Fachbeitrag

Digitale Volumentomographie

Minimale Dosisbelastung für maximale Sicherheit

Moderne Bildgebungsverfahren wie die digitale Volumentomographie (DVT) bilden auch in der Zahnmedizin die Basis für den Therapieerfolg. Im Praxisalltag wird die Entscheidung für oder gegen ein DVT-Gerät häufig von Anschaffungskosten, Raumbedarf und Bedienung abhängig gemacht – für die zahnmedizinische Anwendung relevant sind jedoch vor allem das Field of View (FOV) sowie die Strahlenbelastung. Die Reduktion dieser Belastung ist neben Strahlenschutzmaßnahmen ein wesentliches Ziel der modernen Röntgendiagnostik, macht doch die auf den Menschen wirkende Dosisexposition durch (zahn)medizinische Verfahren den Großteil der künstlichen Strahlenbelastung aus. Ein Ziel der Dosisminimierung besteht unter anderem darin, das FOV so klein wie möglich und so groß wie nötig zu gestalten – und ein Optimum an Diagnose- und Dosissicherheit zu erzielen.

Mit den heutigen Bildgebungsverfahren ist ein Name untrennbar verbunden: Wilhelm Conrad Röntgen. Die nach ihm benannten Strahlen ermöglichten, was zu seiner Zeit unvorstellbar schien – erstmals konnte man das Körperinnere ohne operativen Eingriff sichtbar machen. Eine Revolution der medizinischen Diagnostik stand bevor und im Laufe der Zeit wurden Filmfolien-Technik, Bildverstärker-Geräte sowie Kontrastmittel entwickelt, mit denen selbst kleinste Blutgefäße detailreich dargestellt werden können. Die Computertomografie (CT) ermöglichte schließlich die dreidimensionale Wiedergabe anatomischer Strukturen ohne Dimensionsverlust, während die relativ junge und im Vergleich zur CT strahlenreduzierte digitale Volumentomographie (DVT) [1] aktuell immer mehr dentale Einsatzbereiche für sich erschließt. Im Zuge der Röntgenstrahlenentdeckung wurden jedoch auch die schädlichen Effekte bekannt,

weshalb man bis zum heutigen Tage den Nutzen einer Untersuchung stets gegen das Risiko der Strahlenbelastung abwiegt.

DVT – auch hier gilt die rechtfertigende Indikation

Wie bei jeder Röntgenaufnahme gilt auch bei der DVT das ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable). Die Anwendung erfolgt immer mit der kleinstmöglichen Strahlendosis, die eine der Indikationsstellung angemessene Aussagekraft besitzt. Die hierzulande geltende Röntgenverordnung (RöV) führt hinsichtlich der Anfertigung von Aufnahmen drei Strahlengrundsätze an: Rechtfertigung (§ 2a), Dosisbegrenzung (§ 2b) sowie die Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung (§ 2c). Die rechtfertigende Indikation ist in § 23, Abschnitt 1, näher geregelt und erfordert „die Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung am Menschen gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt“ [2]. Generell gilt darüber hinaus, dass Kinder und Jugendliche ein erheblich erhöhtes Risiko von Folgeschäden nach einer Exposition mit ionisierender Strahlung (wie Röntgenstrahlen) aufweisen [3], weswegen bei ihnen wie auch bei Schwangeren eine besonders sorgfältige Nutzen-Risiko-Abwägung zu erfolgen hat. Dem praktisch tätigen Zahnarzt gibt aus internationaler Sicht die ICRP (International Commission on Radiological Protection) Empfehlungen für einen sinnvollen Einsatz der Bildgebungsverfahren. In Deutschland existiert hierfür u. a. die aktuelle Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), die auch das empfohlene Indikationsspektrum konkretisiert [4].

Effektive Dosis als Referenzwert

Zum Vergleich verschiedener Strahlenexpositionen wurde der Begriff „effektive Dosis“ eingeführt, der die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe und Gewebe bezüglich der strahlenbedingten Auslösung einer Krebserkrankung oder eines genetischen Defekts berücksichtigt (Einheit: Sievert bzw. Sv). Grundsätzlich sind alle Menschen einer gewissen Strahlung (Dosis) ausgesetzt, u. a. der natürlichen im Boden (terrestrische Strahlung) oder aus dem Weltall (kosmische Strahlung). Das Ausmaß der natürlichen Strahlenexposition steigt daher mit zunehmender Höhe – nach Angaben der Universität Zürich beträgt sie in 11.000 m

Höhe über dem Meeresspiegel 0,012 mSv. Bei einem zehnstündigen Flug in dieser Höhe beträgt die Strahlenbelastung demnach 0,12 mSv [5], was nach Zahlen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) in etwa einer Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule oder ungefähr zehn Zahnaufnahmen entspricht [6]. Die natürliche Strahlenbelastung liegt nach Angaben des BfS im Schnitt bei jährlich ca. 2,1 mSv, der Anteil künstlicher Strahlung bei etwa 1,8 mSv. Den Großteil künstlicher Strahlung nehmen medizinische Diagnose- und Therapieverfahren ein. Zwar beträgt der Anteil der Zahn- und Kieferdiagnostik hier 37 %, bezüglich der gesamten effektiven Strahlendosis jedoch lediglich nur 0,2 % [7]. Die mit Abstand höchste zivilisatorische Strahlenbelastung kommt demnach aus dem medizinischen Bereich, weshalb dem Strahlenschutz und der Dosisminimierung höchste Aufmerksamkeit zu widmen ist – auch in der Zahnmedizin.

