

Digital Transversal Slice Imaging in Dental-maxillofacial Radiology: From Pantomography to Digital Volume Tomography

Digitale transversale Schichtverfahren in der dento-maxillofazialen Radiologie

A. Fuhrmann / D. Schulze / U. Rother / M. Vesper

Summary

With digital transversal slice imaging (TSI) as a supplementary program to pantomographic devices and digital volume tomography (DVT), images of the viscerocranium are now possible in several planes. The two procedures, TSI and DVT, are complementary. They should be applied where the indication justifies it in dentistry and maxillofacial surgery for diagnostic and forensic purposes. To minimize patient exposure to radiation, computer tomography (CT) should only be used in complex situations of the viscerocranium where soft tissues are involved or in tumor diagnosis.

Key words: pantomographic slice technique, digital transversal slice imaging (TSI), digital volume tomography (DVT), radiology of the facial skeleton

Zusammenfassung

Mit digitalen transversalen Schichtaufnahmen (TSA) als Zusatzprogramm der Panoramaschichtgeräte und der digitalen Volumentomographie (DVT) sind Aufnahmen des Gesichtsschädels in mehreren Ebenen möglich geworden. Beide Verfahren, TSA und DVT, ergänzen sich. Sie sollten mit entsprechend rechtfertigender Indikation für entsprechende Fragestellungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde aus diagnostischen und forensischen Gründen eingesetzt werden. Das CT sollte aus strahlenhygienischen Gründen nur noch bei komplexen Fragestellungen des Gesichtsschädels mit Weichteilbeteiligungen und in der Tumordiagnostik eingesetzt werden.

Schlüsselwörter: Panoramaschichttechnik, digitale transversale Schichtaufnahme, digitale Volumentomographie, Radiologie des Gesichtsschädels

Von der Panoramaschichtaufnahme bis zur digitalen Volumentomographie

Das Panoramaschichtverfahren, das 1949 von Paatero in Finnland vorgestellt wurde, hat 10 Jahre später als Orthopantomographie die Röntgendiagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde revolutionär verändert. Diese klassische Panoramaschichtaufnahme ist aus dem zahnmedizinischen und kieferchirurgischen Alltag seitdem nicht mehr wegzudenken.

Wiederum in Finnland wurde 1974 begonnen, die Panoramaschichttechnik für andere Regionen des Gesichtsschädels weiter zu entwickeln, indem man einen Orthopantomographen in einen Pantomographen technisch umfunktionierte. Statt mit drei Drehkreisen arbeitete das neue Gerät mit Ablaufbahnen, die nur einen Drehpunkt besaßen, ähnlich wie Paatero 1949 begonnen hatte. Es war jetzt zum ersten Mal möglich, neben dem Orthopantomogramm auch Aufnahmen von anderen Bereichen des Ge-

Background and overview

Pantomography, which was presented in Finland by Paatero in 1949 and applied 10 years later as the orthopantomogram, revolutionized dental x-ray diagnostics. The classical pantomogram plays an integral role in both dentistry and oral and maxillofacial surgery. In 1974, Finland once again pioneered the further development of pantomography for application in other regions of the facial skeleton. The orthopantomogram was technically altered to a pantomograph. Instead of the rotation being comprised of three circles, the new devices only have one axis of rotation, similar to the technique presented by Paatero in 1949. With this innovation, it was possible to image other regions of the facial skeleton along with the orthopantomogram. The result of this technical alteration or new development was Zonarc Pantomography (Palomex, Finland). This device, which has been in use since 1982, is suited for the imaging of patients in a reclining position, making it ideal for image modalities under clinical conditions. Due to the numerous programs available for imaging the TMJ, the mid-facial region, the cervical spinal column, optical foramen, and the middle ear, it enables the imaging of the entire facial skeleton based on the principle of pantomography. Only a few years later, with the advent of the Scanora (Soredex, Finland) another radiographic device with numerous additional programs was available, which was also capable of imaging the entire facial skeleton as well as classical tomography.^{9,10,16}

In comparison to the Zonarc, the Scanora is capable of producing transversal slices (TSA), a feature which was previously restricted to larger devices.

Both systems were introduced at a time where computed tomography began to displace classical tomography, decreasing the availability of the large conventional tomography. In turn, the Zonarc and Scanora also contributed to this displacement. One of the consequences of this development was that dentists and maxillofacial surgeons alike were now able to image and evaluate disorders of the head and neck region. Since the systems do not require a separate generator, the subsequent installations proved unproblematic and relatively inexpensive. Nonetheless, it took another 10 years before smaller pantomographs, utilized in private practices, were upgraded with corresponding programs.

The Orthophos (Sirona, Germany) for example, features special programs for imaging of the maxilla and mandible and TMJ, with special orbital rotations facilitating imaging of the mid-facial region. A special feature is the capability to produce transversal slices based on the pantomographic slice technique.²

Other manufacturers followed with systems equipped with similar programs. As a result, classical orthopantomography evolved into a multifunctional system capable of imaging practically the entire maxillofacial region.

Technical details of modern multifunctional pantomography

The modern multifunctional systems are based on either the principle of the pantomographic slice technique or on a combination of the above and classi-

cal tomography. Common to all systems is the ability to produce a pantomogram or orthopantomogram. This projection with the orthoradial imaging of the teeth and accompanying jaw is still of utmost importance and no other system or imaging modality has managed to displace it. In the future, certain improvements would be desirable; some are being realized currently, eg, special projections for the imaging of teeth with a constant factor of magnification, partial imaging of the jaws or of the anterior tooth region which is usually associated with distortions, especially in the transition zone between the canine and premolar region. The imaging of the TMJ and the production of transversal slices varies from manufacturer to manufacturer, supplying different programs and/or based on different techniques.

