

A. Kasaja^a, B. Willershausen^b

Digital Volume Tomography for Diagnostics in Periodontology

Diagnostische Möglichkeiten der digitalen Volumentomographie in der Parodontologie

a Dr. med. dent., Department of Conservative Dentistry and Periodontology, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany

b Prof. Dr. med. dent. Dipl.-Chem., Department of Conservative Dentistry and Periodontology, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany

Zusammenfassung

Der Einfluss der röntgenologischen Darstellung hinsichtlich Diagnostik und Therapie von Parodontalerkrankungen blieb über Jahrzehnte weitgehend unverändert. Die parodontale Röntgendiagnostik basiert bisher meist noch auf der traditionellen zweidimensionalen Darstellung des Alveolarknochens. Seit kurzem ist nun die digitale Volumentomographie (DVT) als neues Untersuchungsverfahren im Kopf-Hals-Bereich verfügbar. Ein erheblicher Vorteil der digitalen Volumentomographie im Gegensatz zur konventionellen Computertomographie (CT) ist dabei durch die deutlich reduzierte Strahlenbelastung sowie eine verbesserte Qualität der Darstellung gegeben. Diese Aufnahmetechnik ermöglicht in nur einer Untersuchung eine dreidimensionale Rekonstruktion sowie die Darstellung von axialen, frontalen und sagittalen Schnitten bei einer Schichtdicke von 0,125 bis 2 mm. Die Einsatzmöglichkeiten der DVT liegen vorrangig in der präimplantologischen Diagnostik, der Kieferorthopädie sowie in der Darstellung der Kiefergelenke. Klinische Untersuchungen hinsichtlich möglicher Anwendungsbereiche der DVT in der Parodontologie befinden sich noch in Arbeit. Möglichkeiten

Abstract

The impact of radiographic imaging on the diagnosis and treatment of periodontal disease has essentially remained unchanged for decades. Thus, periodontal diagnosis relies primarily on traditional two-dimensional representation of the alveolar bone. Recently, digital volume tomography (DVT) has been introduced for head and neck applications. Major advantages of the DVT are a markedly reduced radiation exposure and superior image quality when compared to conventional computed tomography (CT). With this device, three-dimensional sectional images in the axial, frontal and sagittal plane can be obtained at one examination with tomographic slices of widths ranging from 0.125 to 2 mm. Clinical applications of this unit have been reported for implant site imaging, orthodontics, and temporomandibular joint imaging. Investigations regarding the usefulness of DVT for periodontal applications are still in progress. Thus, a field of interest for the use in periodontology might be the imaging of periodontal intrabony defects, dehiscence and fenestration defects, periodontal cysts as well as the diagnosis of furcation-involved molars.

Keywords: periodontal disease, alveolar bone loss, three-dimensional imaging, computed tomography, digital volume tomography.

Introduction

The use of radiographic imaging as an adjunct to clinical examination represents a valuable aid in the diagnosis of periodontal disease, the determination of its prognosis, and the assessment of treatment outcomes. Its main purpose is to assess important anatomic structures such as the alveolar bone in order to reveal the pattern and extent of interdental and interradicular bone resorption, root length, periodontal ligament space and any changes in the periapical region. Assessment of radiographic bone height is commonly represented by the linear measurement from the cemento-enamel junction to the alveolar bone crest (in mm). Furthermore, radiographs are useful in identifying related factors, such as calculus or overhanging restorations. The most commonly used modalities for periodontal diagnostics include panoramic radiography, bitewings and periapical radiographs, all of which can provide important diagnostic information. The best possible periapical radiographs are obtained in conjunction with the paralleling extension cone method, which might be sometimes difficult to achieve due to anatomic factors, eg, in the maxillary molar regions.⁸ However, all these radiographic methods are limited due to the two-dimensional representation of a three-dimensional object as well as the need of a substantial mineral loss (30% to 50%) before bone loss can be detected. Important aspects of the alveolar bone may be undetected as a result of the superimposition of teeth and anatomic structures. Another limitation is the difficulty in detection and quantitative assessment of 2-wall and 3-wall intrabony defects as well as the destruction of the buccal and/or the lingual plate.^{14,15} In addition, radiographic measurements tend to be slightly smaller than intrasurgical direct measurements. Thus, the findings of Eickholz and Hausmann² comparing radiographs to presurgical measurements demonstrated that bone loss may be underestimated by ca 1.5 mm. Further limitations are the misdirection of the central x-ray beam as well as exposure errors which might further limit the accuracy of these radiographic techniques.

der Anwendung in der Parodontologie bieten sich in der Darstellung intraossärer parodontaler Defekte, Dehizens- und Fenestrationsdefekten, parodontalen Zysten sowie bei der Diagnostik furkationsbefallener Molaren.

Schlüsselwörter: Parodontale Erkrankungen, Alveolar-knochenverlust, dreidimensionale Bilddarstellung, Computertomographie, digitale Volumetomographie.

Einleitung

Der Einsatz der Röntgendiagnostik zusätzlich zur klinischen Befunderhebung stellt eine wesentliche Unterstützung bei der Diagnostik von Parodontalerkrankungen dar, sowie auch zur Beurteilung der Prognose und des Therapieerfolges. Die Hauptanforderung ist dabei die Darstellung wichtiger anatomischer Strukturen, insbesondere des Alveolarknochens, um Form und Ausmaß von interdentalen und interradikulärem Knochenabbau, Länge der Wurzeln, Parodontalspalt und jegliche Veränderungen in der periapikalen Region beurteilen zu können. Die Bewertung der röntgenologischen Knochenhöhe erfolgt dabei in der Regel als lineare Messung der Distanz zwischen Schmelz-Zement-Grenze und dem Limbus alveolaris (in mm). Des Weiteren erscheinen Röntgenbilder als hilfreich bei der Beurteilung assoziierter Befunde, wie z. B. Zahnstein oder überhängende Füllungsänderungen. Die häufigsten Aufnahmen bei der parodontalen Röntgendiagnostik sind dabei die Panoramaschichtaufnahmen, Bissflügel- und periapikale Aufnahmen, welche allesamt wichtige diagnostische Informationen liefern können. Die besten periapikalen Aufnahmen können dabei durch Anwendung der Rechtwinkel-Parallel-Technik erreicht werden, welche jedoch bisweilen aufgrund von anatomischen Gegebenheiten, wie z. B. in der oberen Molarenregion, schwierig zu realisieren sind.⁸ Allerdings sind diese röntgenologischen Methoden eingeschränkt durch die zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Objektes sowie der Notwendigkeit eines substanziellen Mineralverlustes (30–50 %), bevor ein Knochenabbau diagnostiziert werden kann. Weiterhin können wichtige Aspekte des Alveolarknochens unerkannt bleiben aufgrund von gegenseitigen Überlagerungen von Zähnen und anatomischen Strukturen. Zusätzlich erweist sich die Darstel-