Strahlenschutz an erster Stelle

Während sich das Aufnahmepersonal durch Bleiglasbrillen, Schilddrüsenschutz, Bleigummischürzen sowie zusätzlich durch Bleigummidecken schützt, sind neben den röntgenrelevanten Regionen auch nicht untersuchte Körperteile des Patienten der Strahlung ausgesetzt. Das Anlegen von Bleischürze und Keimdrüsenschutz am Patienten ist hier nicht nur unbedingte Pflicht, sondern sollte auch fachgerecht umgesetzt werden. Dem Patienten sind die Notwendigkeit und den Nutzen der geplanten DVT-Aufnahmen zu erläutern – sowie das damit verbundene Risiko. Der Hinweis auf das Streben nach dem größtmöglichen Strahlenschutz bzw. der kleinstmöglichen Strahlenbelastung sowie die Aussagekraft der DVT-Aufnahmen kann hilfreich sein. Für Patienten ist das Führen eines Röntgenpasses eine sinnvolle Eigenkontrolle; dies ist zwar freiwillig, wird jedoch dringend empfohlen (zahnärztliche Praxen und Kliniken, die Röntgenuntersuchungen durchführen, müssen gemäß § 28 RöV einen Röntgenpass bereithalten und anbieten). Der Nutzen liegt klar auf der Hand, darüber hinaus vermeidet der Behandler unnötige Röntgenuntersuchungen.

Dosisminimierende Gerätefunktionen

Auch die Gerätehersteller arbeiten kontinuierlich daran, die Dosis für DVT-Aufnahmen weiter zu reduzieren bzw. stellen diverse Funktionen zur Strahlenreduktion bereit. Aufgrund der relativ neuen DVT-Technik ist die Datenlage mit hohem Evidenzgrad zur Dosisexposition eher gering. Als sicher gilt jedoch, dass die Strahlendosis von der Gerätebauart und den technischen Parametern (u. a. Röhrenspannung/-stromstärke) sowie vom gewählten FOV anhängig ist. Je mehr FOV zur Verfügung stehen, desto besser kann der Anwender die zu untersuchende Region eingrenzen und die Dosisexposition minimieren – moderne Systeme bieten hierfür eine große Auswahl an FOV (z. B. 3D Accuitomo 170, Morita). Beim 3D Accuitomo 170 beispielsweise verfügt der Behandler über neun verschiedene Aufnahmevolumina von Ø 40 x 40 mm über Ø 80 x 80 mm bis hin zu Ø 170 x 120 mm. Ein Vergleich von Werten auf der Grundlage vorliegender Messungen des Herstellers Morita mit dem CTDIw-Wert für Aufnahmen der Kopf- und Hals-Region zeigt zudem, dass die Röntgendosis bei einer 18-Sekunden-Aufnahme im Standard-Modus weniger als 1/7 des entsprechenden Wertes bei einem herkömmlichen CT-Scan beträgt. [8] Im sogenannten Hochgeschwindigkeitsmodus kann der Anwender eine 360°-Aufnahme in nur 10,5 Sek. und eine 180°-Aufnahme in nur 5,4 Sek. anfertigen, was die Strahlendosis sowie Bewegungsartefakte nochmals vermindert.

Ein weiterer Ansatz ist die Anpassung des FOV an die Region of Interest, beispielsweise in Form eines innovativen „Reuleaux-Dreiecks“ zur Steigerung der Deckungsgleichheit mit dem natürlichen Kieferbogen (FOV R100, wobei das „R“ für Reuleaux steht). Dieses, beim Kombinationsgerät Veraviewepocs 3D R100 (3D-, Panorama- und Cephalometrieaufnahmen, Morita) verfügbare Sichtfeld hält das bestrahlte Volumen möglichst klein und die Strahlendosisbelastung gering (Abb. 1). In Zahlen entspricht das R100-Sichtfeld im molaren Bereich einem Ø 100 × 80 mm – von der Dosis her jedoch dem eines Ø 80 × 80 mm. Zur Dosisminimierung steht bei diesem System zudem ein Panoramascout bereit, der den erforderlichen Ausschnitt für eine DVT-Aufnahme vorm Röntgen bestimmt, sowie ein Dosis-Reduktions-Programm, das die Effektivdosis um bis zu 40 % im Vergleich zum Standardprogramm minimiert. Durch die Drehung des C-Arms um 180° ist der Patient mit einer Strahlenexpositionszeit von 9,4 Sek. nur eine relativ