The Orthophos (Sirona, Germany) is capable of producing all images, the transversal slice included, on the basis of the pantomographic slice technique. The other manufacturers make use of classical tomography for attaining transversal slice images, in which a distinction must be made between linear (Veraviewepcos, Morita, Japan) and spiral (Cranex Tome, Soredex, Finland) blurring. In comparison to classical tomography, which is capable of producing 1- to 2-mm-thick slices, modern pantomography can only produce slices of 5 to 8 mm thickness. The planigraphic angle, due to technical limitations, cannot exceed 15 degrees, making slices of 1 to 2 mm thickness impossible. The pantomography has one peculiarity. Contrary to conventional tomography, the slice thickness is determined by the width of the slit aperture and the radius of the orbit. To obtain thinner slices, comparable to those from 15-degree conventional

sichtsschädels mit der Panoramaschichttechnik anzufertigen. Das Ergebnis dieser technischen Umrüstung und Neuentwicklung war das Panoramaschichtgerät Zonarc (Palomex, Finnland). Dieses Gerät, das ab 1982 zum Einsatz kam, ist für liegende Patienten geeignet und daher ein ideales Panoramaschichtgerät für den klinischen Einsatz. Durch die vielen Programmabläufe für die Kiefergelenke, das Mittelgesicht, Halswirbelsäule, Foramen opticus und Mittelohr konnte zum ersten Mal mit einem Panoramaschichtgerät praktisch der gesamte Gesichtsschädel dargestellt werden.

Nur wenige Jahre später kam mit dem Scanora-Schichtgerät (Soredex, Finnland) ein weiteres Röntgengerät auf den Markt, das neben der klassischen Panoramaschicht über diverse Zusatzprogramme zur Darstellung des gesamten Gesichtsschädels verfügte.

Im Gegensatz zum Zonarc-Panoramaschichtgerät sind mit dem Scanora zum ersten Mal transversale Schichtaufnahmen (TSA) möglich, die vorher nur mit großen klassischen Schichtgeräten angefertigt werden konnten.^{9,10,16}

Beide Geräte kamen zu einer Zeit auf den Markt, als die Computertomographie begann, die klassische Tomographie zu verdrängen und die großen konventionellen Schichtgeräte immer weniger zur Verfügung standen. Mit der Einführung der beiden Panoramaschichtgeräte Zonarc und Scanora wurde somit ein Ersatz für die konventionellen Großgeräte der Verwischungstomographie geschaffen. So wurde es auch möglich, dass die verschiedenen radiologischen Fragestellungen aus unserem Fachgebiet weiterhin durch den Zahnarzt oder MKG-Chirurgen beantwortet werden konnten.

Die Besonderheit dieser beiden Neuentwicklungen besteht darin, dass kein

separater Generator nötig ist, sodass diese Geräte ohne große Probleme und Zusatzkosten installiert werden konnten.

Es dauerte weitere zehn Jahre bis auch die kleineren Panoramaschichtgeräte in den Praxen mit Zusatzprogrammen ausgestattet wurden. Der Orthophos (Sirona, Deutschland) z.B. verfügt über Spezialeinstellungen für den Ober- und Unterkiefer, mehrere Kiefergelenkprogramme und Ablaufbahnen für das Mittelgesicht. Als Besonderheit wurde zum Ersten die Möglichkeit angeboten, mit der Panoramaschichttechnik transversale Schichtaufnahmen anzufertigen.² Andere Hersteller folgten mit einer ähnlichen Programmviefalt in ihren Panoramageräten. In den letzten 10 Jahren wurden so aus dem klassischen Orthopantomographen Multifunktionsgeräte, die den größten Teil der radiologischen Fragestellungen aus der ZMK-Heilkunde beantworten konnten.

Technische Ausstattung der modernen Panorama-Multifunktionsgeräte

Die modernen Multifunktionsgeräte arbeiten entweder nach dem Prinzip der Panoramaschichttechnik, oder aber aus einer Kombination von PSA und klassischer Tomographie.

Gemeinsam ist allen, dass sie ein Programm für die klassische Panoramaschichtaufnahme, dem Orthopantomogramm, haben. Diese Aufnahme zur orthoradialen Darstellung der Zähne sowie der angrenzenden Kieferregionen ist durch kein anderes Aufnahmeverfahren ersetzbar. Wünschenswert und schon zum Teil auch realisiert sind

Spezialprogramme für eine Abbildung der Zähne mit einheitlichem Vergrößerungsfaktor, für Teilregionen des Kiefers oder aber für den Frontzahnbereich, der in der Regel mit Verzerrungen besonders in der Übergangszone von der Eckzahn- zur Prämolarenregion gekennzeichnet ist.

Die anderen Zusatzprogramme, nämlich Kiefergelenk und transversale Schichten, basieren bei den verschiedenen Herstellern auf unterschiedlichen Techniken.

Im Orthophos (Sirona, Deutschland) werden alle Aufnahmen einschließlich transversale Schichtaufnahmen mit dem Panoramaschichtprinzip realisiert. Die anderen Hersteller verwenden für die transversalen Schichtaufnahmen die konventionelle Tomographie. Hier muss unterschieden werden zwischen linearer (Veraviewepocs, Morita Japan) und spiralförmiger Verwischung (Multiscan, Soredex Finnland).

Im Gegensatz zu den klassischen Tomographiegeräten, mit denen Schichtdicken von 1–2 mm erzeugt werden konnten, ermöglicht die technische Ausstattung der heutigen Praxisgeräte nur Schichtdicken zwischen 5–8 mm. Der Verwischungswinkel beträgt aus technischen Gründen nicht mehr als 15°, sodass dünne, nur 1–2 mm Schichten nicht mehr erzielt werden. Eine Besonderheit in Bezug auf die Schichtdicke stellt das Panoramaschichtverfahren dar. Im Gegensatz zur konventionellen Tomographie wird die Schichtdicke bei der PSA über die Breite der Schlitze und den Radius der Ablaufbahn geregelt. Um dünnere Schichten, entsprechend den 15° der konventionellen Schichtgeräte zu erreichen, muss die Schlitze von 1 mm auf 5 mm verbreitert werden. Werden transversale Schichten mit einer 1 mm schmalen Schlitze

tomography, the aperture width needs to be increased from 1 mm to 5 mm. If—regardless of this—transversal slice imaging is performed with a 1-mm-wide slit aperture, the obtained images do not allow diagnostic evaluation due to poor quality. On the other hand, if slices of 15-degree conventional tomography are compared to those obtained from a pantomograph with a 5-mm-wide slit aperture, slices of similar thickness are obtained (2 to 8 mm).^{3,18}

Possibilities and indications for transversal slice images

Images in 2 planes are important from a therapeutic and a forensic point of view. This holds true not only for the removal of mandibular wisdom teeth or prior to dental implantation. Only the projection in 2 planes or a 3-dimensional reconstruction of large defects and the adjacent region provide adequate visualization, markedly contributing to the safety of operations. In addition, the Radiology Act stipulates that the indication for imaging must be justified. This legally binds the doctor or dentist to assess prior to imaging which system is most suitable in terms of minimal detrimental health effects by minimal dose exposition. In daily routine, this means the following systems have to be taken into consideration: conventional or digital transversal slice images, digital volume tomography (DVT), and computed tomography (CT). Currently, DVT can often replace CT for examinations in the dento-maxillofacial region.