lung und Beurteilung von 2- und 3-wandigen intraosären Defekten sowie die Destruktion der bukkalen und/oder lingualen Knochenwand als äußerst schwierig.^{14,15} Die röntgenologischen Messungen erscheinen zudem geringer im Vergleich zur direkten intraoperativen Messung. So berichteten Eickholz & Hausmann², dass bei einem direkten Vergleich von Röntgenbildern und präoperativen Messungen der Knochenabbau um etwa 1,5 mm unterschätzt wurde. Weitere Einschränkungen sind mögliche Abweichungen des Zentralstrahlenbündels sowie Fehler in der Strahlenexposition, die eine verzerrungsfreie Darstellung mit diesen Röntgentechniken erschweren. In Hinblick auf diese Einschränkungen wurde die Computertomographie (CT) als mögliches Verfahren zur axialen und dreidimensionalen Darstellung von Knochenstrukturen ohne Überlagerungen und Verzerrungen eingeführt. Die Computertomographie wurde bisher erfolgreich zur Darstellung der Kiefergelenke, der Diagnose von Tumoren und der Evaluation von oralen Knochendefekten und des vorliegenden präimplantologischen Knochenangebots eingesetzt. Mögliche Anwendungsbereiche wurden auch in der Kieferorthopädie, Endodontie und der Parodontologie beschrieben. Die CT-Geräte benutzen eine rotierende Röntgenröhre zur Darstellung axialer Schnitte mit geringer Schichtdicke. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass die CT-Technologie eine akurate und präzise Methode zur Darstellung der Alveolarknochenhöhe und von Knochendefekten darstellt.^{5,12,13} Trotzdem erscheint diese Technik aufgrund der hohen Kosten der Geräte und der hohen Strahlenbelastung als ungeeignet für den alltäglichen Gebrauch in der Zahnarztpraxis. In mehreren Studien konnte belegt werden, dass die effektive Dosis bei der Computertomographie zur Darstellung von Mandibula/Maxilla höher liegt als bei der konventionellen Röntgenaufnahme.^{3,4} Beim CT ist zudem die Darstellung sehr kleiner Strukturen eingeschränkt aufgrund von Schichtdicken, die im Bereich von 1–2 mm liegen. Seit kurzem steht uns die sogenannte Cone Beam-Technik (CB), auch digitale Volumentomographie (DVT) genannt, bei der Anwendung im Kopf- und Halsbereich zur Verfügung. Im Gegensatz zur Computertomographie wird bei der digitalen Volumentomographie ein konusförmiger Strahlungskegel in Verbindung mit einer Bildverstärkerröhre eingesetzt. Ein erheblicher Vorteil der digitalen Volumentomographie liegt in der verminderten Strahlenbelastung im Vergleich

In order to address these limitations, computed tomography (CT) has been explored to enable a cross-sectional and three-dimensional analysis of osseous structures without overlay or distortion. Computed tomography has been used for imaging of the temporomandibular joint, diagnosis of tumors, evaluating oral osseous lesions and implant site imaging. Possible applications have been investigated also in orthodontics, endodontics and periodontology. The CT machines use a rotating fan beam to image a thin slice of the patient in an axial orientation. In several studies, it has been demonstrated that CT technology is an accurate and precise method for imaging alveolar bone height and intrabony defects.^{5,12,13} However, due to the high machine costs and the high radiation, the technique is impractical for use in the dentist's office. Several studies have demonstrated that the effective dose of computed tomography for imaging the mandible and/or maxilla is much higher when compared to conventional radiography.^{3,4} Furthermore, the ability of CT machines to visualize very small details remains limited, usually not more than 1 to 2 mm.

Recently, so-called cone beam computed tomography (CBCT), also called digital volume tomography (DVT), has been developed and introduced for head and neck applications. As opposed to computed tomography, digital volume tomography consists of a conical radiographic source and a high-performance panel detector. A major advantage of digital volume tomography is its considerably lower effective doses than CT, particularly when just a small volume is examined.⁷ Main applications of digital volume tomography include implant site evaluation, orthodontics, oral/maxillofacial surgery and temporomandibular joint imaging. Its potential applications in periodontology have been investigated in some studies, primarily its accuracy in identifying interproximal periodontal defects.^{10,11}

Technique and function

Although several machines are commercially available at present, one (3D Accuitomo, J. Morita, Kyoto, Japan) is also made to display small parts of the jawbone with an image size which is similar to that of conventional dental films. The 3D Accuitomo, a limited-volume cone-beam computed tomography system, was developed on the

platform of SCANORA (Sordex Orion Corporation, Helsinki, Finland), a multimodal tomographic system for dental imaging. The apparatus itself is similar in size to a panoramic machine and consists of a conical radiographic source and a high-resolution digital flat panel detector. The image produced by the digital volume tomograph 3D Accuitomo allows small pathologic changes to be visualized, due to its high resolution and tomographic slices of width ranging from 0.125 to 2 mm. The resolution is greater than 2 line pairs per mm in all 3 perpendicular planes (axial, coronal, sagittal) and a low voxel size of 0.125 mm per side ensures a high image quality. 12-bit image processing of the flat panel detector enables the projection of 4096 gray increments as compared to 256 gray increments in 8-bit technology, producing a high level of contrast. Through a single 360-degree rotation of the tube and the sensor, projection data are collected for image reconstruction from a cylinder with a height of 30 mm and a diameter of 40 mm. The exposure time is thereby about 18 seconds, radiation is similar to that of a conventional panoramic film exposure (shooting range 40 x 40mm), and considerably lower than in CT.⁷ A software program (i-Dixel; J. Morita, Kyoto, Japan) incorporating sophisticated algorithms is applied to the raw image data to generate 3D images, which can be displayed on the computer monitor (Fig 1). With this method, axial, coronal and sagittal images can be obtained at one examination compared to only axial sections by use of conventional CT. An additional feature is that the software allows images to be exported and viewed in 3D, which might be helpful when referring data to other dentists or specialists.

Diagnostic cases

A few diagnostic cases are presented below to demonstrate the possible clinical applicability of digital volume tomography as a diagnostic technique for the assessment of periodontal alveolar bone changes.

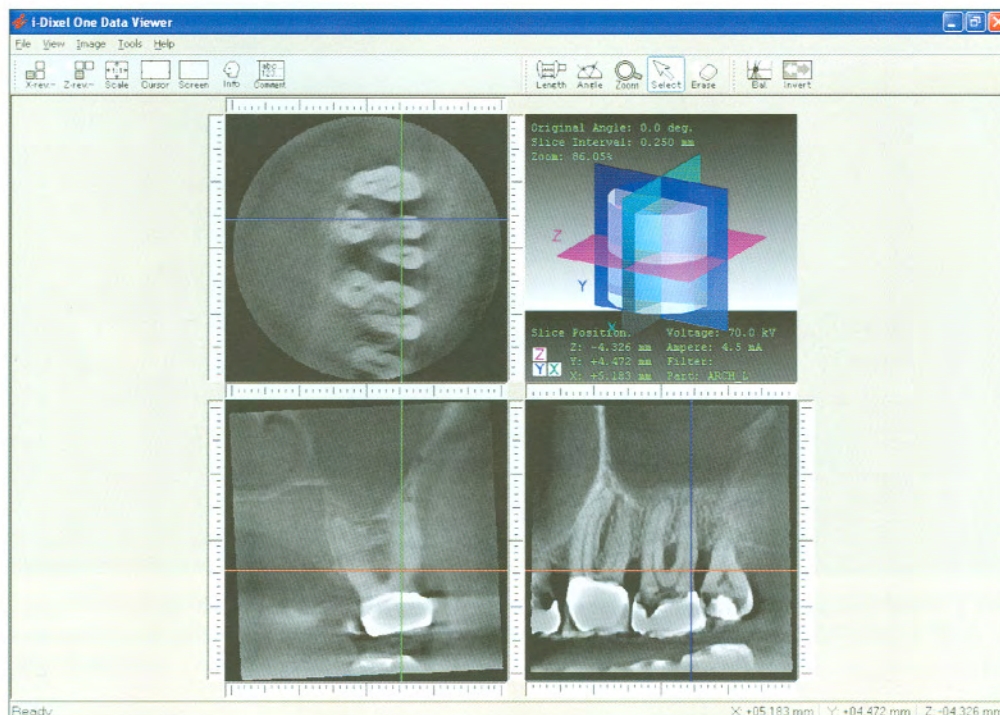
Case 1: A 56-year-old man, suffering from generalized moderate chronic periodontitis was referred for periodontal treatment in our department. The panoramic radiograph exhibited generalized horizontal bone loss with a vertical bone loss on the mesial surface of tooth 15 (Fig 2). However, the vertical defect appeared rather unclear on the panoramic radiograph. To evaluate the extent of the

zur konventionellen Computertomographie, insbesondere wenn nur geringe Volumina dargestellt werden.⁷ Die zahnärztlichen Indikationen für die Anwendung der digitalen Volumentomographie liegen in der Evaluation des präimplantologischen Knochenangebots, im Bereich der Kieferorthopädie, der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie der Darstellung von Kiefergelenkskrankungen. Eine mögliche Anwendung in der Parodontologie, insbesondere die Genauigkeit bei der Darstellung von intraossären parodontalen Defekten, wurde bereits in ersten Studien untersucht.^{10, 11}

