UPDATE

zu bildgebenden Verfahren in der Zahnmedizin

Ein Beitrag von Markus Bach und Dr. Georg Bach

Dr. Georg Bach
Infos zum Autor

Literatur

Teil zwei

Verfahren, die **nicht** auf ionisierender Strahlung fußen

[FACHBEITRAG]

Die bildgebende Diagnostik spielt in der modernen Zahnmedizin eine zentrale Rolle. Während Röntgenverfahren lange Zeit den Standard darstellten, wächst das Interesse an alternativen Techniken, die ohne ionisierende Strahlung auskommen. Der vorliegende Beitrag ist der zweite Teil einer zweiteiligen Darstellung. Teil 1 wurde in der *ZWP 11/25* veröffentlicht.

Hier gehts zu Teil 1 in *ZWP 11/25*.

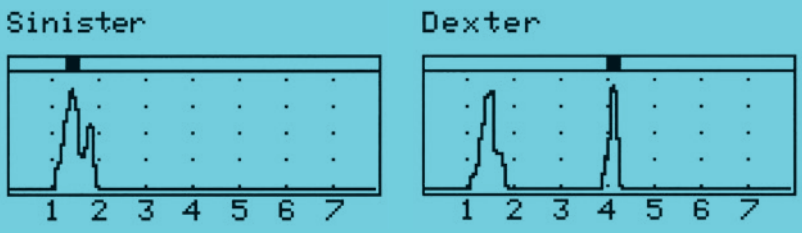
Methoden wie Magnetresonanztomografie und Ultraschall eröffnen neue Möglichkeiten zur Darstellung von Hart- und Weichgeweben, ohne die mit Strahlenexposition verbundenen Risiken. Ziel aktueller Forschung ist es, diese Verfahren hinsichtlich diagnostischer Genauigkeit, praktischer Anwendbarkeit und Patientensicherheit weiterzuentwickeln.

Sonografische Verfahren: A- und B-Scan-Ultraschallverfahren

Nicht auf ionisierender Strahlung fußende bildgebende Verfahren nahmen in den vergangenen Jahrzehnten in der zahnärztlich-oralchirurgischen Bilddiagnostik eine Außenseiterrolle ein. Ultraschalluntersuchnungen fanden und finden in den Praxen eher selten statt. Speziellen, zumeist chirurgischen Fragestellungen ist es zu verdanken, dass Ultraschalluntersuchungen dennoch zu den etablierten bildgebenden Verfahren in der ZMK gehören und zudem erhebliche Potenziale für weitergehende Anwendungen aufweisen.

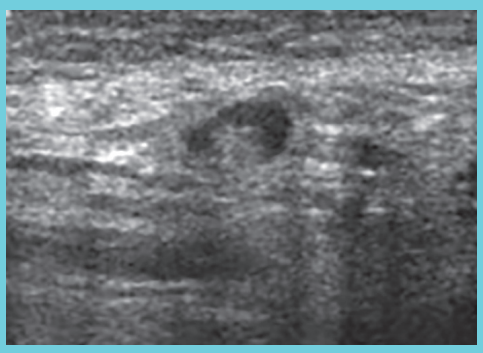
Ein Beispiel: Nach zahnärztlich-oralchirurgischen Eingriffen imponieren mitunter starke Schwellungszustände, deren Einordnung für den Therapeuten oftmals nicht einfach ist. Es kann sich hierbei um eine lediglich kontrollbedürftige ödematöse Schwellung handeln, aber auch um eine echte Komplikation, ein abszedierendes Geschehnis.

Die Frage einer Inzisions- und Drainagebedürftigkeit ist in solchen Fällen oftmals nicht leicht zu beantworten. Hier hat sich die B-Scan-Sonografie als ein nicht auf ionisierender Strahlung fußendes bildgebendes Verfahren etabliert.



Typischer A-Scan-Befund, das eindimensionale Ultraschallverfahren wird vor allem zur Diagnostik von Erkrankungen der Stirnhöhlen eingesetzt und funktioniert im Grunde nach dem Echolotprinzp. Ein Seitenvergleich (links/rechts) ist stets anzustreben.