All of the multifunctional pantomographs are capable of producing digital transversal slice images. Most systems

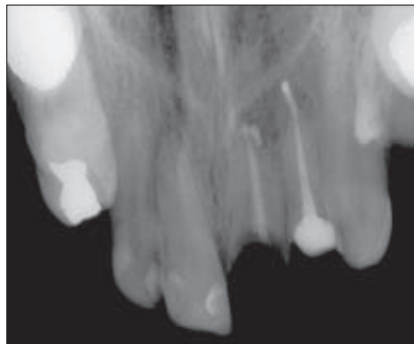


Fig 1 Occlusal image of anterior maxillary region, teeth 21 and 22 exhibit filled roots.

Abb. 1 Okklusalaufnahme der Oberkieferfront mit zwei wurzelgefüllten Zähnen 21 und 22.

require memory films or foils to facilitate digital imaging, since the technique is based on conventional tomography with corresponding beam collimation. These sensors are readily available but very costly. The sensor can only be used for the slit-aperture technique (pantomography). Moreover, a slit aperture with a width of 5 mm is a prerequisite to facilitating the necessary blurring effect as described above.

With the introduction of transversal slices in dental imaging, the range of diagnostic alternatives that we have at our disposal has increased. The low acceptance of transversal slice imaging is likely due to the necessary alterations of the multifunctional pantomographs that are needed (change of the primary and secondary aperture, use of special splint supports for correct positioning of the upper and lower jaws), as well the fact that most practitioners are not familiar with the obtained images. Since the skills needed for the evaluation of a pantomogram are equal to those needed for transversal slice images, few or no objective reasons seem to justify the rejection of this system; rather, the practitioners and nurses require training in the handling of this imaging modality.

Indications for transversal slice images

Indications for a second plane projection, ie, an image perpendicular to the pantomogram, are numerous in the oral and maxillofacial region. The often small structures and the close proximity make a second image necessary to achieve a 3-dimensional impression of the object of interest. Next to the topographic element, the forensic aspect plays an increasing role (Figs 1 and 2).

With this in mind, the following indications result:

- 1) Imaging of the nerve canal in the mandibular wisdom tooth region
- 2) Impacted maxillary and mandibular canines and premolars
- 3) Determination of the relationship of the root apex to the maxillary sinus of maxillary teeth
- 4) Pathological alterations of the alveolar recesses of the maxillary sinus (Figs 3 and 4)
- 5) Implant diagnostics and planning in the maxilla and mandible
- 6) Cystic lesions and the relation to their surroundings (Figs 5 to 8)



Fig 2 Digital TSA (Orthophos, Sirona): the expansion of the excess root filling material into the maxilla is visible only in the 2nd plane.

Abb. 2 Digitale TSA (Orthophos, Sirona): Die Ausdehnung des überstopften Wurzelfüllmaterials in den Oberkiefer wird erst in der 2. Ebene sichtbar.

erzeugt, sind sichere diagnostische Aussagen nicht möglich. Vergleicht man den Verwischungseffekt der Geräte mit konventioneller Tomographie mit 15° und der PSA mit breiter Blende von 5 mm, dann werden klinisch ähnliche Schichtdicken erreicht (2–8 mm).^{3,18}

Möglichkeiten und Indikationen für transversale Schichtaufnahmen

Aus therapeutischer und auch forensischer Sicht sind Aufnahmen der zweiten Ebene von großer Bedeutung. Das gilt für die Weisheitszahnentfernung im Unterkiefer genauso wie vor der Implantation. Nur eine Darstellung in zwei Ebenen oder bei größeren Prozessen durch 3D-Rekonstruktionen des Operationsgebietes macht einen sicheren komplikationslosen Eingriff möglich. Andererseits schreibt die Röntgenverordnung eine rechtfertigende Indikation vor. Diese verpflichtet den fachkundigen Arzt oder Zahnarzt vor jeder Röntgenuntersuchung Verfahren mit geringerer Dosis, aber vergleichbarem gesund-

heitlichen Nutzen zu berücksichtigen. In der Praxis bedeuten diese beiden Eckpfeiler, dass im Bereich der Zahn-, Mund und Kieferheilkunde zwischen der transversalen Schicht, konventionell oder digital, der digitalen Volumentomographie und der Computertomographie entschieden werden muss. Nach dem derzeitigen Stand der Technik kann die DVT das CT bei den meisten Fragestellungen in unserem Fachgebiet ersetzen.

Digitale transversale Schichtaufnahmen sind mit allen auf dem Markt befindlichen Panoramamultifunktionsgeräten mit Zusatzprogrammen möglich. Die meisten Geräte können allerdings nur mit Speicherfolien digital betrieben werden, da sie unter Anwendung der konventionellen Tomographie mit entsprechend großen Ausblendungen arbeiten. Sensoren dieser Größe sind zwar verfügbar, aber sehr teuer. Nur bei ausschließlichem Einsatz der Schlitzblendentechnik PSA können Sensoren Verwendung finden. Hier muss allerdings darauf geachtet werden, dass eine breite Schlitzblende angeboten wird. Nur sie allein, wie oben beschrieben, garantiert einen größeren Verwischungseffekt.