Technik und Funktion

Obwohl bereits zu diesem Zeitpunkt mehrere Geräte kommerziell auf dem Markt erhältlich sind, wird besonders ein Gerät (3D Accuitomo, J. Morita Corp., Kyoto, Japan) auch für die Darstellung von kleineren Kieferabschnitten, die von der Bildgröße einem konventionellen Zahnfilm entsprechen, eingesetzt. Das 3D Accuitomo, ein Cone Beam-System mit limitiertem Aufnahmevolumen, wurde auf der Basis von SCANORA (Sordex Orion Corporation, Helsinki, Finnland), einem multifunktionalen Röntgenschnittgerät, das speziell für den Kieferbereich konzipiert wurde, entwickelt. Die Größe des Gerätes entspricht einem konventionellen Panoramaschnittgerät; es arbeitet mit einem konusförmigem Strahlenbündel und einem hochauflösenden Flachbilddetektor. Die Bilddarstellung mit dem digitalen Volumentomographen 3D Accuitomo ermöglicht zudem aufgrund der hohen Auflösung bei einer Schichtdicke zwischen 0,125 und 2 mm die Visualisierung kleinster pathologischer Veränderungen. Die Auflösung liegt bei mehr als 2 Linienpaaren pro Millimeter in allen drei Ebenen (axial, koronal, sagittal) und sorgt zusammen mit der niedrigen Voxelgröße von 0,125 mm für eine hohe Bildqualität. Durch den 12 Bit-Standard des Flachbilddetektors ist eine Projektion von 4.096 Graustufen möglich, was zu einem hohen Kontrastgrad führt, während bei der 8 Bit-Technologie nur 256 Graustufen dargestellt werden können. Durch eine 360°-Rotation der Röntgenröhre und des Sensors um den Kopf des Patienten erfolgt die Erstellung eines Rohdatensatzes, der einem Zylinder mit einer Höhe von 30 mm und einem Durchmesser von 40 mm entspricht. Die gesamte Expositionszeit beträgt etwa 18 s mit einer durchschnittlichen Strahlenbelastung, die in etwa einer konven-

Fig 1 Digital volume tomography image with the user interface of i-Dixel software. Abb. 1 Aufnahme mittels digitaler Volumentomographie mit der Benutzeroberfläche des i-Dixel-Programms.



tionellen Panoramaschichtaufnahme entspricht (Aufnahmebereich 40 x 40 mm) und deutlich geringer ausfällt als bei der Computertomographie.⁷ Die Rekonstruktion der Rohdaten zu einem dreidimensionalen Datensatz erfolgt durch die Algorithmen des Softwareprogramms (i-Dixel; J.Morita Corp., Kyoto, Japan) und kann anschließend auf dem Computermonitor ausgewertet werden (Abb. 1). Mit dieser Methode können in nur einer Untersuchung axiale, koronale und sagittale Schnitte hergestellt werden, während bei der konventionellen Computertomographie nur axiale Schichten erzeugt werden können. Ein zusätzlicher Vorteil der digitalen Volumentomographie ist, dass durch die Software Datenmaterial exportiert werden und von einem anderen Zahnarzt/Zahnärztin oder Spezialisten jederzeit in 3-D wieder abgerufen werden kann.

Diagnostische Beispiele

Nachfolgend werden einige Beispiele zur möglichen klinischen Anwendung der digitalen Volumentomographie als diagnostisches Hilfsmittel bei der Darstellung von Veränderungen parodontaler Strukturen präsentiert.

vertical bone loss and to decide whether a regenerative periodontal procedure should be considered, a radiological examination was performed with digital volume tomography. The 3D image clearly demonstrated that the vertical bone loss was a deep circumferential defect, reaching to the apical third of the root, making periodontal regenerative therapy impractical (Figs 2a to 2c). The size of the defect showed a hopeless tooth prognosis, and the patient thus received dental implants.

Case 2: A 63-year-old female patient with chronic periodontitis presented for possible treatment especially of the periodontally involved molars in the right maxillary quadrant. The panoramic radiograph could not visualize periodontal alveolar bone changes in the furcation area of teeth 16 and 17 (Fig 3). In contrast, the DVT scan demonstrated at tooth 17 a through-and-through furcation from the buccal aspect as well as from the mesio/distal palatal aspect, combined with a horizontal bone loss down to the apical third of the tooth (Figs 3a to 3c). At tooth 16, degree-III furcation involvement was found from the mesial/distal palatal aspect of the tooth (Figs 3a to 3c). Thus, tooth 17 was extracted, whereas at tooth 16, a resective therapy of the palatal root leaving the two buccal roots was performed.

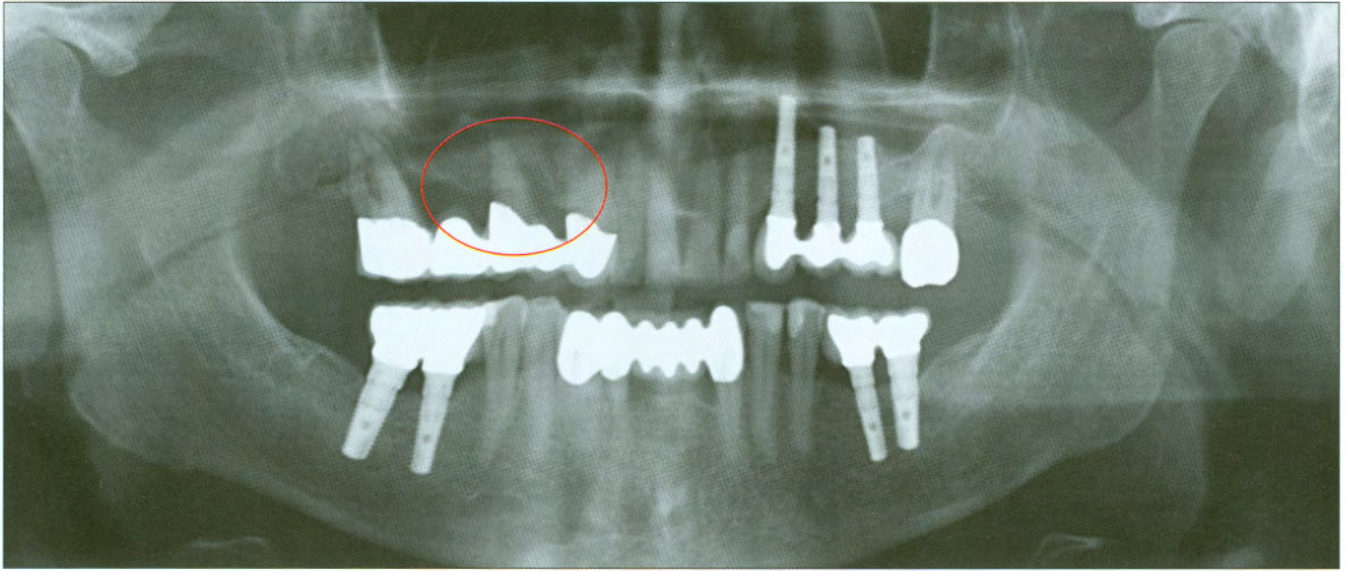


Fig 2 Initial panoramic radiograph: Horizontal and vertical bone loss on tooth 15.