Abbildungen: © Dr. Georg Bach



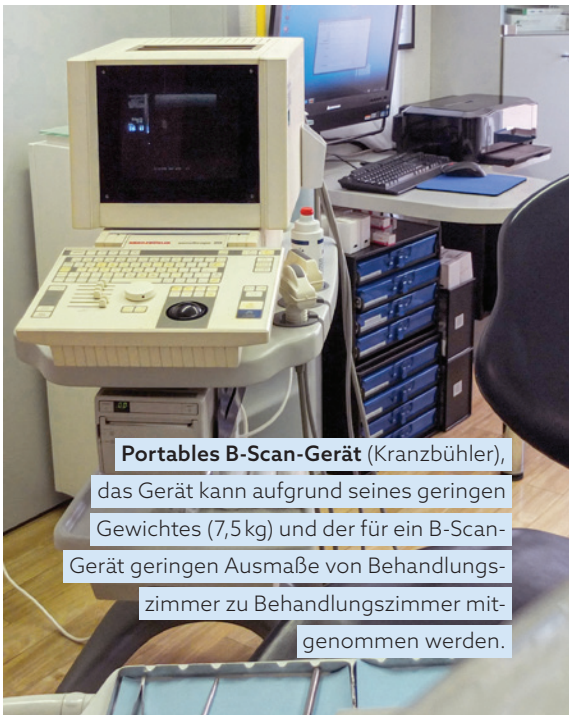
Typischer B-Scan-Befund, das über Helligkeitsstufen entstehende Bild wird in Echtzeit auf dem Monitor betrachtet, interessante Einstellungen können dann „eingefroren" und gespeichert werden.

Ein weiteres in der Zahnmedizin und Oralchirurgie zur Anwendung kommendes Verfahren ist der sogenannte A-Scan, der sich seit den Arbeiten von Mann et al. seit den 1970er-Jahren zur Erkennung und Kontrolle von Erkrankungen der Nasennebenhöhlen (vor allem der Kiefer- und Stirnhöhlen) etabliert hat.
Gut ein Jahrzehnt zuvor haben Baum et al. mit einer 1,5 MHz-Sonde versucht, die innere Struktur von Zähnen mittels Ultraschalltechnik darzustellen. Die hier erzielten Ergebnisse vermochten nicht zu überzeugen, ebenso wenig wie die Ergebnisse, die mit einige Jahre später entwickelten SDM-Gerät der Firma Krupp Medizintechnik (Essen) erzielt werden konnten. Dieses hatte die Diagnostik von Zahnfrakturen, Kiefer- und Gesichtsfrakturen und Knochendefekten im Fokus.
Während die Ultraschalldiagnostik knöcherner und weiterer Hartgewebsstrukturen von wenig Erfolg gekrönt war, wurden Ultraschallverfahren für die Untersuchung von Weichteilstrukturen umfassend weiterentwickelt und in Form von A- und B-Scan-Verfahren in die zahnärztliche bildgebende Diagnostik eingeführt.
Beide sonografischen Verfahren sind somit aus der zahnärztlich-oralchirurgischen Diagnostik nicht mehr wegzudenken.

Grundlagen der Ultraschalluntersuchung

Ultraschalltechnik verwendet akustische Wellen, die eingekoppelt, im menschlichen Körper übertragen und dann zurückgestreut, oder zum Sender reflektiert werden, wenn sie auf Gewebeabschnittsstellen treffen. Ultraschallwellen entstehen durch den Einsatz von piezoelektrischen Materialien die elektrische Energie in mechanische Schwingungen umwandeln.
Ein typisches Ultraschallgerät nutzt einen sogenannten Transducer, der aus einem piezoelektrischen Kristall besteht. Wenn an diesen Kristall elektrische Spannung angelegt wird, resultiert eine Änderung der Kristallform. Er dehnt sich und zieht sich zusammen. Aus einer schnellen wiederholten Änderung der Kristallform resultieren mechanische Schwingungen, die sich als Ultraschallwellen ausbreiten. Die im Schallkopf (Sonde) erzeugten Wellen werden in kurzen, gerichteten Impulsen in die zu untersuchende Region gesendet. Die durchlaufenden Gewebe setzen der Schallwellenausbreitung unterschiedliche Widerstände entgegen (Impedanz), hieraus resultieren differenzierte Reflexions- und Streuungsverhalten (Echogenität).
Flüssigkeiten (z. B. Blut) sind wenig echogen, sie werden im Ultraschallbild dunkel/schwarz dargestellt. Knochen und Luft hingegen reflektieren den Ultraschall stärker und erscheinen im Monitorbild weiß/hell.
Die reflektierten und gestreuten Ultraschallwellen werden von der Sonde detektiert, in elektrische Signale umgewandelt und mittels spezieller Software für eine bildliche Darstellung aufbereitet.

