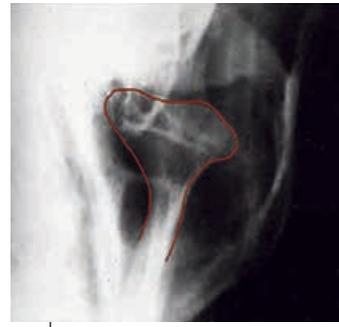
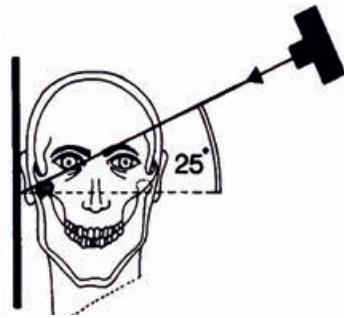


Fig. 2 Transorbitale Ansicht

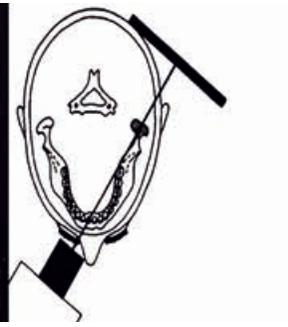
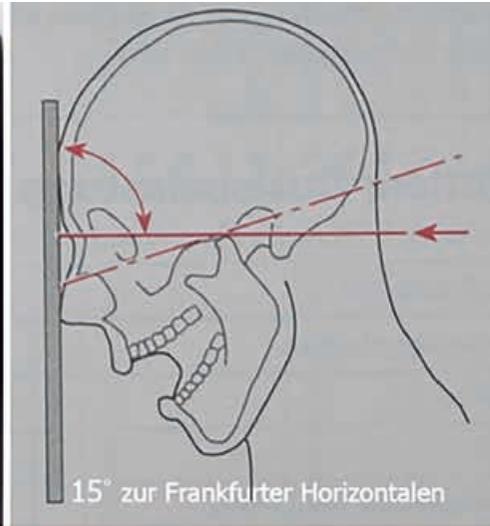


Fig. 3 Ansicht nach Clementschitsch



2. Zweidimensionale Beurteilung des Kiefergelenks:

2.1 Historische Betrachtungen

Die traditionelle Radiologie erlaubt die Darstellung der Kiefergelenk-Strukturen, indem die Quelle der Röntgenstrahlen an der kontralateralen temporalen Seite (sagittale Sicht – Abb. 1), oder transorbital positioniert wird (Abb. 2). Eine andere historische Ansicht ist die nach Clementschitsch (Abb. 3). Diese Ansichten geben uns einen Eindruck über den Umriss der Kiefergelenk-Strukturen, sind aber meist ungeeignet, um eine präzise Beurteilung und Diagnose stellen zu können. Alle drei Ansichten können aus heutiger Sicht als historisch angesehen werden. Sie haben wenig praktischen Nutzen und wurden mittlerweile von der Panoramaschichtaufnahme sowie den DVT Darstellungen verdrängt.

2.2 Panoramaschichtaufnahmen

Die Panoramaschichtaufnahme ist das Mittel der Wahl, wenn es um die Darstellung des Kiefers und des Kiefergelenks geht (Abb. 4). Panoramaschichtaufnahmen werden von den meisten dentalen und oralchirurgischen Praxen angeboten und bieten eine hervorragende Primärbildgebung. Sie erlauben eine gute Darstellung der Gelenkoberflächen und der Position des Kiefergelenks sowie seiner Relation zur eminentia articularis (Abb. 5). Außerdem erlauben Panoramaschichtaufnahmen die Abbildung der Position des Kiefergelenks bei maximal geöffnetem Mund (Abb. 6) und ermöglichen den Vergleich zwischen den zwei Seiten. Die Aufnahmen dienen darüber hinaus zur Befundung der Gelenkhöhle.