Abb. 2 Initiale Panoramaschichtaufnahme mit horizontalem und vertikalen Knochenabbau an Zahn 15.

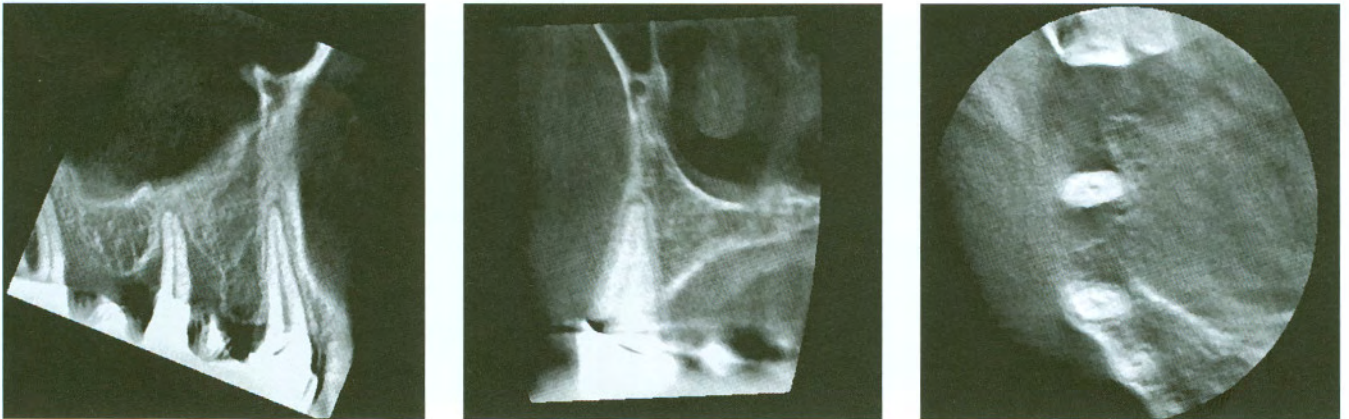


Fig 2a-c The intrabony lesion clearly visible in 3 perpendicular planes.

Abb. 2a-c Deutliche Darstellung eines intraossären Defektes in allen 3 Ebenen.

Case 3: A 52-year-old male with a diagnosed deep angular bony defect on tooth 41 was referred by his dentist to our department for additional treatment. The panoramic radiograph demonstrated an angular bony defect on the distal aspect of the tooth (Fig 4). To exhibit the amount of bone loss and the configuration of the bony defect a DVT scan was performed. The image displayed a large 1-wall intrabony defect with loss of the buccal and lingual bone plate, which could be seen clearly in all 3 perpen-

Beispiel 1: Ein 56-jähriger Patient stellte sich mit der Diagnose einer generalisierten moderaten chronischen Parodontitis zur Parodontalbehandlung vor. Die Panoramaschichtaufnahme zeigte einen generalisierten horizontalen Knochenverlust, kombiniert mit einem vertikalen Knocheneinbruch mesial von Zahn 15 (Abb. 2). Die Aufnahme konnte jedoch keine ausreichende Information zur Ausdehnung des Defektes liefern. Um das Ausmaß des vertikalen Knochenverlustes beurteilen zu können, der

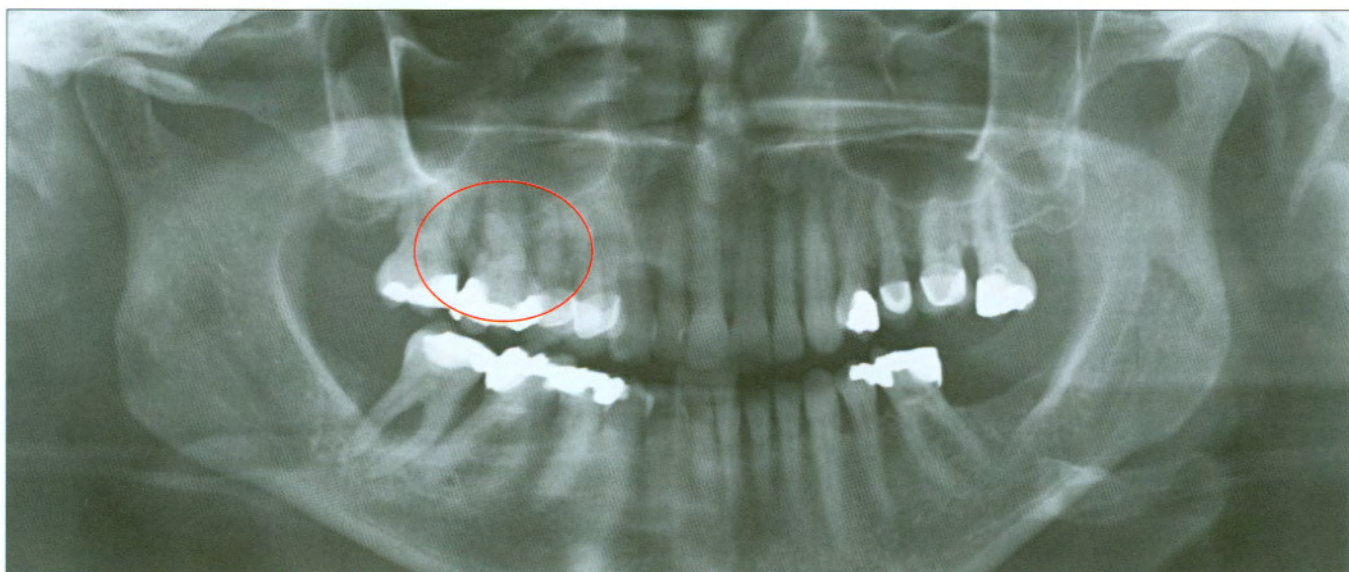


Fig 3 The interradicular lesions of the first and second molar were not detected in the panoramic radiograph.
Abb. 3 Die interradikulären Läsionen im Bereich des ersten und zweiten Oberkiefermolaren konnten auf der Panoramaschichtaufnahme nicht eindeutig diagnostiziert werden.



Fig 3a–c The Accuitomo images clearly demonstrated alveolar bone changes in the furcation area of the first and second molar.
Abb. 3a–c Deutliche Darstellung des interradikulären Knochenverlustes bei beiden Oberkiefermolaren auf der Accuitomo-Aufnahme.

eventuell für regenerative parodontalchirurgische Maßnahmen in Frage käme, wurde ein DVT angefertigt. Die Aufnahme zeigte einen tiefen vertikalen Knocheneinbruch, der sich zirkulär bis in das apikale Wurzel Drittel ausdehnte und somit ungeeignet für eine regenerative Parodontaltherapie erschien (Abb. 2a–c). Die Größe des Defektes ergab eine hoffnungslose Prognose für den Zahn, so dass der Zahn extrahiert und anschließend implantologisch versorgt wurde.

dicular planes (Figs 4a to 4c). Regenerative periodontal treatment was performed successfully by using enamel matrix protein derivative (Fig 5).