Mit Einführung der transversalen Schicht-

ten in die zahnärztliche und kieferchirurgische Praxis wurde die Palette an diagnostischen Möglichkeiten deutlich erweitert. Die geringe Popularität der TSA lässt sich auf die für die Aufnahme notwendigen Veränderungen am Multifunktionsgerät (Auswechseln der Primär- und der Sekundärblende, Einsatz von speziellen Aufbisshilfen und Zentriereinrichtungen für den Ober- und Unterkiefer) sowie die für den Betrachter ungewohnte Bildwiedergabe zurückführen. In Anbetracht der Tatsache, dass zur Erstellung und Befundung einer PSA ein ebenso entsprechendes Know-how vorliegen muss, kann dies jedoch nicht als Argument gegen die TSA vorgebracht werden. Es ist vielmehr eine Weiterbildung sowohl für Helferinnen als auch für Zahnärzte auf diesem Sektor anzustreben.

Indikationen für transversale Schichtaufnahmen

Indikationen für eine zweite Ebene, d.h. eine Aufnahme, die einen Befund im rechten Winkel zur PSA darstellt, finden wir in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde reichlich. Allein durch die oft geringe Größe und die engen Nachbarschaftsverhältnisse wird eine zweite Aufnahme nötig, um sich den Befund in seiner räumlichen Ausdehnung vorstellen zu können. Neben dieser topographischen Zuordnung spielt in immer größerem Maße auch die forensische Seite eine große Rolle (Abb. 1 und 2).

Unter diesen beiden Aspekten lassen sich folgende Indikationen für die TSA beschreiben:

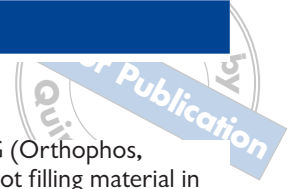


Fig 3 Digital OPG (Orthophos, Sirona): excess root filling material in the left maxillary sinus, originating from tooth 26.

Abb. 3 Digitales OPG (Orthophos, Sirona): Überstopftes Wurzelfüllmaterial in der linken Kieferhöhle ausgehend von dem Zahn 26.

Digital transversal slice images

Digital radiography was introduced into dentistry at the end of the 1980s. At first, only intraoral sensors were available, and were later complemented by digital pantomography. After having overcome the initial technical problems and poor picture quality, digital imaging currently plays a significant if not leading role in imaging of the oral and maxillofacial region. The digital images are obtained via memory films or special sensors. The required doses in both systems are similar, as is the picture quality, both serving equally well in the diagnostic interpretation of the data. However, the data processing varies. In the sensor technique, the images can be projected onto a monitor without much delay, whereas the memory films need a special device, similar to a developing machine, into which it is laser scanned. The film is fixed on a cylinder, and depending on the quality of the scanner, the data is transformed within 4 to 8 min, making it a time-consuming procedure. Since the two systems are available, all dental imaging systems can basically be re-equipped to allow digital imaging. Dur-

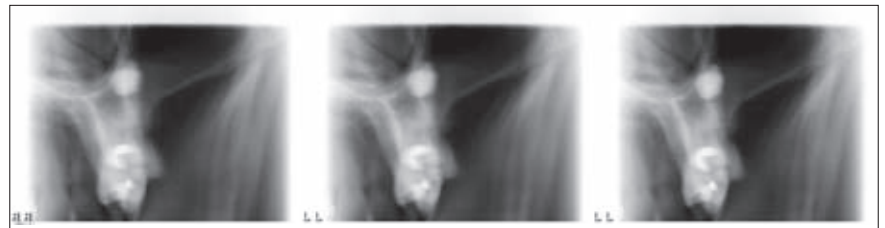


Fig 4 Digital TSA (Orthophos, Sirona): TSA shows the exact location of the foreign body in the left basal maxillary sinus.

Abb. 4 Digitale TSA (Orthophos, Sirona): Die TSA zeigt die genaue Lage des Fremdkörpers in der linken basalen Kieferhöhle.

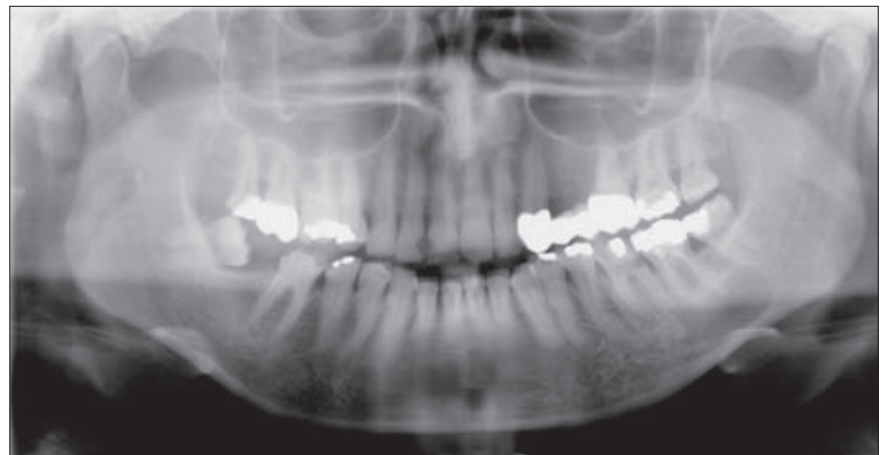


Fig 5 Digital OPG (Orthophos, Sirona): radicular cyst in the left mandible, originating from the filled root of tooth 37.

Abb. 5 Digitales OPG (Orthophos, Sirona): Radikuläre Zyste im linken Unterkiefer ausgehend von dem wurzelgefüllten Zahn 37.



Fig 6 Digital TSA (Orthophos, Sirona): In the TSA image, the linguo-buccal expansion is visible, and the position of the nerve canal is represented caudo-lingually as a circular, sharply delineated dark area.

Abb. 6 Digitale TSA (Orthophos, Sirona): Auf der TSA-Aufnahme ist die linguo-bukkale Ausdehnung zu erkennen und die Lage des Nervkanals, der sich caudo-lingual als kreisförmige, scharf begrenzte Aufhellung darstellt.



Fig 7 Digital OPG (Orthophos, Sirona): follicular cyst in the right gonial angle, originating from impacted and transposed tooth 48.

Abb. 7 Digitales OPG (Orthophos, Sirona): Follikuläre Zyste im rechten Kieferwinkel ausgehend von dem retinierten und verlagerten Zahn 48.