Der Bildinhalt der Monitordarstellung besteht aus Graustufenpixeln, deren Intensität einen Hinweis auf die qualitative Schallmenge gibt, die von jeder einzelnen anatomischen Stelle reflektiert, oder aber auch zurückgestreut wird.[1,2,5,7] Besonders an Grenzflächen zweier Gewebe mit unterschiedlicher Impedanz kommt es zu starken Reflexionen. Deshalb wird vor der Untersuchung mit der Sonde ein stark wasserhaltiges Gel auf die betreffenden Hautareal aufgetragen. Damit wird sichergestellt, dass die in der Sonde erzeugten Ultraschallwellen ohne ansonsten drohende, störende Lufteinschlüsse in den Körper gelangen (einkoppeln) und später wieder empfangen werden können.[7]



Portables B-Scan-Gerät (Kranzbühler), das Gerät kann aufgrund seines geringen Gewichtes (7,5 kg) und der für ein B-Scan-Gerät geringen Ausmaße von Behandlungszimmer zu Behandlungszimmer mitgenommen werden.

Ultraschallverfahren in der zahnärztlich-oralchirurgischen Diagnostik

1. A-Scan-Sonografie

Der A-Scan (A = Amplituden-moduliertes Verfahren) ist ein recht einfaches, eindimensionales Ultraschallverfahren, dessen Funktionsweise dem Echolotprinzip ähnelt.

Der Schallkopf ist Sender und Empfänger zugleich. Die Geräte sind relativ klein dimensioniert, üblicherweise sind Grundgerät (mit Monitor) und Schallkopf getrennt, es gibt aber auch ultrakompakte einteilige Geräte.

In unserem Fachgebiet werden vornehmlich Schallköpfe im Bereich von 3,5 bis 4,5 MHz eingesetzt. Die A-Scan-Sonografie dient in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde zur Darstellung von Lumenobstruktionen im Nasennebenhöhlenbereich. Die Technik der Untersuchung ist relativ einfach zu erlernen.

2. B-Scan-Sonografie

Die B-Scan-Sonografie (B = Brightness-moduliertes Verfahren) kann zur Weichteildarstellung im Kopf-Hals-Bereich eingesetzt werden.

Gut darzustellen sind Schwellungen, abszedierende Geschehnisse, geschwollene Lymphknoten, die Schilddrüse, Muskelzüge und die großen Kopfspeicheldrüsen. Auf dem Monitor des Gerätes wird ein Schnittbild der untersuchten Region wiedergegeben. Die Geräte sind voluminöser als A-Scan-Geräte, vor allem durch den deutlich größeren Monitor bedingt, der das Bild (eine Rechnerleistung des Gerätes) wiedergibt. In unserem Fachbereich werden vornehmlich Schallköpfe mit einer Frequenz von 5 bis 10 MHz eingesetzt.

Im Gegensatz zur A-Scan-Sonografie, die am sitzenden Patienten erfolgt, wird die B-Scan-Sonografie am liegenden Patienten durchgeführt. Auch in der Untersuchungstechnik unterscheiden sich die beiden in unserem Fachgebiet genutzten Ultraschallverfahren – die B-Scan-Sonografie ist weitaus anspruchsvoller zu erlernen und durchzuführen.

Voraussetzung für eine gelungene B-Scan-Untersuchung ist eine gute Kenntnis der anatomischen Strukturen in der zu untersuchenden Region, sowie ein hohes Maß an Erfahrung, da es sich um ein dynamisches bildgebendes Verfahren handelt.

Anhand reproduzierbarer Referenzpunkte muss der Behandler sich von der gesunden zur vermutlich pathologischen Struktur heranarbeiten, um diese letztendlich in verschiedenen Ebenen darzustellen.

Ultraschalldiagnostik ist ein „Echtzeitverfahren", welches neben einer exakten Kenntnis der zu untersuchenden Strukturen auch ein gewisses physikalisch-technisches Verständnis (mehr für die B-Scan-, als für die A-Scan-Sonografie) voraussetzt.

Dabei ist gerade für die-, bzw. denjenigen, die/der mit Ultraschallbefundungen beginnt, Einstellungen von Bedeutung, die stets reproduzierbare Ultraschall(schnitt)bilder liefern. Hierbei ist die Nutzung von Standardeinstellungen von erheblichem Nutzen.