Abb. 4: Panoramaschichtaufnahme



Abb. 5 Das Kiefergelenk in der Panoramaschichtaufnahme



Abb. 5 Panoramaschichtaufnahme bei geöffnetem und geschlossenem Mund



Abb. 6: Osteoarthritis beider Kieferköpfchen



Abb 7a Fraktur des linken Kondylus



Abb. 7b Doppelter Bruch des Unterkiefers (rechts Kieferknochen, links Kondylus)

2.3 Indikationen der konventionellen Radiografie des Kiefergelenks

- Untersuchung des Kiefergelenks bei Gelenkschmerzen: Differenzialdiagnose bei Gelenkschmerzen des Kiefers, der Kieferhöhle oder dentalen Krankheitsbildern.
- Degeneratives/Entzündetes Kiefergelenk. Krankheiten des Kiefergelenks (Osteoarthritis, Osteoarthrosis) Abb. 6
- Trauma (Aufnahme immer in 2 Ebenen: sagittal und frontal): um die Linie der Fraktur zu identifizieren, Beurteilung von Verschiebung oder Verlagerung (Abb. 7a, 7b)
- Gutartige oder bösartige Tumore: um die kortikale Unversehrtheit, Knochenverlust oder -deformation zu erkennen.
- Ankylose / Gelenkversteifung: um den Verlust der Gelenkspalte festzustellen

2.4 Zusammenfassung:

Das konventionelle 2D Röntgen bietet dem Arzt folgende Diagnosemöglichkeiten:

- Zweidimensionale Darstellung (mit den dazu gehörenden Einschränkungen) der Oberflächenbeschaffenheit und Morphologie des Unterkiefer-Kondylus und der Eminentia Articularis
- Position des Unterkiefer-Kondylus in Relation zur Eminentia Articularis (dennoch kann diese Darstellung ungenau sein, da sie nur einen Teil der Gelenkoberfläche zeigt)

- Anatomie der Gelenkspalte (auch hier kann die Darstellung ungenau sein)
- Entwicklungsstörungen des Kiefergelenks (insbesondere Asymmetrien des Kiefers): Die Bildgebung vermittelt einen Gesamteindruck des Wachstumsmusters.
- Frühdiagnose von lokalen Geschwulsten (Hyperplasie, Tumore)

Diese Diagnoseschlüssel sind qualitativ und in Bezug auf die Genauigkeit der Darstellung beschränkt, daher kann eine Beurteilung anhand von zweidimensionalen Röntgenbildern lediglich einer ersten Diagnose und einem Gesamteindruck dienen.

3 3D Bildgebung: Das Cone Beam Verfahren (Digitale Volumen Tomographie)

3.1 Historische Betrachtungen

Durch die Entwicklung der cone beam Computertomographie wurde die 3D-Technologie in den letzten Jahren zu einem wesentlich geringeren biologischen (geringere Strahlendosis) und finanziellen Preis zugänglich. Diese Technologie hat formell die Möglichkeiten des Röntgens revolutioniert und Ärzten sowie Zahnärzten endlich ermöglicht, das Kiefergelenk präzise dreidimensional abzubilden ⁽¹⁾.

Die cone beam Technologie nutzt eine Drehscheibe, an der eine Strahlenquelle (Röntgenstrahlung) und ein Röntgendetektor angebracht sind. Eine streuende pyramiden- oder kegelförmige Quelle ionisierender Strahlen wird durch die Mitte des aufzunehmenden Bereichs (ROI) geleitet. Die weitergeleitete und abgeschwächte Strahlung wird auf einen Röntgendetektor auf der gegenüberliegenden Seite projiziert. Während der Rotation von Strahlenquelle und Detektor werden viele Bilder vom Detektor und dem Sichtfeld (Field of View) in einem Bogen von 180° oder größer erzeugt. Diese einzelnen Aufnahmen bilden die primären Rohdaten, bestehend aus mehreren hundert einzelnen zweidimensionalen Bildern, aus denen dann das gesamte Darstellungsvolumen berechnet und konstruiert wird.