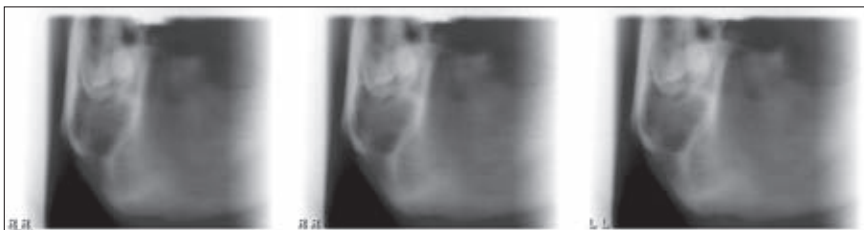


Fig 8 Digital TSA (Orthophos, Sirona): the cyst has lingually and buccally thinned the mandibular corticalis. The nerve canal is seen buccal to the cyst as a narrow, darkened stripe.

Abb 8 Digitale TSA (Orthophos, Sirona): Die Zyste hat die Korticalis des Unterkiefers lingual und bukkal ausgedünnt. Der Nervkanal stellt sich bukkal der Zyste anliegend als schmales Aufhellungsband dar.

1. Darstellung des Nervkanals am retinierten Weisheitszahn des Unterkiefers
2. Retinierte Eckzähne und Prämolaren im Ober- und Unterkiefer
3. Beziehung der Apizes der Oberkieferzähne zur Kieferhöhle
4. Pathologische Veränderungen im Rezessus alveolaris der Kieferhöhle (Abb. 3 und 4)
5. Implantatdiagnostik im Ober- und Unterkiefer
6. Ausdehnung von zystischen Prozessen und ihre Beziehung zu ihrer Umgebung (Abb. 5 bis 8).

Digitale transversale Schichtaufnahmen

Das digitale Röntgen wurde Ende der achtziger Jahre in die Zahnheilkunde eingeführt, zunächst intraoral, später auch für die Panoramaschichttechnik. Nach anfänglichen technischen Problemen und nicht ausreichender Bildqualität haben sich die digitalen Systeme in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde inzwischen durchgesetzt.

Die digitalen Röntgenbilder werden entweder mit Speicherfolien oder Sensoren angefertigt. Der Dosisbedarf ist etwa gleich und auch qualitativ sind keine wesentlichen, die Diagnostik beeinträchtigenden Unterschiede zwischen beiden Systemen festzustellen. Lediglich der Arbeitsablauf ist verschieden. Während mit der Sensortechnik die Bilder ohne lange Zwischenschritte schnell auf dem Monitor erscheinen, muss die Speicherfolie, ähnlich wie in einer Entwicklungsmaschine, mit einem Laserscanner ausgelesen werden. Dazu wird die Folie in eine Trommel gespannt und etwa 4–8



ing the visualization of transversal slice images, it has to be kept in mind that if the pantomographic slice principle is employed, a slit aperture with a corresponding width is a prerequisite for images of high quality. Currently, only the Orthophos (Sirona, Germany), with a 5-mm-wide slit aperture fulfils these requirements. The Promax (Planmeca, Finland) on the other hand has only a 1-mm-wide slit aperture. If the system which is used to acquire transversal slice images uses conventional tomography as the operating principle, regardless of the modus (linear or spiral), then digital imaging can only be achieved using memory films. As a consequence, when evaluating which system should be acquired or purchased, the compatibility with other components has to be taken into consideration. When confronted with deciding whether memory film or sensor technique should be implemented, the pros and cons associated with transversal slice imaging should play a dominant role in the decision making.

New radiological developments in imaging of the oral and facial region

With the introduction of digital volume tomography to dentistry in 1997, another component has been added to the existing conventional and digital multifunctional imaging systems. As a result, practically all radiological queries arising in the oral and maxillofacial region can be answered using dental radiographic systems. The use of computed tomography, given the radiation exposure and costs involved, should be restricted to only a few indi-

cations, especially traumatological and oncological in nature.

The principle of DVT

Contrary to computed tomography, in digital volume tomography the entire volume of the object of investigation is radiated and registered using a cone beam (cone beam technique). Depending on the system, from 360 angle positions (ie, 360 shots are taken, each 1 degree farther than its predecessor, completing a circle) the body is radiated with the digital detector registering the data. The raw data is primarily reconstructed, giving rise to axial slices from which subsequent reconstructions in all planes or 3 dimensional images can be obtained.^{1,8,14}

Indication for DVT

Digital volume tomography is especially indicated in those cases where the conventional transversal slice images are unable to sufficiently highlight a region of interest. Hence, the indication for the use of the DVT is similar to that for TSA, although due to the various technical modalities, DVT is capable of highlighting more complex findings. Additionally, with the numerous reconstruction possibilities available and the fact that the entire volume is digitally assessed, it must be emphasized that 3-dimensional reconstructions of the entire facial skeleton are possible (Figs 9 to 17).^{4,5,6,7}

Radiation exposure

Based on investigations of the radiation exposure during mid-facial imaging using pantomography, radiation doses from 0.4 to 0.5 mGy have to be expected.¹⁵ Other investigations found maximal doses of 0.25, 0.61, 0.65 mGy.^{11,12} The mean energy dose of the TSA lies just above these values.¹⁷ The mean energy dose of a DVT lies at 5 mGy, whereas a multislice spiral CT with modified exposition parameters emits 10.5 mGy.¹³

These differences underline the importance of stringent indications for diagnostic radiation exposure. Currently, it is the subject of much debate as to which system is best suited for certain examinations. Almost the entire scope of radiological findings concerning the oral and facial region can be visualized with one of the systems mentioned above. It must therefore be emphasized that computed tomography should only be implemented in traumatology and oncology, making it thus important in maxillofacial surgery as well.

During planning prior to dental implantation, computed tomography is becoming increasingly unnecessary, especially since an alternative system, DVT, exists. The advantages of reduced radiation exposure and costs have been proven in the past. This is of utmost importance during the evaluation of these 2 systems.

Conclusion

Dental radiology involves the imaging of the entire facial skeleton. This is facilitated by the combination of numerous

Minuten je nach Qualität dem Lesegerät ausgesetzt. Dieser Vorgang wird häufig als lästig und zeitraubend empfunden.