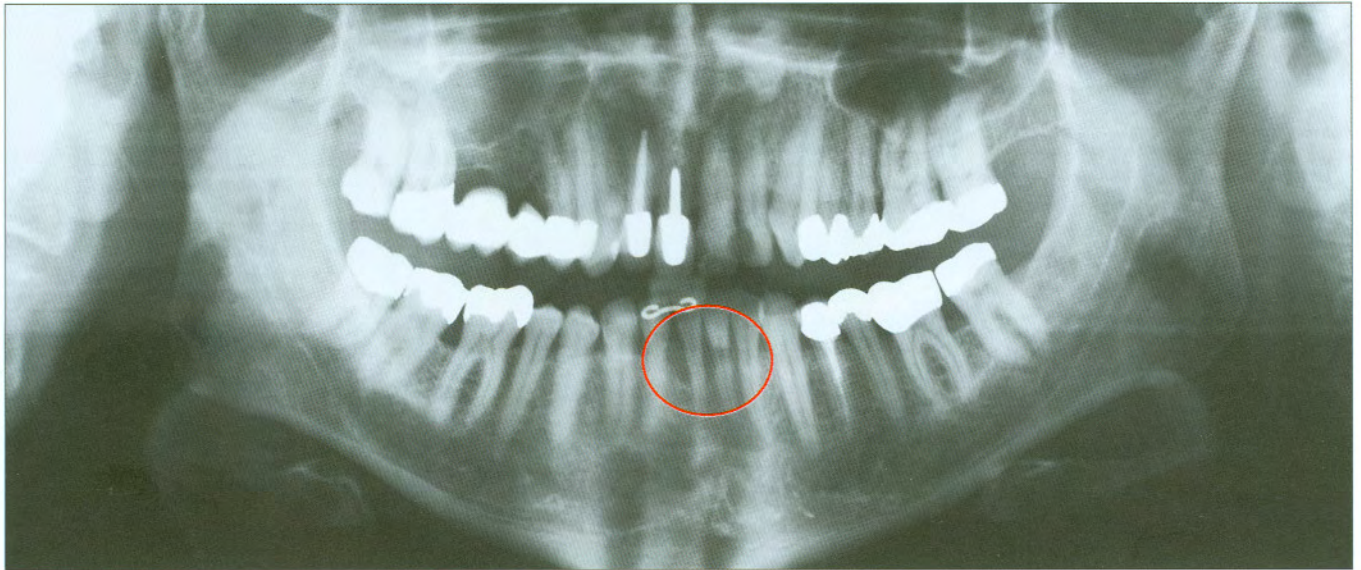


Fig 4 Initial panoramic radiograph presenting vertical bone loss on tooth 41.

Abb. 4 Panoramaschichtaufnahme eines 52-jährigen Patienten mit einem vertikalen Knochenabbau an Zahn 41.

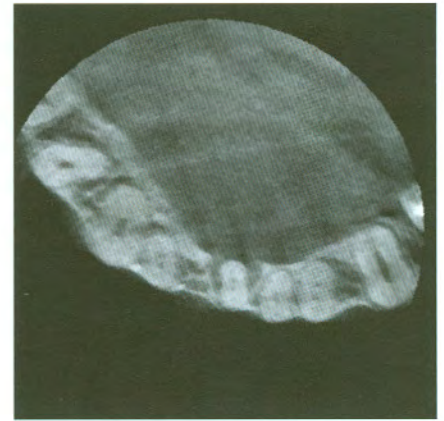
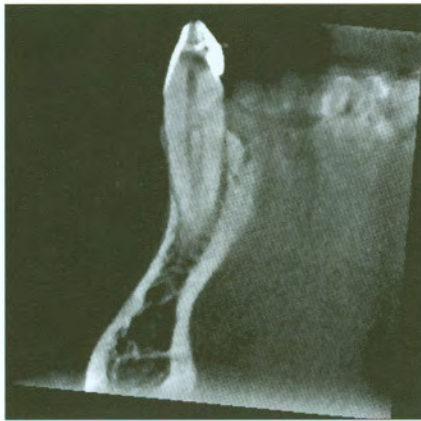
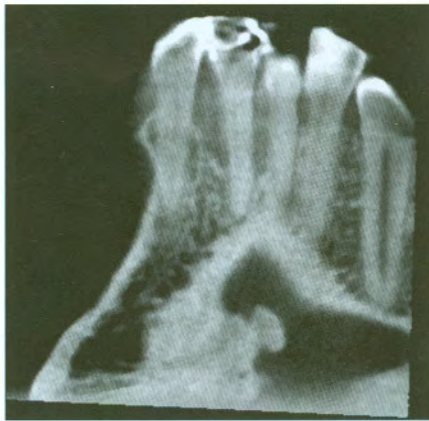


Fig 4a-c The DVT image demonstrated the extent of the periodontal intrabony defect in 3 perpendicular planes, which was suitable for regenerative periodontal treatment.

Abb. 4a-c Die DVT-Aufnahme zeigte das Ausmaß des Knochendefektes in allen drei Ebenen, der als geeignet erschien für eine regenerative Parodontaltherapie.

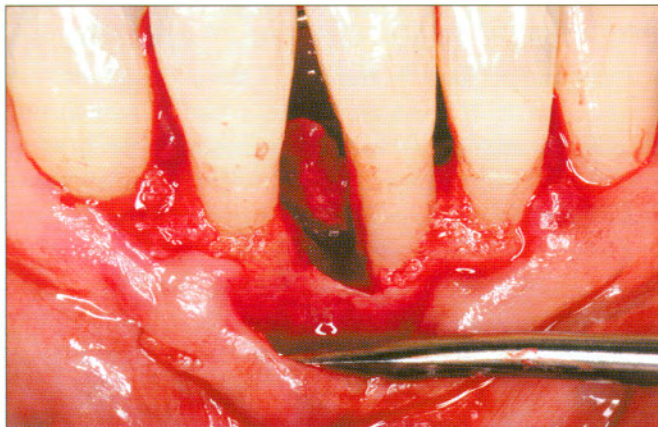


Fig 5 Intraoperative view of the periodontal intrabony defect.

Abb. 5 Intraoperative Darstellung des intraossären Defektes.

Beispiel 2: Eine 63-jährige Patientin stellte sich mit einer chronischen Parodontitis zur möglichen Behandlung der stark parodontalgeschädigten Molaren im 1. Quadranten vor. Die Panoramaschichtaufnahme konnte keinen parodontalen Knochenabbau im Furkationsbereich der Zähne 16 und 17 aufzeigen (Abb. 3). Ein DVT konnte hingegen eindeutig eine durchgängige Furkation an Zahn 17 von bukkal als auch von mesiopalatal und distopalatal kombiniert mit einem horizontalen Knochenabbau bis in das apikale Wurzeldrittel zeigen (Abb. 3a–c). An Zahn 16 zeigte sich eine Furkationsbeteiligung Grad III von mesiopalatal und distopalatal (Abb. 3a–c). Zahn 17 wurde extrahiert, während an Zahn 16 eine Wurzelamputation der palatinalen Wurzel mit Erhalt der beiden bukkalen Wurzeln durchgeführt wurde.

Beispiel 3: Ein 52-jähriger Patient mit der Diagnose eines tiefen intraossären Defektes an Zahn 41 wurde von seinem Hauszahnarzt an die Universitätszahnklinik überwiesen. Die Panoramaschichtaufnahme demonstrierte einen angulären Knochendefekt auf der distalen Seite des Zahnes (Abb. 4). Zur Abschätzung der Ausdehnung sowie der Konfiguration des Knochendefektes wurde ein DVT angefertigt. Die Aufnahme zeigte eindeutig einen 1-wandigen Knochendefekt mit Verlust der bukkalen und lingualen Knochenplatte, was deutlich auf allen 3 Schnittebenen ersichtlich war (Abb. 4a–c). Regenerative parodontalchirurgische Maßnahmen konnten anschließend erfolgreich durch den Einsatz von Schmelz-Matrix-Proteinen durchgeführt werden (Abb. 5).

Beispiel 4: Bei dieser 59-jährigen Patientin mit einer generalisierten, fortgeschrittenen chronischen Parodontitis deutete die Panoramaschichtaufnahme auf eine mögliche Furkationsbeteiligung der distobukkalen Wurzel an Zahn 26 hin (Abb. 6). Die Aufnahme des Accutomo hingegen konnte keine Furkationsbeteiligung der Zähne 26 und 27 nachweisen (Abb. 6a–c). Trotz des fortgeschrittenen horizontalen Knochenabbaus an den Zähnen 24–27 konnte auf den axialen und frontalen Schnitten der DVT-Aufnahmen kein interrädikulärer Knochenabbau festgestellt werden und die Furkationen waren geschlossen. Die Patientin wurde mittels scaling/root planing ohne zusätzliche parodontalchirurgische Maßnahmen behandelt.