Die cone beam Computertomographie (CBCT) wurde ursprünglich für die Angiographie benutzt. Im Laufe der letzten zehn Jahre wurde sie dann auch in der Kiefer- und Gesichtschirurgie angewendet. CBCT verkürzt die Untersuchung und bietet dadurch scharfe, klare Bilder und eine reduzierte Bildverzerrung aufgrund von weniger Bewegung des aufzunehmenden Bereichs ⁽²⁾.

Das Level der Strahlendosis bei einer CBCT Aufnahme bleibt selbst beim Röntgen des Unterkiefers weit unter dem der medizinischen computergestützten Tomographie (CT). Das liegt an einem im Vergleich zu verschiedenen CBCT Protokollen kleineren field of view ⁽³⁾.

Die Digitale Volumen Tomographie erlaubt ein räumliches Verständnis der abzubildenden Region (ROI) und ihrer Verbindungen zu den angrenzenden anatomischen Strukturen. Dadurch wird eine chirurgische Planung und Navigation sowie die computergestützte Fertigung einer Prothese des kompletten Kiefergelenks ermöglicht.

Auch kleine Veränderungen der Gelenkoberfläche können bereits in einem frühen Stadium erkannt und mit den Befunden der Weichgewebsstruktur des Gelenks, resultierend aus einer MRT-Aufnahme, in Beziehung gesetzt werden.

3.2 DVT Indikationen:

Die Indikationen für die Digitale Volumen Tomographie (DVT) sind identisch mit denen der konventionellen Röntgenaufnahme. Allerdings ist der Grad der Genauigkeit der DVT Darstellung signifikant höher und die Beurteilung der Aufnahmen dadurch umfassend (Abb. 9).

- Degenerative Veränderungen des Gelenks können erkannt und überwacht werden (Abb. 10)
- Versteifung des Kiefergelenks kann festgestellt (Abb. 11) und nach dem chirurgischen Eingriff überwacht werden (Abb. 12).