3. A-Scan-Standardeinstellung

Das Areal, in welchem eine A-Scan-Sonografie der Kieferhöhle erfolgen kann, ist eng begrenzt. Der Schallkopf wird möglichst senkrecht eine Daumenbreite neben dem Nasenflügel auf die Wange aufgesetzt und während der dynamischen Untersuchung maximal 7 Millimeter nach zentral und basal gefahren. Ausschließlich in diesem Bereich ergibt die Sonografie einen auswertbaren Befund.

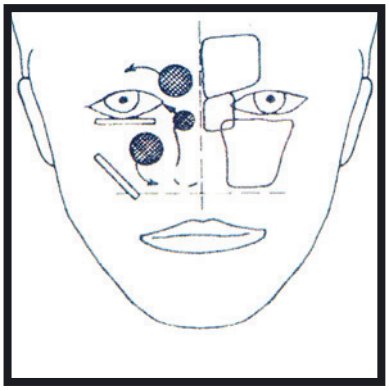
<u>Platzierung des Schallkopfes – Untersuchung des Patienten</u>

Abbildung 1 zeigt die Platzierung des Schallkopfes im Schema. Der Patient sitzt während der Ultraschalluntersuchung dem Untersucher in aufrechter Position gegenüber. Der Untersucher platziert den Schallkopf und betrachtet während der Untersuchung den Monitor des A-Scan-Gerätes, wobei er ständig die Position des Schallkopfes zu kontrollieren hat.



© Dr. Georg Bach

All-in-one-A-Scan-Gerät der neuesten Generation. Monitor, Schallkopf und Grundgerät sind in einem Gehäuse verbaut. ein Ausdruck der gespeicherten Bilder, bzw. deren Speicherung in einem digitalen Medium erfolgt über ein USB-Kabel. Die geringen Ausmaße und das einfache Handling des Gerätes erleichtern die Integration dieses für die Zahnmedizin und Kieferchirurgie eher außergewöhnlichen bildgebenden Verfahrens in den Praxisalltag.



© Dr. Georg Bach

Abb. 1: Schema I – A-Scan-Standardeinstellung mit Platzierung des Schallkopfes in einem recht umgrenzten Raum.

HENRY SCHEIN®
DENTAL

TECHNISCHER SERVICE
ZERTIFIZIERT
nach EN ISO



DER WARTUNGSVERTRAG – WENIGER STÖRUNGEN, MEHR PLANBARKEIT

Sparen Sie sich Geld und Nerven. Mit dem Wartungsvertrag von Henry Schein erhalten Sie das beruhigende Gefühl von Sicherheit, dass es in Ihrer Praxis läuft. Weil wir für Sie vorsorgen, bevor der technische Notfall eintritt.

GUTER SERVICE HAT KEINE ÖFFNUNGSZEITEN.
Nutzen Sie unsere ServiceFirst App für den direkten und einfachsten Zugang zu unseren Services – und das rund um die Uhr.



6 MONATE **KOSTENLOS** SERVICEFIRST APP **TESTEN**

Sicherheit, auf die Sie sich verlassen können.

hsmag.de/servicefirstprint

A-Scan (amplitudenmoduliert) ist ein recht einfaches, eindimensionales Ultraschallverfahren, in der die hohe Echogenität geschallter pathologischer Strukturen (in der Regel polypöse Kieferhöhlenschleimhaut, welche sich entzündlich geschwollen ins Kieferhöhlenlumen vorwölbt) durch Reflexion der Ultraschallwellen verursacht wird.

4. B-Scan-Standardeinstellungen

Im Vergleich zum eindimensionalen A-Scan-Verfahren ist der B-Scan weitaus komplizierter. Hier liegt ein zweidimensionales Ultraschallverfahren vor, das über Helligkeitsstufen moduliert wird (B seht für Brightness). Das Bild kann dann in Echtzeit auf einem Monitor betrachtet werden.

Der Patient wird (auf dem Behandlungsstuhl) liegend untersucht, am besten mit leicht überstrecktem Kopf. Das hierbei gewonnene Bild ist in der Interpretation anspruchsvoll, vor allem angesichts der Vielzahl sich überlagernder und nahe beieinander liegender Strukturen. Auch die Platzierung des Schallkopfes auf das zu untersuchende Gewebe ist nicht von unerheblicher Bedeutung. Die gleiche Region ergibt ein stark differierendes Bild, je nachdem ob der Schallkopf längs, oder quer platziert wird. Für den wenig geübten Untersucher sind deshalb die Orientierungen in der Topografie und das Betonen, bzw. Herausarbeiten pathologischer Strukturen durchaus schwierig.