kurze Zeit den Röntgenstrahlen ausgesetzt, während die Effektivdosis nur noch 1,8 der Strahlenbelastung herkömmlicher Panorama-Röntgengeräte mit Filmentwicklung entspricht [9] und der CTDIw-Wert lediglich 1/5 im Vergleich zu herkömmlichen CT-Geräten beträgt [10] (Werte basieren auf Messungen des Herstellers). Unabhängig vom Gerätefabrikat ist es bei der Anwendung erforderlich, alle Maßnahmen der Qualitätssicherung zu ergreifen, die sowohl die Technik als auch die Prozedur umfassen – zusätzlich sollte die Röntgeneinrichtung freilich in einem technisch einwandfreien Zustand sein. Darüber hinaus sind jegliche Maßnahmen zur Dosisverringerung sinnvoll, solange die für die Fragestellung relevante Bildqualität nicht beeinträchtigt wird.

Fazit

Die DVT hat sich mittlerweile als erweiterte Röntgendiagnostik in der Zahnheilkunde etabliert und insbesondere in Fällen, „bei denen es besonders auf eine reduzierte Strahlenexposition unter bewusster Inkaufnahme der dadurch bedingten, systemimmanent veränderten Bildparameter ankommt, ist der DVT der Vorzug zu geben“ [4]. Nach wie vor im Fokus aller Beteiligten bleibt das Bestreben, die Dosis möglichst klein zu halten bzw. weiter zu minimieren. Denn obgleich des Strahlenrisikos ist der Nutzen der DVT für ein breites zahnmedizinisches Indikationsspektrum unbestritten – und dieser Nutzen weitet sich kontinuierlich auf weitere Einsatzfelder aus.

Literatur

[1] European Commission. Radiation Protection no 172: Cone beam ct for dental and Maxillofacial radiology. Evidence based guidelines: Evidence based guidelines. A report prepared by the sedentexct project (2012)

[2] Röntgenverordnung (RöV). Neufassung vom 30. April 2003, zuletzt geändert am 04. Oktober 2011, § 23, Seite 14. Abruf am 12.11.2014 unter: http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/1A_Atomrecht/1A_14_RoeV_1011.pdf

[3] Horner K, Rusthon V, Walker A, Tsiklakis K, Hirschmann PN, van der Stelt, PF et al. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice: European Commission (2004)

[4] Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). S2k-Leitlinie - Dentale digitale Volumentomographie. Version Nr. 9 vom 05. August 2013. Abruf am 12.11.2014 unter: http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/083-005l_S2k_Dentale_Volumentomographie_2013-10.pdf

[5] Universitätsspital Zürich. Strahlendosen verschiedener Röntgenuntersuchungen. Abruf am 12.11.2014 unter:

http://www.radiologie.usz.ch/patientenundbesucher/sicherheitstrahlenschutz/roentgendiagnostik/seiten/strahlendosen.aspx

[6] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Röntgen: Nutzen und Risiko. September 2013. Abruf am 12.11.2014 unter: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/ionisierende_strahlung/medizin/BRO_Roentgen_Nutzen_und_Risiko.pdf

[7] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Röntgendiagnostik – schädlich oder nützlich? Juli 2013. Abruf am 12.11.2014 unter: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/ionisierende_strahlung/medizin/STTH_Roentgen.pdf

[8] Vergleich des CTDIw-Wertes gemäß IEC 60601-2-44 mit den von Morita empfohlenen Aufnahmeeinstellungen und dem im Appendix A zur ICRP-Veröffentlichung 87 angegebenen diagnostischen CTDIw-Referenzwert für Gesicht, Kieferhöhle und Nasennebenhöhlen. http://www.morita.com/anz/root/img/pool/products/ent/diagnostic_and_imaging_equipment/3d_accuitomo_170/3DAccuitomo_SCS_klein.pdf

[9] Effektivdosis wurde berechnet auf Grundlage von ICRP 2007 für Aufnahmen der mandibularen Molar-Region mit dem von Morita empfohlenen Werten (80 kv, 3 mA, 9,4 sek.,ø40 x H 40 mm), als Vergleich dient der Veraviewepocs Film (75 kV, 8 mA, 16 sek.) http://www.jmoritaeurope.de/3d-imaging/img/veraviewepocs3d_de.pdf

[10] CTDIw-Wert-Berechnung erfolgte nach IEC 60601-2-44 mit dem von Morita empfohlenen Werten. Als Vergleich dient der CTDIw-Wert für maxillofacialen und paranasalen Sinus in ICRP Pub. 87 Appendix A (Aufnahme für ø 40 x H 40 mm). http://www.jmoritaeurope.de/3d-imaging/img/veraviewepocs3d_de.pdf

Abbildungen

Abb. 1: Deckt die natürliche Form des Kieferbogens zur Dosisminimierung ab: FOV R100 (Morita)