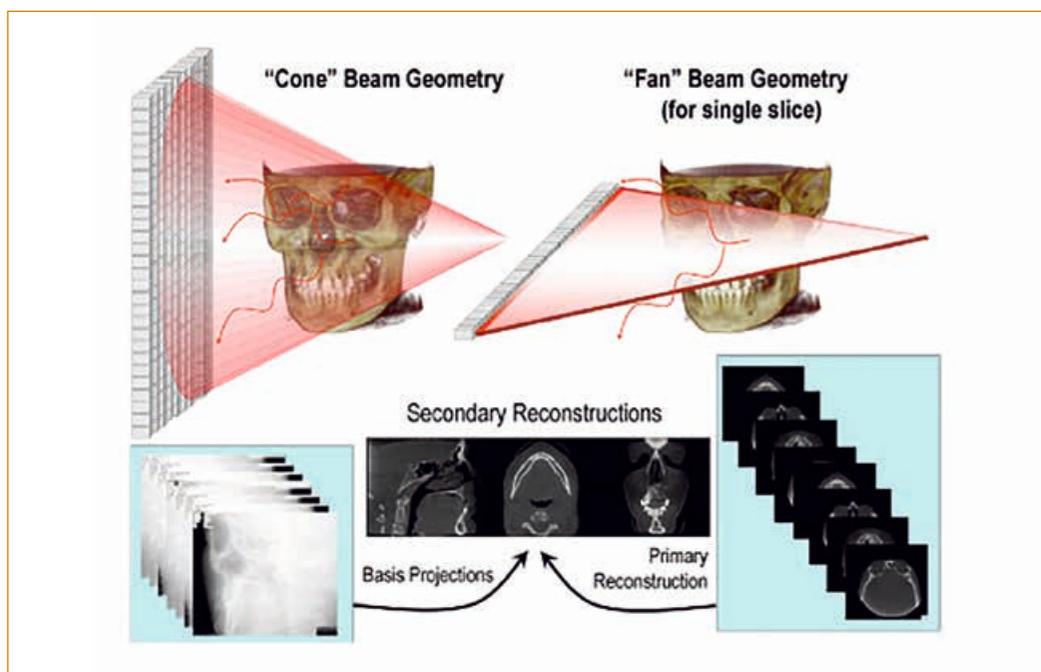


Abb. 8. DVT Projektionen und Rekonstruktionen (Hashimoto et al.⁽¹⁾)



Abb. 9: Die Beurteilung des Kiefergelenks anhand einer DVT-Aufnahme

3.3 Zusammenfassung von Vorteilen und Grenzen der Digitalen Volumen Tomographie (DVT):

- Umfassende 3D Bildgebung des Aufnahmebereichs
 - Präzise Berechnung der Position des Kieferköpfchens und seiner Lage zur eminentia articularis
 - Überwachung von Wachstumsstörungen des Unterkiefers (mit präzisen Messungen für ein follow-up)
 - Komplette Bildgebung der Gelenkoberflächen
 - Einfache Verbindung zur computergestützten Fertigung (CAD-CAM) mit Navigation und 3D Druck.
 - Diagnose eines Kiefergelenktraumas in der frontalen, sagittalen und axialen Ebene
- Einschränkungen:
- Eine Darstellung und Beurteilung der Vaskularität der abzubildenden Region mit injiziertem Kontrastmittel ist mit dem DVT nicht möglich
 - Eine Darstellung und Beurteilung des Weichgewebes des Kiefergelenks (Gelenkscheibe, Anhaftungen, Gelenkoberfläche) ist mit dem DVT nicht möglich



Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Dr. Dr. Henri Thuau

Dr. Dr. Henri Thuau ist Facharzt für Kopf & Hals sowie Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Seinen Abschluss erlangte er 1996 nach jahrelanger Ausbildung in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Gold Medal, Fellowship of the Royal College of Surgeons FRCS - Gold medal) an der Queen Mary's Universitätsklinik in London (1994-1996) sowie an dem Züricher Universitäts-spital (1990-1994).

Dr. Dr. Thuau ist doppelt approbiert als Arzt und Zahnarzt. Zu seinen Schwerpunkten zählen die ästhetische Gesichtschirurgie, die orale und faciale Rehabilitation, Korrekturen von Gesicht deformitäten und die orale Medizin mit Fokus auf die Diagnostik und Therapie oro-fazialer Karzinome. Weiterhin gehören nicht-invasive ästhetische Behandlungen des Gesichtes (Botulinumtoxin, Filler) zu seinem Behandlungsspektrum. Dr. Thuau ist Sekretär der European Association of Cranio-Maxillo-Facial Surgeons und war bis 2014 am Londoner Chelsea Westminster Krankenhaus als Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie tätig. Er ist Vizepräsident der French Association of Facial Surgeons.