Erschwerend kommt hinzu, dass oftmals – um verifizierbare Aussagen treffen zu können – ein Seitenvergleich erforderlich ist, was eine weitere Untersuchung zur Folge hat.

Unseren Erfahrungen zufolge haben sich drei Grundeinstellungen bewährt, welche eine rasche Orientierung des Untersuchenden erlauben und auch die Strukturen erfassen, die im zahnärztlich-kieferchirurgischen Bereich von Bedeutung sind.

<u>Ramus-Parallelschnitt</u>

Diese Einstellung ergibt ein Schnittbild durch den Mundboden am Kieferwinkel. Die Abbildung 2 zeigt die Schallkopfplatzierung und eine Durchzeichnung eines typischen Sonogramms mit den darstellbaren Strukturen: Kranial gelegen ist das Platysma, mittig gelegen stellt sich die Unterkieferspeicheldrüse dar, kranial davon die Mandibula mit Schallschatten. In der Tiefe liegt der Musculus genioglossus mit der Zungenbinnenmuskulatur.

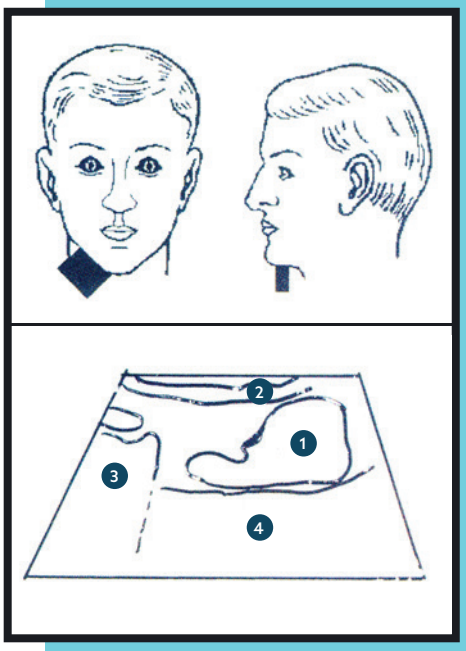
<u>Paramandibulärer Schnitt</u>

Der Schallkopf (Transducer) wird paramandibulär auf den Mundboden aufgesetzt. Die Abbildung 3 zeigt die entsprechende Schallkopfplatzierung und die Durchzeichnung eines typischen Sonogramms dieser Einstellung. Kaudal stellen sich Fettgewebe, der Musculus digastricus und der Musculus mylohyoideus dar. Dorsal des Echos der Mandibula liegt die Glandula sublingualis. Die mächtige kraniale Begrenzung stellt den Musculus genioglossus mit der Zungenbinnenmuskulatur dar.

<u>Korpusbasis-Parallelschnitt</u>

Der Schallkopf wird parallel zur Korpusbasis in der Höhe des Kieferwinkels halsseitig aufgesetzt. Die Abbildung 4 zeigt die Durchzeichnung eines entsprechenden typischen Sonogramms und die Schemazeichnung der Positionierung des Schallkopfes.

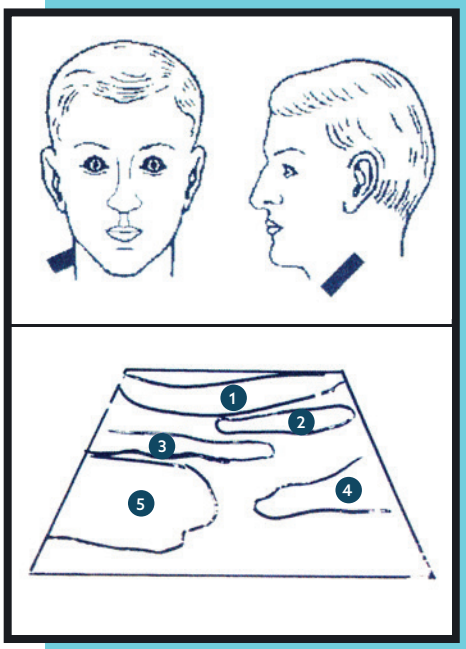
Im B-Scan-Bild imponiert zentral die Darstellung der Glandula submandibularis. Die lateral-kaudale Begrenzung stellt das Platysma dar, ventral liegen der Musculus mylohyoideus, sowie der Musculus digastricus. Dorsal stellt sich die Mandibula mit einem vom Transducer abgewandten Schallschatten dar.