Case 4: In this 59-year-old female patient suffering from generalized advanced chronic periodontitis, the panoramic radiograph indicated a possible furcation involvement of the disto-buccal root of tooth 26 (Fig 6). However, the Accutomo image clearly showed that there was no furcation involvement at tooth 26 and 27 (Figs 6a to 6c). Despite the advanced horizontal alveolar bone loss between teeth 24 to 27, the axial and frontal views of the DVT demonstrated no interradicular bone loss exhibiting still closed furcations. The patient was treated by means of scaling and root planing without any additional periodontal surgical procedures.

Case 5: A 60-year-old male patient with the diagnosis of generalized advanced chronic periodontitis presented himself for periodontal treatment. The panoramic radiograph displayed a generalized horizontal bone loss with an angular bony defect on tooth 23 (Fig 7). In region 26, a radiolucency in the furcation area suggested a possible interradicular alveolar bone loss, but which remained unclear. With the help of DVT images, an interradicular alveolar bone loss between the buccal roots as well as on the mesial aspect of the palatal root was visualized. The axial and frontal views clearly demonstrated that there was not a through-and-through furcation lesion involved, which made treatment planning easier (Figs 7a to 7c). Thus, the class II furcation was treated by means of a guided tissue regeneration procedure.

Discussion

The introduction of digital volume tomography has expanded the diagnostic possibilities in dentistry, addressing the limitations of current radiographic methods. With this diagnostic tool, pathological changes can be recognized at an earlier stage compared to conventional radiographic methods. Although digital volume tomography has been increasingly used in dental surgery, its application for imaging periodontal alveolar bone changes has to date been limited.¹⁶ Thus, possible applications of the DVT scans in the diagnosis and treatment of periodontal disease might be the imaging of periodontal intrabony defects, dehiscence and fenestration defects, periodontal cysts, as well as the diagnosis of furcation-involved molars. The potential application for diagnosis of periodontal bone level has been investigated only in a few

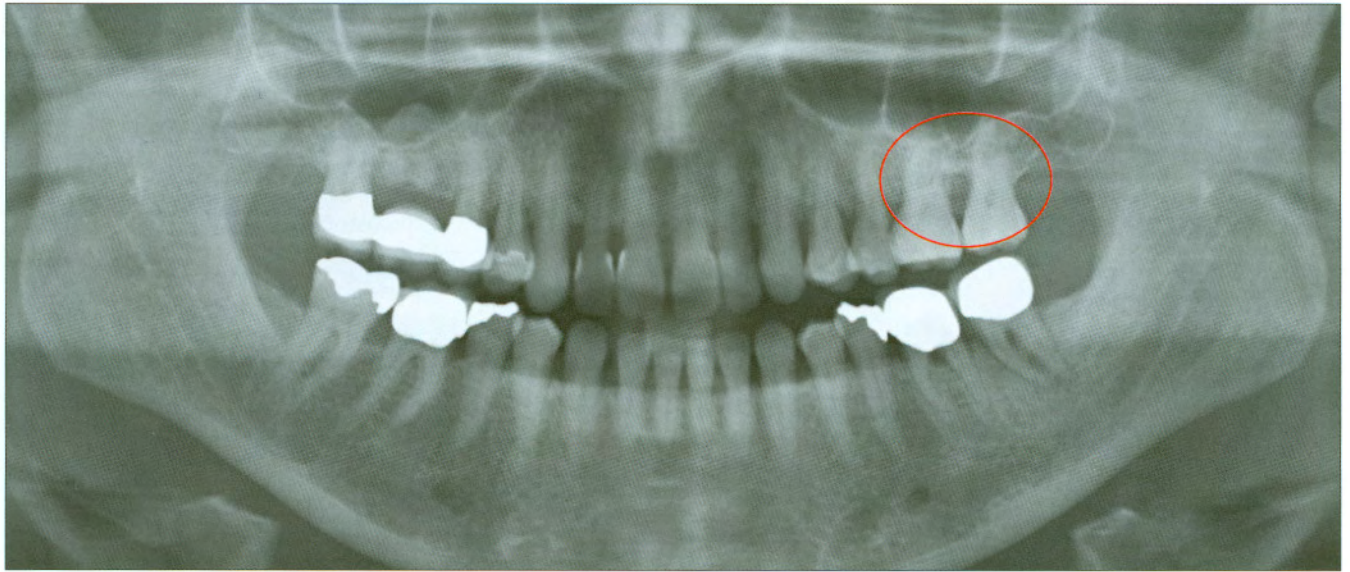


Fig 6 Initial panoramic radiograph suggesting a furcation involvement on tooth 26.
 Abb. 6 Die Panoramascichtaufnahme gibt eine Furkationsbeteiligung an Zahn 26 vor.

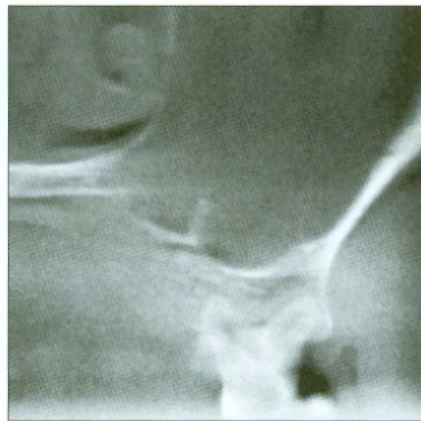
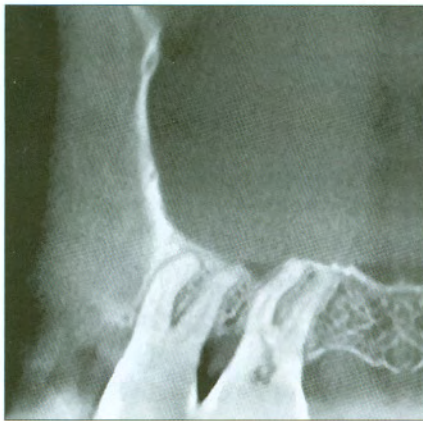


Fig 6a–c On the DVT images no interradicular bone changes could be observed on the frontal, sagittal and axial layers.
 Abb. 6a–c Auf den Aufnahmen mittels DVT war kein Knochenabbau in den frontalen, sagittalen und axialen Schichten feststellbar.

studies.^{5,10,11} These studies demonstrated that the DVT assessment of periodontal defects is accurate and precise without overlay and distortion. In terms of image quality, the DVT scans were even superior to conventional CT scans presenting the periodontal ligament space in all 3 perpendicular planes.¹⁰ Furthermore, it was demonstrated that all intrabony defects could be detected by using the DVT scan, as compared to only 67% when using conventional radiography.¹¹

Beispiel 5: Ein 60-jähriger Patient mit der Diagnose einer generalisierten fortgeschrittenen chronischen Parodontitis stellte sich zwecks einer Parodontalbehandlung vor. Auf der Panoramascichtaufnahme war ein generalisierter horizontaler Knochenabbau mit einem angulären Knochendefekt an Zahn 23 sichtbar (Abb. 7). In Regio 26 wies eine Radioluzenz im Furkationsbereich auf einen möglichen interradikulären Knochenabbau hin, der jedoch unklar blieb. Mit Hilfe der DVT konnte ein inter-