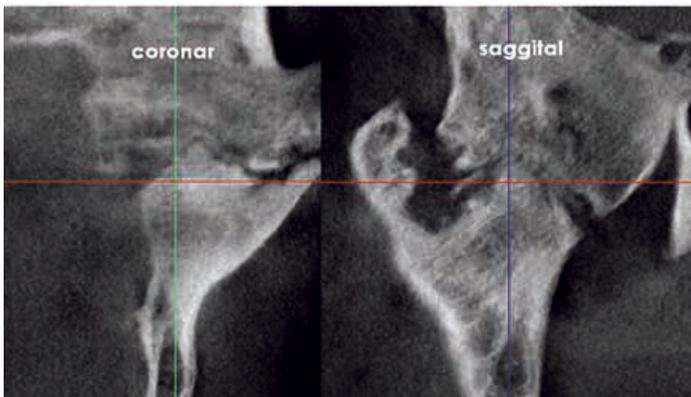


Abb. 11 Kiefergelenksankylose

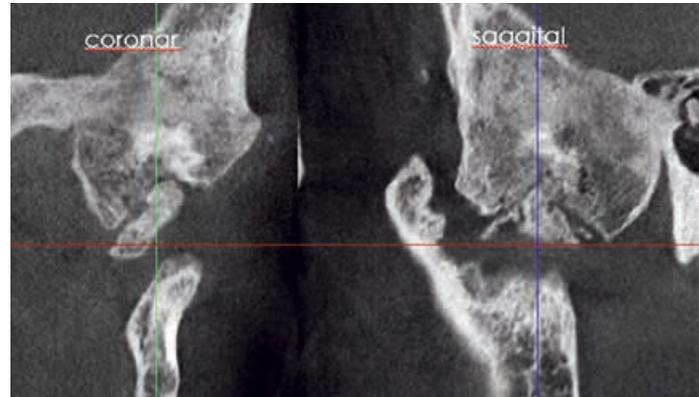


Abb. 12 Kiefergelenksankylose ein Jahr nach dem operativen Eingriff

Literatur:

- 1: Hashimoto et al: Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. J Oral Sci. 2006 Mar;48(1):27-34.
- 2: Barghan S. et al: Application of cone beam computed tomography for assessment of the temporomandibular joints. Aust Dent J. 2012 Mar;57 Suppl 1:109-18.
- 3: Loubele M. et al: Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. Eur J Radiol. 2009 Sep;71(3):461-8
- 4: Hussain AM et al: Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37:63-71
- 5: Aiken A et al: MR imaging of the temporomandibular joint. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2012 Aug;20(3):397-412.

4 Die Kernspintomographie (MRT) des Kiefergelenks**4.1 Funktionsweise des MRT**

Die Kernspintomographie gilt als der Gold Standard bei der Analyse von Weichgewebe⁽⁵⁾. Der größte Teil des menschlichen Körpers besteht aus Wassermolekülen, die wiederum aus Wasserstoff- und Sauerstoffatomen bestehen. Im Zentrum eines jeden Wasserstoffatoms steckt ein noch kleinerer Partikel, den man Proton nennt. Protonen sind wie winzige Magnete und reagieren stark auf magnetische Felder. Wenn man das Kiefergelenk den starken Magneten des Scanners aussetzt, richten sich die Protonen im Weichgewebe alle wie die Nadel eines Kompasses in derselben Richtung aus. Bereits kurze Stöße von Funkwellen bringen die Ausrichtung der Protonen durcheinander. Sobald die Funkwellen ausbleiben, richten sich die Protonen erneut aus. Dadurch werden Funksignale ausgesendet, die von einem Empfänger aufgenommen werden. Die dadurch entstehenden Signale geben Aufschluss über die ganz exakte Position der Protonen im Kiefergelenk und helfen, die verschiedenen Gewebetypen im Kiefergelenk zu unterscheiden. Die Protonen der jeweiligen Gewebearbeit unterscheiden sich in der Geschwindigkeit, mit der sie sich neu ausrichten und geben dadurch unterschiedliche Signale. In derselben Weise wie Millionen von Pixel auf einem Computerbildschirm ein komplexes Bild darstellen können, ergeben die Millionen Signale der einzelnen Protonen im Körper zusammengefasst ein detailliertes Abbild des Kiefergelenks.