© Dr. Georg Bach

Abb. 2: B-Scan-Standardeinstellung und Durchzeichnung – Befund: **Ramus-Parallelschnitt**.

Legende:
1 = Glandula submandibularis
2 = Platysma
3 = Mandibula
4 = Musculus genioglossus



© Dr. Georg Bach

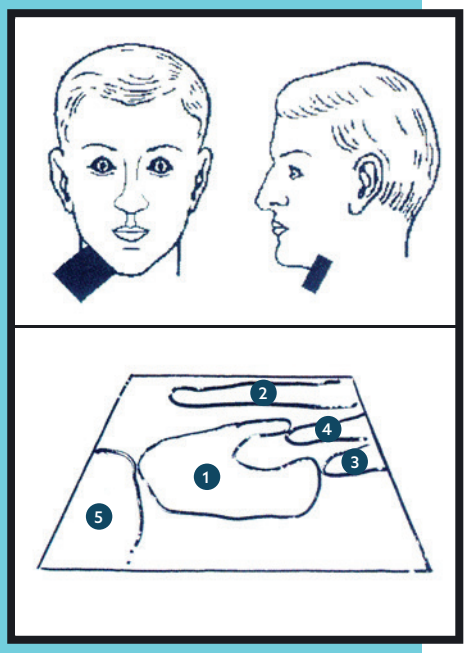
Abb. 3: B-Scan-Standardeinstellung und Durchzeichnung – Befund: **Paramandibulärschnitt**.

Legende:
1 = Fettgewebe
2 = Musculus digastricus
3 = Musculus mylohyoideus
4 = Mandibula
5 = Musculus genioglossus

UP-DATE

A- und B-Scan-Untersuchungen sind ideale Ergänzungen zur zwei- und dreidimensionalen Röntgendiagnostik auf zahnärztlich-oralchirurgischem Gebiet.

Das amplitudenmodulierte Verfahren (A-Scan) ist zur Diagnostik von Lumenobstruktionen und entzündlichen Geschehnissen im Nasennebenhöhlenbereich geeignet, das über Helligkeitsstufen (Brightness) modulierte Verfahren (B-Scan) zur Abszessdiagnostik in der Mundhöhle und im Kopf-Hals-Bereich, aber auch zur Verifizierung unklarer Schwellungen und bei der Metastasensuche von Malignomen des Mundes.



© Dr. Georg Bach

Abb. 4: B-Scan-Standardeinstellung und Durchzeichnung – Befund: **Korpusbasis-Parallelschnitt**.

Legende:
1 = Glandula submandibularis
2 = Platysma
3 = Musculus digastricus
4 = Musculus mylohyoideus
5 = Mandibula

Das dentale MRT

Die erstmalige Präsentation eines speziell für die zahnmedizinische Anwendung entwickelten Magnetresonanztomografie-Systems (MRT) im Rahmen des Jahreskongresses der European Academy of Dentomaxillofacial Radiology (EADMFR) 2024 in Freiburg im Breisgau markiert einen bedeutenden Meilenstein in der bildgebenden Zahnmedizin. Vorgestellt wurde das System durch eine Kooperation von Dentsply Sirona und Siemens Healthineers. Im Fokus der Präsentation standen zwei zentrale Aspekte: die vollständige Strahlenfreiheit sowie der erweiterte diagnostische Zugang insbesondere zur Weichgewebsdarstellung im orofazialen Bereich.
Der Einführung des sogenannten Magnetom Free.Max dental edition (ddMRI) ging eine nahezu zwei Jahrzehnte andauernde Forschungs- und Entwicklungsphase voraus. Bereits Anfang 2023 wurde ein erstes Expertensymposium mit Schwerpunkt auf dentaler MRT-Diagnostik abgehalten. Die dort präsentierten Ergebnisse überzeugten derart, dass eine koordinierte Forschungsinitiative unter Einbeziehung universitärer Partner beschlossen wurde.
Ein signifikanter Beitrag zur Weiterentwicklung des dentalen MRT stammt aus einem Forschungsprojekt unter Leitung von Prof. Dr. Rubens Spin-Neto an der Universität Aarhus, Dänemark. Dort wurde ein modifiziertes Niederfeldgerät der Free.Max-Serie installiert. Die Arbeiten konzentrierten sich neben der Hardwareoptimierung (unter anderem Empfangsspulen) auch auf die Entwicklung zahnmedizinisch spezifischer Workflows.[9]