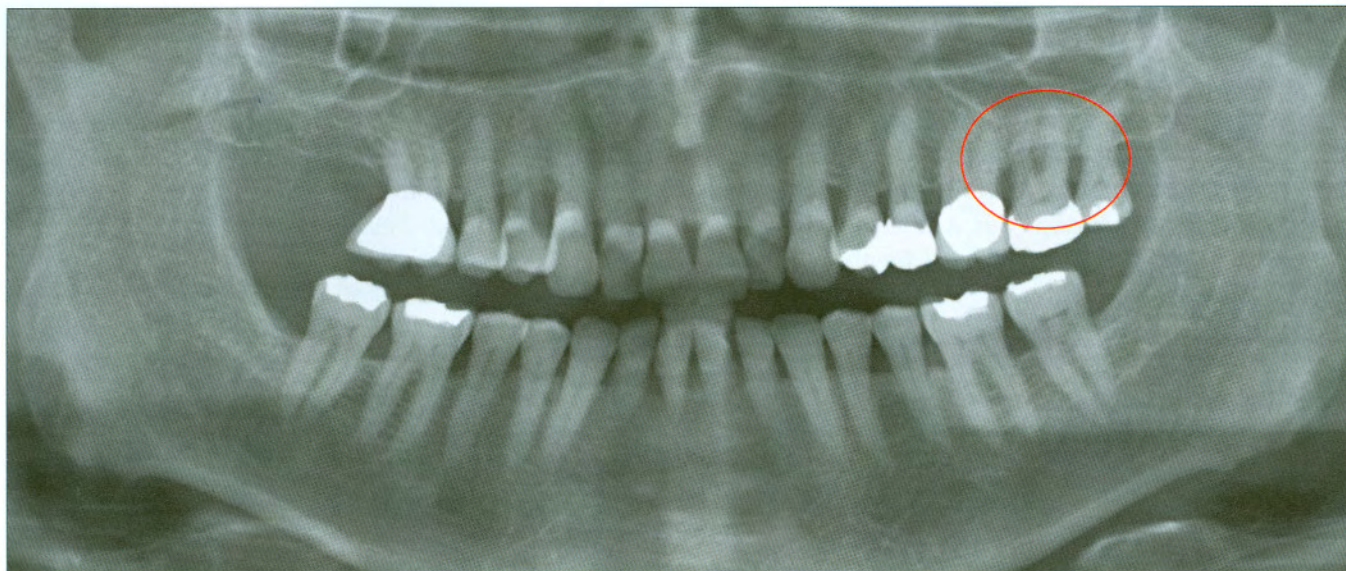


Fig 7 The panoramic radiograph suggested a possible interradicular alveolar bone loss on tooth 26, which remained however unclear.

Abb. 7 Eine mögliche Furkationsbeteiligung an Zahn 26 erwies sich auf der Panoramaschichtaufnahme als unklar.

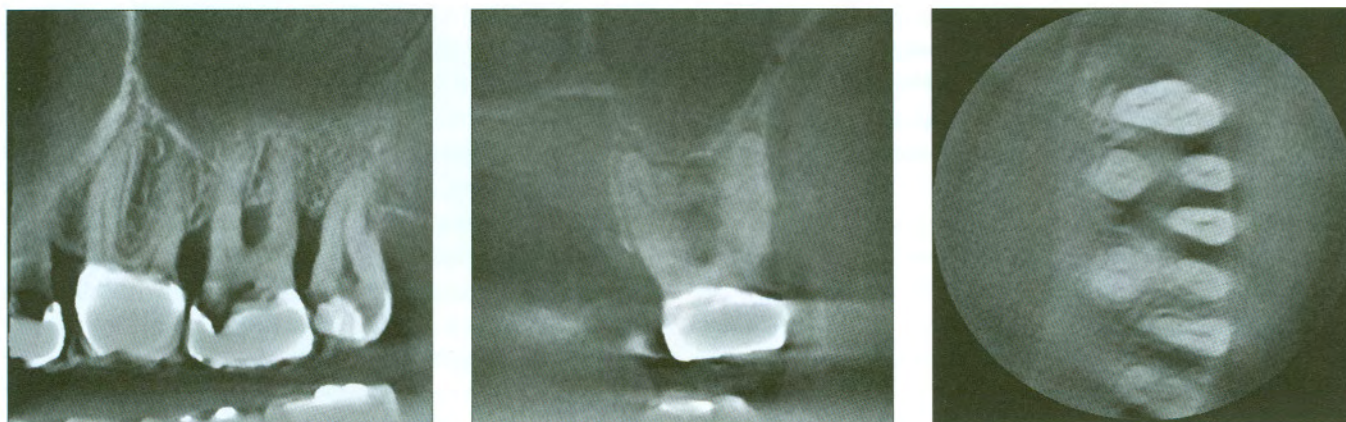


Fig 7a-c The DVT images demonstrated a class II furcation suitable for regenerative periodontal treatment.

Abb. 7a-c Auf der DVT-Aufnahme konnte eine Furkationsbeteiligung II-Grades festgestellt werden, die geeignet war für eine regenerative Parodontaltherapie.

radikulärer Knochenverlust zwischen den bukkalen Wurzeln sowie an dem mesiopalatalen Furkationseingang dargestellt werden. Die axiale und frontale Ansicht zeigten, dass die Furkation jedoch nicht durchgängig war und somit die Therapieplanung erleichterte (Abb. 7a-c). Somit konnte die Furkationsbeteiligung Grad II mit Hilfe der gesteuerten Geweberegeneration (GTR) behandelt werden.

Another possible application of digital volume tomography in periodontology might be the imaging of furcation involvement in molars. A common problem of imaging interradicular bone resorption in periapical radiographs is that when roots diverge, they are displayed with a different degree of distortion, whereas when roots are close to each other, they often cannot be separated. The decrease of the negative influence on the detectability of interradicular lesions caused by overlay or distortion may be

an aid in the early diagnosis of interradicular alveolar bone loss. Another benefit of the DVT is that the periodontal ligament width can be presented exactly in all three planes, which can be helpful, for example, in the diagnosis of occlusal trauma.¹⁰ However, the most remarkable advantage of digital volume tomography is the minimization of radiation doses. Thus, a radiation exposure of 7.4 μSv per scan has been reported for the Accutomo device.¹ This is comparable to the radiation exposure involved in panoramic radiograph imaging and several times less than with the conventional CT.⁹ Honda et al⁶ demonstrated that the total radiation exposure of the skin to conventional computed tomography versus cone beam computed tomography could be reduced from 160 to 1.19 μSv . Although the application of DVT imaging in periodontology seems promising, a limitation of this device is that the imaging region is 30 x 40 mm in diameter, which requires several scans to image a complete jaw.* Furthermore, when metallic objects are present in the Accutomo images, the artifacts can make evaluations of the marginal bone level difficult. Nevertheless, digital volume tomography enables high-resolution images, which allows observance of periodontal defects in all 3 dimensions. In the future, it is likely that radiation exposure will further decrease and that this method will become more widely applied in periodontal diagnosis.

IJCD

References

1. Arai Y, Honda K, Kazuo I, Shinoda K. Practical model "3DX" of limited cone-beam X-ray CT for dental use. *Int Congr Ser* 2001;1230:713-718.
2. Eickholz P, Hausmann E. Accuracy of radiographic assessment of interproximal bone loss in intrabony defects using linear measurements. *Eur J Oral Sci* 2000;108:70-73.
3. Ekkestube A, Thilander A, Gröndahl K, Gröndahl HG. Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:13-17.
4. Feifel H, Riediger D, Gustof-Aeckerle R, Claus C. High-resolution computerized tomography in the diagnosis of impacted third molars and its implications in terms of irradiation exposure. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 1991;15:226-231.