Da diese beiden Techniken zur Verfügung stehen, können mit allen zahnärztlichen Röntgengeräten grundsätzlich digitale Aufnahmen angefertigt werden.

Bei digitalen transversalen Schichtaufnahmen, die mit dem Panoramaschichtprinzip erzeugt werden, muss darauf geachtet werden, dass das Gerät über eine breite Blende verfügt. Zur Zeit arbeitet lediglich der Orthophos (Sirona, Deutschland) mit einer 5 mm breiten Blende, während das Promax-Panoramaschichtgerät (Planmeca, Finnland) lediglich über eine schmale 1 mm breite Blende verfügt. Arbeitet ein Gerät zur Erzeugung der transversalen Schichten mit der konventionellen Tomographie, egal ob linear oder spiralförmig, dann sind digitale Aufnahmen nur mit der Speicherfolie möglich. Es ist also wichtig bei der Entscheidung für ein System, ob die Komponenten in den gesamten Röntgenbetrieb passen. Da die erste Frage immer sein wird, ob digitales Röntgen mit Sensortechnik oder aber Speicherfolientechnik betrieben werden soll, müssen gerade bei den transversalen Schichten Vor- und Nachteile genauestens abgewogen werden.

Aktuelle röntgenologische Entwicklungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Mit der Einführung der digitalen Volumentomographie in die Zahnheilkunde im Jahre 1997 wurden die bestehenden konventionellen und digitalen Kombina-

tionsgeräte ideal ergänzt, so dass nunmehr bis auf wenige Ausnahmen alle radiologischen Fragestellungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde mit zahnärztlichen Röntgengeräten beantwortet werden können. Die Computertomographie sollte auf Grund ihrer hohen Strahlendosis und aus Kostengründen nur noch in besonderen Fällen eingesetzt werden. Hierzu gehört die Traumatologie und die Tumordiagnostik.

Prinzip der DVT

Bei der digitalen Volumentomographie wird im Gegensatz zur Computertomographie das gesamte Volumen des aufzunehmenden Bereiches durch ein kegelförmiges Strahlenbündel (Cone-Beam-Technik) erfasst. Dabei werden je nach System aus bis zu 360 Winkelpositionen Durchleuchtungsaufnahmen von einem digitalen Detektor aufgezeichnet. Dieser so gewonnene Rohdatensatz wird im Anschluss primär als eine Serie axialer Schichten rekonstruiert, aus denen wiederum sekundär Rekonstruktionen beliebiger Ebenen bzw. dreidimensionaler Darstellungen möglich sind.^{1,8,14}

Indikationen für die digitale Volumentomographie

Die digitale Volumentomographie ist indiziert, wenn spezielle klinische Fragestellungen durch die konventionelle transversale Schichtaufnahme nur insuffizient beantwortet werden. Insofern sind die Indikationen für die DVT denen der TSA ähnlich. Nur kann das DVT auf Grund seiner technischen Möglichkeiten auch komplexe umfassende Befunde darstellen. Hier seien

die vielen Rekonstruktionsmöglichkeiten erwähnt sowie die echte dreidimensionale Darstellung des gesamten Gesichtsschädels (Abb. 9 bis 17).^{4,5,6,7}

Aspekte der Strahlenexposition

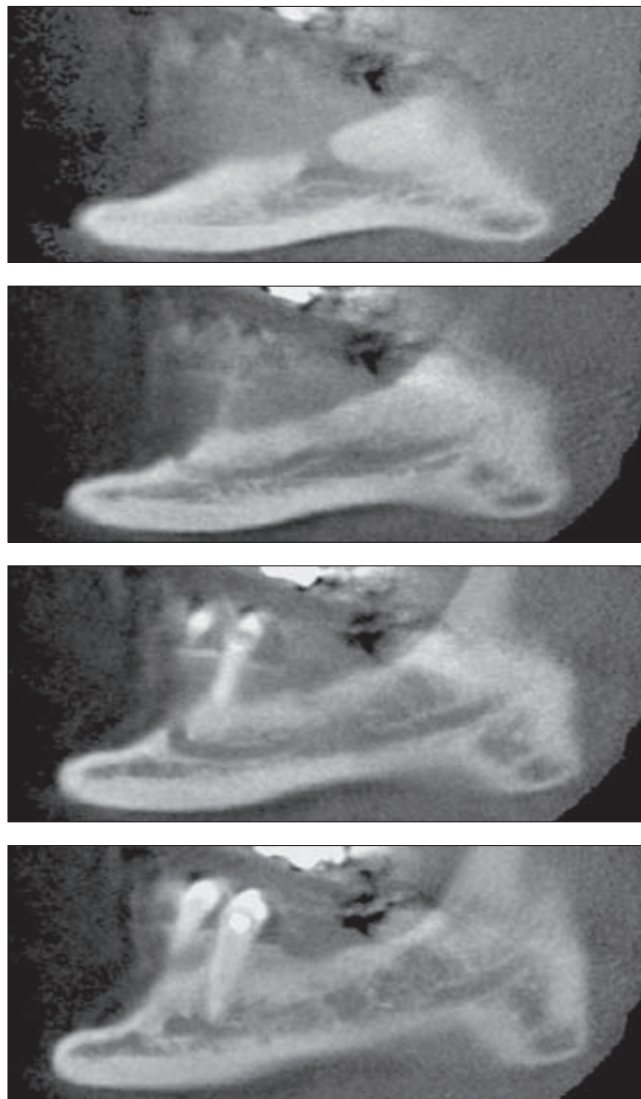
Basierend auf Untersuchungen zur Strahlenexposition des Mittelgesichts lässt sich für eine PSA eine mittlere Energiedosis von 0,4–0,5 mGy errechnen,¹⁵ andere Studien ergaben Maximaldosen von 0,25, 0,61 und 0,65 mGy.^{11,12} Die mittlere Energiedosis für eine TSA dürfte nur knapp darüber liegen.¹⁷ Die mittlere Energiedosis einer DVT liegt bei 5 mGy, die einer Mehrzeilen-Spiralcomputertomographie mit bereits adaptierten Expositionsparametern bei 10,5 mGy.¹³

Diese Unterschiede unterstreichen die Bedeutung der rechtfertigenden Indikation für eine diagnostische Strahlenexposition. Aktueller denn je ist die Diskussion um entsprechende Indikationen für die einzelnen Untersuchungsmodalitäten. Fast die Gesamtheit der genuin klinischen Fragestellungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde kann mit der hier vorgestellten Diagnostikpalette beantwortet werden. Daher ist es besonders wichtig, die Ausnahmestellung der Computertomographie zu betonen; eine Indikation besteht hierfür in unserem Fachgebiet nur aus traumatologischer und onkologischer und damit primär MKG-chirurgischer Indikation heraus.