Technische Merkmale und Innovationen

Die ddMRI-Einheit unterscheidet sich konzeptionell und funktional von klassischen MRT-Systemen mit 1,5 oder 3,0 Tesla Feldstärke. Das für dentale Anwendungen konzipierte System arbeitet mit lediglich 0,55 Tesla, was durch softwarebasierte Signalverarbeitung (inklusive KI-gestützter Algorithmen zur Bildverbesserung und Datenakquisition) kompensiert wird. Diese Reduktion erlaubt nicht nur eine kompaktere Bauweise, sondern senkt auch den Energieverbrauch und Ressourcenbedarf. So liegt der Heliumverbrauch bei lediglich 0,7 Litern über die gesamte Gerätelebensdauer – im Vergleich zu bis zu 200 Litern bei konventionellen Systemen.
Trotz dieser Fortschritte ist das System mit einem Platzbedarf von rund 24 Quadratmetern und einem Gewicht von 32 Tonnen aktuell primär für universitäre Einrichtungen und Zahnkliniken geeignet. Eine praxisgerechte Miniaturisierung bleibt ein zentrales Entwicklungsziel.

Klinische Relevanz – strahlenfreie Bildgebung

Der entscheidende Vorteil des dentalen MRT liegt in der vollständigen Strahlenfreiheit. Im Gegensatz zu bildgebenden Verfahren wie DVT (digitale Volumentomografie) oder CT (Computertomografie), bei denen ionisierende Strahlung zum Einsatz kommt, arbeitet das MRT auf Basis starker Magnetfelder, welche die Ausrichtung von Wasserstoffprotonen im Gewebe induzieren. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer rechtfertigenden Indikation gemäß dem ALARA- oder ALADA-Prinzip, was insbesondere in der Kinderzahnheilkunde, Kieferorthopädie, konservierenden Zahnmedizin sowie der onkologischen Nachsorge von Bedeutung ist.[10,11]

Potenzielle Indikationen in Oralchirurgie und Implantologie

Oralchirurgie

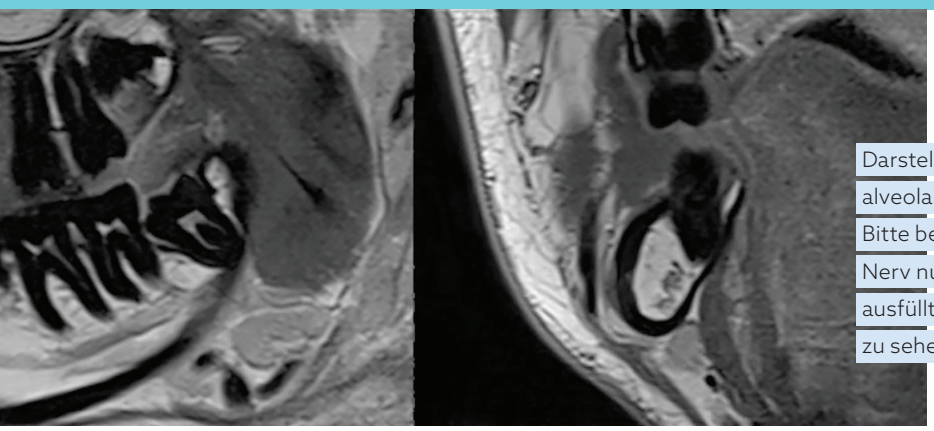
Die präzise Darstellung des Nervus alveolaris inferior im Canalis mandibulae erlaubt eine risikominimierte Planung chirurgischer Eingriffe, etwa bei Weisheitszahnextraktionen.[12] Auch die Detektion weichteilbasierter Pathologien wie Tumoren oder Zysten profitiert von der hohen Gewebekontrastauflösung des MRT.[13–15] Studien belegen die Überlegenheit der MRT insbesondere bei Läsionen mit hohem Weichteilanteil.[16,17]

Implantologie

Im Rahmen der präimplantologischen Diagnostik ermöglicht das ddMRI die exakte Lokalisierung nervaler und vaskulärer Strukturen sowie die Weichgewebsvisualisierung, z. B. der periimplantären Gingiva. Erste Studien zeigen, dass durch Kombination mit CAD/CAM-Technologien eine präzise, sogar „guided" Implantatsetzung realisierbar ist – trotz der im Vergleich zum CT traditionell geringeren Aussagekraft hinsichtlich der Knochenstruktur.[18–21] Eine Hybridstrategie aus ddMRI zur Weichteildarstellung und CT zur knöchernen Analyse wird derzeit als praktikabler Kombinationsansatz evaluiert.