4.2 Die wichtigsten Indikationen für ein MRT des Kiefergelenks:

- Luxation der Gelenkscheibe bei einer internen Fehlfunktion des Kiefergelenks im Bewegungsmodus: mit oder ohne Bewegungseinschränkung (Fig.13)
- Die dynamische Aufnahme der Beweglichkeit der Gelenkscheibe und die Wiederherstellung der Beweglichkeit ist im Falle einer Luxation der vorderen Gelenkscheibe wichtig für die Planung einer angemessenen Behandlung. Bei einer Unbeweglichkeit des Gelenks sollte ein chirurgischer Eingriff erfolgen, eine Bewegungseinschränkung kann konservativ behandelt werden.
- Zur Bewertung von Zustand und Entwicklung bei degenerativen Erkrankungen des Kiefergelenks (Abb. 14)

Von einer degenerativen Erkrankung des Kiefergelenks spricht man bei Veränderungen der Gelenkoberfläche, die zu einer Sklerose des Gewebes führt (anfängliche Abflachung des Gewebes, dann Auftreten von Gewebeabnutzung und schließlich Ausbildung von Osteophyten, die wiederum zu einem pathologischen Bewegungsgeräusch, dem so genannten Crepitus führen können), die Entwicklung von subchondralen Zysten.

- Differentialdiagnose von Geschwulsten und Tumoren



Fig. 13 Luxation der vorderen Gelenkscheibe



Abb. 14: degenerative Veränderungen des Kiefergelenks



Behandelnde Zahnärztin:

Dr. med. dent.
Nina van Sprundel

Allerdings ist eine MRT Aufnahme kontraindiziert, wenn im Körper des Patienten metallhaltige Implantate vorhanden sind, da diese während des Aufnahmevorganges erhitzen und sich bewegen könnten. Auch die Funktion von mechanischen oder elektronischen Implantaten könnte unterbrochen oder dauerhaft verändert werden. Der Einsatz eines MRTs ist außerdem kontraindiziert bei Geräten oder metallischen Fremdkörper im Körper des Patienten wie beispielsweise Metallklammern, Schrittmacher, cochlear Implantaten etc.

5 Fazit

Heutzutage stehen dem Arzt und Zahnarzt hoch entwickelte Screening- und Bildgebungsverfahren zur Darstellung des Kiefergelenks zur Verfügung.

In der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie bleibt die Panoramaschichtaufnahme das Mittel der Wahl für den ersten Schritt der Befundung, gefolgt von der DVT Aufnahme, um die Knochenstrukturen vollständig dreidimensional darzustellen.

Der MRT-Scan bleibt der Gold Standard, wenn es um die Abbildung des Weichgewebes und der Gelenk-Oberfläche im Kiefergelenk geht. Vorteilhaft an diesem Bildgebungsverfahren ist, dass keine Strahlung eingesetzt wird, allerdings kann es nicht angewendet werden, wenn der Patient metallhaltige Implantate in seinem Körper trägt.

Der kausale Bezug aller klinischen und paraklinischen (radiologischer Befund, MRT) Untersuchungsergebnisse wird dem Arzt ermöglichen, eine genaue Diagnose zu stellen und eine angemessene Therapie für den Patienten durchzuführen.

Dr. Nina van Sprundel studierte und promovierte an der Charité Berlin. Nach Tätigkeiten in Privatpraxen in Zug und Zürich hat sie bereits frühzeitig ihre Vision der eigenen Praxis realisiert. Heute ist sie erfolgreich in ihrem Business und in Zug, Schweiz, zu Hause. Ihr Fokus liegt auf der ästhetischen Zahnmedizin, Endodontie, Parodontologie und der Therapie von Bruxismus-Patienten. Mit ihrem eigenen Expertenteam deckt sie alle Aspekte der dentalen und orofazialen Rehabilitation ab.

Dr. Nina van Sprundel ist Mitglied in mehreren Fachgesellschaften:

- *Vorstandsmitglied der Zuger Zahnärztesgesellschaft (SSO Zug)*
- *Schweizer Zahnärztesgesellschaft (SSO)*
- *Deutsche Gesellschaft für Endodontie (DGET)*
- *Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGE)*
- *Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)*
- *Womens Esthetic Club Suisse*

Kontakt:

Zahnarztpraxis nicesmile
Bahnhofstrasse 7
CH-6340 Baar, ZG
Schweiz
www.nicesmile.ch