Eine Computertomographie zur Planung von Implantaten ist bei vorhandenen DVT-Kapazitäten unserer Ansicht nach nicht mehr indiziert, da bereits DVT-Daten zur Implantations-

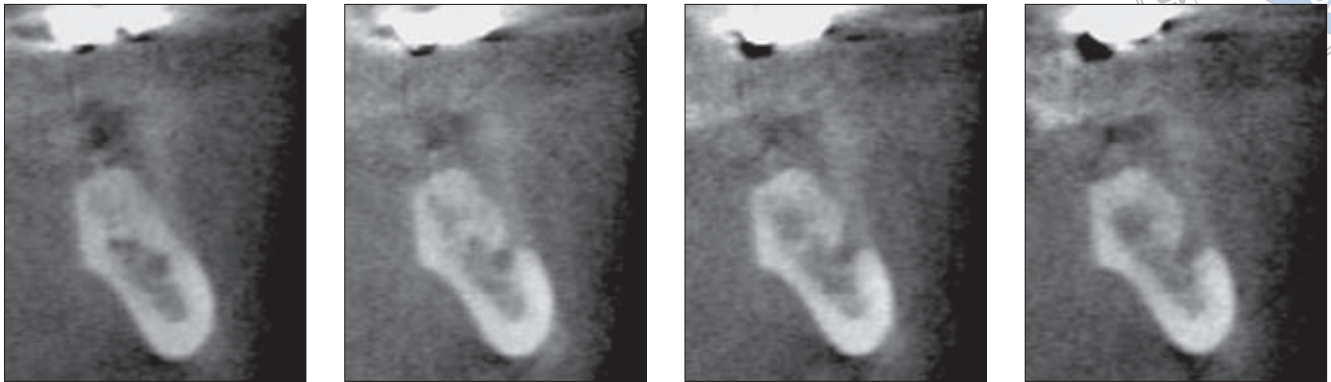
projections allowing the visualization of osseous structures. With the introduction of DVT, the previously well-established conventional tomography is becoming increasingly obsolete, especially with respect to the radiation exposure experienced with the different imaging modalities. High contrast structures can be sufficiently visualized with DVT. As a result, the indication for CT imaging will be limited to complex traumatological and oncological cases, as well as preoperative planning in syndromal patients and intraoperative navigation. Nonetheless, DVT should not serve as the sole imaging modality adopted for every eventuality, as other radiological slice techniques also have their purpose and indication; however, with the availability of DVT, its uncritical implementation would lead to unnecessary radiation exposure of the patients. Keeping the ALARA principle in mind (As Low As Reasonably Achievable), a standardized procedure should find application in routine practice. With the above systems in mind, basic imaging should begin with an orthopantomogram, and depending on the indications, be complemented by a transversal slice projection or digital volume tomography.

□



Figs 9 to 12 DVT NewTom (Quantitative Radiology, Verona, Italy): Sagittal reconstructions of the left mandible: bone defect in the buccal area of the mandible after root apex resection in very close relation to the wide buccal course of the nerve canal.

Abb. 9 bis 12 DVT-NewTom (Quantitative Radiology, Verona Italien): Sagittale Rekonstruktionen des linken Unterkiefers: Knochendefekt im bukkalen Bereich des Unterkiefers nach Wurzelspitzenresektion mit sehr enger Beziehung zu dem weit bukkal verlaufenden Nervkanal.



Figs 13 to 16 DVT NewTom (Quantitative Radiology, Verona, Italy): transversal reconstruction of the left mandible: the bony defect can be easily seen laterally, in the immediate vicinity of the nerve canal.

Abb. 13 bis 16 DVT-NewTom (Quantitative Radiology, Verona Italy): Transversale Rekonstruktionen des linken Unterkiefers: der knöcherne Defekt stellt sich deutlich lateral dar in unmittelbarer Nähe zum Nervkanal.

Fig 17 DVT NewTom (Quantitative Radiology, Verona, Italy): 3-D reconstruction of the mandibular defect.

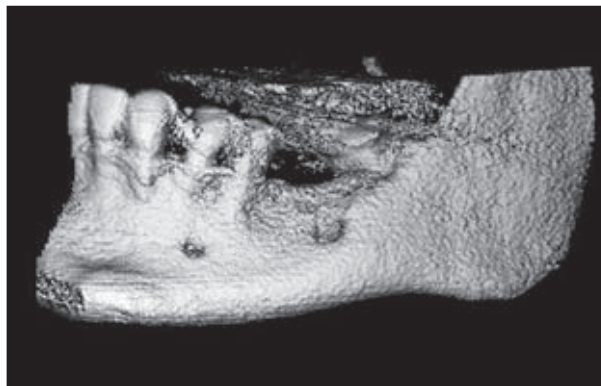


Abb. 17 DVT-NewTom (Quantitative Radiology, Verona Italy): 3-D Rekonstruktion des Unterkieferdefektes.

planung zur Anwendung kommen. Nachweislich ergeben sich hier Vorteile bezüglich der Strahlenexposition als auch der Kosten. Dies ist in der aktuellen Situation von erheblicher Bedeutung.

Schlussfolgerungen

Die dento-maxillo-faziale Radiologie betrachtet den gesamten knöchernen Gesichtsschädel. Nur durch eine Kom-

bination verschiedener Projektionen lassen sich bis dato Fragestellungen bezüglich ossärer Strukturen beantworten. Durch den Einsatz der digitalen Volumentomographie werden nun viele der etablierten Techniken wie z.B. die klassische konventionelle Tomographie auch aus Gründen der Strahlenexposition möglicherweise obsolet. Alle Hochkontraststrukturen des Gesichtsschädels lassen sich mit der DVT suffizient beurteilen. Demzufolge werden sich auch die Indikationen für die CT auf komplexere traumatologische und onkologische Kasuistiken sowie

präoperative Planungen bei Syndromen und der Nutzung von Navigationssystemen beschränken.