3D-Darstellung und funktionelle Diagnostik

Dank neuer Sequenzprotokolle ist die dreidimensionale Rekonstruktion der erfassten MRT-Daten heute auch im dentomaxillofazialen Bereich möglich. Neben anatomischer 3D-Bildgebung erlaubt das ddMRI auch funktionelle Darstellungen, etwa zur Beurteilung von Bewegungsstörungen im Kiefergelenk (MRT-Kinematik). Dies eröffnet neue diagnostische Wege z. B. bei CMD-Erkrankungen.[22,23]



Darstellung der Nervbeziehung des alveolaris mandibulae zum Weisheitszahn 38. Bitte beachten Sie, dass der eigentliche Nerv nur teilweise das Lumen des Kanals ausfüllt, was auf dem Röntgenbild nicht zu sehen gewesen wäre!

Limitationen und Perspektiven

Zu den derzeitigen Einschränkungen zählt die längere Akquisitionszeit pro Sequenz sowie die hohe Sensitivität gegenüber Bewegungsartefakten. Fortschritte in schnellen Bildgebungsprotokollen (zum Beispiel durch parallele Bildgebung oder KI-basierte Rekonstruktionsalgorithmen) könnten hier künftig Abhilfe schaffen.[25–27] Ein weiteres Hindernis ist die eingeschränkte Darstellung mineralisierter Strukturen – etwa von Zahnkronen oder Knochen – obwohl neue Sequenzentwicklungen und KI-gestützte Postprozesse vielversprechende Ansätze bieten.[24] Zudem bleibt die Integration der Technologie in den klinischen Alltag eine Herausforderung, bedingt durch hohe Kosten, Platzbedarf und infrastrukturelle Anforderungen. Aktuelle Entwicklungen – wie das Free.Max-Konzept mit Dry-Cool-Technologie – deuten jedoch auf eine zunehmende Praxistauglichkeit hin.[28]

Magnetom Free.Max dental edition (ddMRI)

„Diese Technik hat enormes Potenzial."

(Dr. Monika Probst, Neuroradiologin)

Schlussfolgerung

Die Einführung des ddMRI stellt einen paradigmatischen Wandel in der zahnmedizinischen Bildgebung dar. Der vollständige Verzicht auf ionisierende Strahlung, die hervorragende Weichteildarstellung und die Perspektive funktioneller Diagnostik eröffnen neue klinische Anwendungsfelder. Die bisherigen Entwicklungen deuten auf ein erhebliches Innovationspotenzial hin – insbesondere in der pädiatrischen Zahnheilkunde, der Implantologie und der Tumornachsorge.[29] Wie die Neuroradiologin Dr. Monika Probst treffend sagte: „Diese Technik hat enormes Potenzial."

Bilder zu weiteren ddMRI-Aufnahmen gibts auf ZWP online.

Danksagung: Die Autoren bedanken sich bei Prof. Dr. Rubens Spin-Neto (Aarhus, Dänemark) und Prof. Dr. Ralf Schulze (Bern, Schweiz) für die Überlassung von ddMRI-Aufnahmen.



Medentcon.de

Exklusiv für Mehrbehandlerpraxen

WIE ERFOLGREICHE MEHRBEHANDLERPRAXEN DEN SPRUNG ZUR EXZELLENTEN PRAXIS SCHAFFEN.

Dieses Wachstumssystem zeigt, wie Inhaber von Mehrbehandlerpraxen durch drei klare Schritte ihre eigene Arbeitszeit reduzieren, während Umsatz und Gewinn steigen – und eine Praxis entsteht, die ohne den Inhaber reibungslos funktioniert.

Lesen Sie in der aktuellen ZWP auf Seite 80-82, wie Dr. Sandro Strößner dieses Wachstumssystem umgesetzt hat – und warum es für seine Mehrbehandlerpraxis zum Wendepunkt wurde.