Diskussion

Die Einführung der digitalen Volumentomographie hat zu einer Erweiterung der zahnärztlich-radiologischen Diagnostik geführt und die bisherigen Einschränkungen bei den konventionellen radiologischen Untersuchungen berücksichtigt. Mit diesem diagnostischen Hilfsmittel können im Gegensatz zu konventionellen radiologischen Methoden bereits sehr früh pathologische Veränderungen festgestellt werden. Obwohl die digitale Volumentomographie zunehmend ihren Einsatz in der zahnärztlichen Chirurgie findet, ist deren Einsatz zur Beurteilung des Ausmaßes des parodontalen Knochenabbaus bislang noch eingeschränkt.¹⁶ Einsatzmöglichkeiten der DVT bei der Diagnose und Behandlung parodontaler Erkrankungen bieten sich vor allem bei der Darstellung von parodontalen intraossären Defekten, Dehiszenz- und Fenestrationsdefekten, parodontalen Zysten sowie der Diagnostik von furkationsbefallenen Molaren. Der mögliche Einsatz der DVT zur Diagnostik des parodontalen Knochenabbaus wurde bereits in einigen Studien untersucht.^{5,10,11} Hierbei konnte gezeigt werden, dass die Beurteilung von parodontalen Defekten mit dem DVT eine akurate und präzise Methode ohne Bildüberlagerungen und Verzerrungen darstellt. Bezüglich der Bildqualität waren die DVT-Aufnahmen den konventionellen CT-Aufnahmen überlegen, insbesondere durch die exakte Darstellung des Desmodontalspaltes in allen 3 Ebenen.¹⁰ Des Weiteren konnten mittels DVT alle intraossären Defekte diagnostiziert werden, während dies mit der konventionellen Röntgendiagnostik nur in 67 % der Fälle möglich war.¹¹ Eine weitere Einsatzmöglichkeit der DVT in der Parodontologie ist die Darstellung furkationsbefallener Molaren. Ein gängiges Problem bei periapikalen Röntgenaufnahmen zur Darstellung eines inter-

* Meanwhile, the device has undergone further development so that raw data sets can be created which correspond to a cylinder 80 mm high and 80 mm in diameter, and according to the manufacturer, can image the entire maxilla and mandible.

radikulären Knochenabbaus ist eine projektionsbedingte Verzerrung bei divergierenden Wurzeln, wohingegen eng aneinander liegende Wurzeln oftmals nicht voneinander unterschieden werden können. Die Möglichkeit einer überlagerungs- und verzerrungsfreien Darstellung interradikulärer Läsionen erscheint daher als sehr vorteilhaft, vorrangig bei der frühen Diagnose von interradikulärem Alveolarknochenverlust. Ein weiterer Vorteil der DVT ist eine exakte Darstellung des Desmodontalspaltes in allen drei Ebenen, was z. B. die Diagnose eines okklusalen Traumas erleichtert.¹⁰ Weiterhin ist die Reduktion der Strahlenbelastung zu nennen, die für das Accuitomo mit einer effektiven Dosis von 7,4 μSv bei einem Aufnahmebereich von 40 x 40 mm angegeben wird.¹ Diese ist vergleichbar mit der effektiven Dosis einer Panoramaschichtaufnahme und erheblich geringer im Vergleich zu einer konventionellen CT.⁹ Honda et al.⁶ ermittelten, dass bei der DVT im Vergleich zur konventionellen CT eine Reduktion der Strahlenexposition im Bereich der Haut von 160 auf 1,19 μSv erreicht werden konnte. Obwohl der Einsatz der DVT im Bereich der Parodontologie erfolversprechend erscheint, so ist der abgebildete Bereich auf einen Durchmesser von 30 x 40 mm eingeschränkt, was mehrere Aufnahmen erforderlich macht, um einen ganzen Kiefer darzustellen.* Weiterhin kann bei der Aufnahme mit dem Accuitomo die Anwesenheit von metallischen Objekten die Beurteilung des marginalen Knochenangebots erschweren. Dennoch ermöglicht die digitale Volumentomographie hochauflösende Aufnahmen, die eine dreidimensionale Betrachtung parodontaler Defekte erlaubt. In naher Zukunft ist mit einer weiteren Reduktion der Strahlenexposition und einer breiteren Anwendung im Bereich der parodontalen Diagnostik zu rechnen.

IJCD

5. Fuhrmann R, Wehrbein H, Langen HJ, Diedrich P. Assessment of the dentate alveolar process with high-resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24:50-54.
6. Honda K, Arai Y, Iwai K, Hashimoto K, Saitou T, Shinoda K. Fundamental efficiency of new-style limited cone-beam CT (3DX): Comparison with helical-CT. *Jpn J Tomogr* 2001;27:193-198.
7. Iwai K, Arai Y, Hashimoto K, Nishizawa K. Estimation of effective dose from limited cone beam x-ray CT examination. *Jpn Dent Radiol* 2000;40:251-259.
8. Jeffcoat MK. Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. *J Periodontol* 1992;63:367-372.
9. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: New-Tom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:229-334.
10. Mengel R, Candir M, Shiratori K, Flores-de-Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: An in vitro study on native pig and human mandibles. *J Periodontol* 2005;76:665-673.
11. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol* 2006;77:1261-1266.
12. Naito T, Hosokawa R, Yokota M. Three-dimensional alveolar bone morphology analysis using computed tomography. *J Periodontol* 1998;69:584-589.
13. Pistorius A, Patrosio C, Willershausen B, Mildenerger P, Rippin G. Periodontal probing in comparison to diagnosis by CT-scan. *Int Dent J* 2001;51:339-347.
14. Ramadan Ab, Mitchell DF. A roentgenographic study of experimental bone destruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1962;15:934-943.
15. Rees T, Biggs NL, Collins CK. Radiographic interpretation of periodontal osseous defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1971;2:141-153.
16. Ziegler CM, Woertche R, Briefand J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:126-130.

* Das Gerät wurde inzwischen weiterentwickelt, so dass nun Rohdatensätze erstellt werden können, die einem Zylinder mit einer Höhe von 80 mm und einem Durchmesser von 80 mm entsprechen und – laut Herstellerangaben – der gesamte Ober- und Unterkiefer abgebildet werden kann.



Adresse/Address: Adrian Kasaj, Dr.med.dent., Department of Conservative Dentistry and Periodontology, Johannes Gutenberg University, Augustusplatz 2, 55130 Mainz, Germany
Phone: +49-6131-17-3064, Fax: +49-6131-17-3406, E-mail: Kasaj@gmx.de

Dr. Adrian Kasaj

1994–2000 School of Dental Medicine
2000–2001 Dentist in a private practice
Since 2001 Clinical assistant in the Department of Operative Dentistry at the University of Mainz
2002 Dr.med.dent.
2002–2005 Postgraduate Education in Periodontology in the Department of Operative Dentistry at the University of Mainz
2005 Residence at the Department of Periodontology, University of medical Science in Nijmegen, The Netherlands
2005 Certificate in Periodontology (LZK Rhineland-Palatinate)
2006 Residence at the Department of Periodontology, Goldman Dental School, Boston University
2006 Specialist in Periodontology of the German Society of Periodontology (DGP, EFP)
2007 Specialist in Periodontology of the European Dental Association (EDA)
2007 Residence at the Department of Periodontology, Ohio State University, Columbus

Dr. med. dent. Adrian Kasaj

1994–2000 Studium der Zahnheilkunde
2000–2001 Assistent in freier Praxis
Seit 2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie der Universitätsklinik Mainz
2002 Promotion zum Dr.med.dent.
2002–2005 Weiterbildung Parodontologie in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
2005 Gastaufenthalt am Department of Periodontology an der University of Medical Science in Nijmegen, Niederlande
2005 Tätigkeitsschwerpunkt Parodontologie (LZK Rheinland-Pfalz)
2006 Forschungsaufenthalt am Department of Periodontology an der Goldman Dental School, Boston University
2006 Ernennung zum Spezialisten für Parodontologie der DGP/ Specialist in Periodontology (EFP)
2007 Ernennung zu Spezialisten für Parodontologie der European Dental Association (EDA)
2007 Forschungsaufenthalt am Department of Periodontology an der Ohio State University, Columbus