Die DVT-Diagnostik kann jedoch nicht losgelöst von vorhandenen diagnostischen Modalitäten zur Anwendung gebracht werden. Diesbezüglich muss die rechtfertigende Indikation überprüft werden; es besteht beim Vorhandensein von Schnittbildmodalitäten häufig die Tendenz zu quantitativ inadäquatem Einsatz derselben und einer damit verbundenen erhöhten Strahlenexposition. Unter Berücksichtigung des ALARA-Prinzips (as low as reasonably achievable) wäre deshalb ein dezidierter Einsatz, z.B. einem entsprechenden „Standard of Procedure“ folgend, der in diesem Artikel beschriebenen Techniken wünschenswert. Dabei würden mit dem Orthopantomogramm als Basisuntersuchung je nach Indikation befundbezogene TSA- und DVT-Untersuchungen folgen. □

References

1. Arai Y, Tammisalo E, Imai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computer tomography apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-248.
2. Bschorer R, Fuhrmann A, Gehrke G, Keese E, Uffelmann U. Die Darstellung des Canalis mandibulae mit der Unterkieferquerschnitt-Panoramatechnik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993;48:786-798.
3. Fuhrmann A, Rother U. Improved cross-sectional images with rotational panoramic radiography (Sirona Orthophos). Abstract-Band: European Congress on Dental and Maxillo-Facial Radiology, Köln 1995.
4. Haßfeld S, Streib S, Sahl S, Stratmann U, Fehrentz D, Zöller J. Low-dose-Computertomographie des Kieferknochens in der präimplantologischen Diagnostik. *Mund Kiefer GesichtsChir* 1998;2:188-193.
5. Haßfeld S, Stein W. Dreidimensionale Planung für die dentale Implantologie anhand computertomographischer Daten. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000;55:313-325.
6. Haßfeld S, Mühling J. Der Einsatz von Computer- und Robotertechnik in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Zahnärztliche Mitteilungen* 2000;23:58.
7. Heurich Th, Ziegler C, Steveling H, Wörtche R, Mühling J, Hassfeld S. Erweiterte Diagnostik im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung mittels digitaler Volumetomographie. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2002;6:427-432.
8. Jacobs K. Der Digitale Volumetomograph (DVT)-Eine neue Geräteklasse für zahnärztliches Röntgen. *DFZ* 2000;2:42-49.
9. Kaeppler G, Meyle J, Schulte W. Anwendung der Spiraltomographie in der zahnärztlichen Implantologie. *Z Zahnärztl Implantol* 1995;11:149-157.
10. Kaeppler G, Vogel A, Schulte W, Meyle J. Einsatz der multimodalen Radiographie in der präoperativen Planung bei osteolytischen Prozessen im Ober- und Unterkiefer. *Quintessenz* 1996;47:365-376.
11. Lecomber A R, Downes S L, Mokhtari M, Faulkner K. Optimisation of patient doses in programmable dental panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2000;29: 107-112.
12. Lecomber A R, Yoneyama Y, Lovelock D J, Hosoi T, Adams A M. Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:255-259.
13. Möbes O, Becker J, Schnelle C, Ewen K, Kemper J, Cohnen M. Strahlenexposition bei der digitalen Volumetomographie, Panoramiaschichtaufnahme und Computertomographie. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000; 55:336-339.
14. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Amdreis I A. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-1564.
15. Rother U. Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. München: Urban & Fischer, 2001.
16. Tammisalo E H, Tammisalo T. Multmodal radiography: a new imaging technique and system for oral diagnosis. *Proc Finn Dent Soc* 1991;87:259-270.
17. Visser H. Ergebnisse der Dosismessungen zur Strahlenexposition des Patienten bei Röntgenaufnahmen mit den Geräten Siemens Orthophos CD und Siemens Orthophos DS Ceph (2001, Persönliche Mitteilung).
18. Ziegler C M, Haßfeld S, Heil U, Tigör B, Mühling J. Transversale Schichtaufnahmen der Kiefer. *ZWR* 1999;108:91-96.

Address/Adresse:

Dr. Andreas W. Fuhrmann
 Universitätsklinikum
 Hamburg-Eppendorf
 Klinik und Poliklinik für ZMK
 Abteilung für Röntgendiagnostik
 Martinistraße 52
 D-20246 Hamburg, Germany
 Phone: +49 (0)40 42803 3252
 Fax: +49 (0)40 42803 4701
 E-Mail: afuhrman@uke.uni-hamburg.de



Dr. Andreas W. Fuhrmann

Member of scientific staff, Dept. of X-ray Diagnostics at the School of Dentistry, University Clinic Hamburg/Eppendorf, since 1978. As part of patient care, areas of responsibility include diagnostics of the entire viscerocranium. Instructor of radiology for dental students, University of Hamburg/Eppendorf. Research interests include all areas of dentomaxillofacial radiology: intraoral imaging techniques, pantomographic slice procedures, digital radiography, digital volume tomography. From 1979 to present, instructor of dental hygienists at North German Institute for Dental Assistants in Hamburg.

Seit 1978 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf in der Abteilung für Röntgendiagnostik der Zahn-, Mund- und Kieferklinik (Abteilungsleiter Prof.

Dr. U. Rother). Die Arbeitsgebiete umfassen im Rahmen der Krankenversorgung die gesamte Diagnostik des Gesichtsschädels.

Im Ausbildungsbereich maßgebliche Beteiligung am Röntgenkurs für die Zahnmedizinstudenten.

Im Forschungsbereich Arbeiten auf allen Gebieten der dento-maxillo-fazialen Radiologie: intraorale Aufnahmetechniken, Panoramiaschichtverfahren, digitale Radiographie, digitale Volumetomographie.

Im Rahmen der ZMF-Ausbildung seit 1979 Dozent am Norddeutschen Institut für Zahnarzthelferinnen in Hamburg.