

Jörg Philipp Tchorz, Karl-Thomas Wrbas, Elmar Hellwig

Guided endodontic access of a calcified mandibular central incisor using a software-based three-dimensional treatment plan

A case report

Die geführte endodontische Zugangskavität eines obliterierten Unterkieferfrontzahns mithilfe einer software-basierten 3-D-Behandlungsplanung

Ein Fallbericht

Zusammenfassung

Der vorliegende Fallbericht beschreibt die dreidimensionale Planung und den Behandlungsablauf einer geführten endodontischen Zugangskavität an einem Unterkiefer Schneidezahn mit ausgeprägter Wurzelkanalobliteration. Der Zugang zum verbliebenen Wurzelkanallumen wurde virtuell mit Hilfe der digitalen Volumentomographie (DVT) und der Sicat Endo Software (Fa. Sicat, Bonn, Deutschland) geplant. Sicat erstellte den entsprechenden Accessguide nach Überlagerung eines digitalisierten Modells mit dem virtuellen Behandlungsplan. Der klinische Zugang erfolgte anschließend mit einem Hartmetallbohrer mit einem Durchmesser von 1,2 mm. Nachdem der Wurzelkanal erfolgreich lokalisiert werden konnte, wurde er chemo-mechanisch desinfiziert, getrocknet und unter Verwendung einer warmen vertikalen Kompaktionstechnik obturiert.

Schlüsselwörter: DVT, geführter endodontischer Zugang, Obliteration, Wurzelkanalbehandlung, Sicat Endo

Einleitung

Der Begriff Obliteration beschreibt die Anlagerung von Hartgewebe entlang der Wurzelkanalinnenwand, was zu einer Einengung des Kanallumens und somit zur Verringerung des Wurzelkanaldurchmessers führt. Klinisch kann dies zum Beispiel bei kariösen oder restaurierten Zähnen beobachtet werden, tritt jedoch aufgrund von altersbedingten Pulpaveränderungen auch bei gesunden Zähnen älterer Patienten auf¹⁻³. Ausgeprägte Obliterationen treten häufig auch als

Abstract

This case report describes the digital and clinical workflow of a guided endodontic access approach in a mandibular central incisor with pulp canal calcification (PCC). The access to the remaining pulp space was planned virtually using cone beam computed tomography (CBCT) and the Sicat Endo software (Sicat, Bonn, Germany). Sicat produced the corresponding Accessguide after matching a digitized cast model and the virtual treatment plan. The clinical access was prepared using a carbide bur with a diameter of 1.2 mm. After the root canal was localized successfully, it was disinfected chemomechanically, dried, and obturated using a warm vertical compaction technique.

Keywords: calcification, CBCT, guided endodontics, root canal treatment, Sicat Endo

Introduction

Pulp canal calcification (PCC) describes the apposition of hard tissue along the root canal wall, resulting in a circular reduction of pulp space volume and root canal diameter. PCC can be observed in decayed or restored teeth, but also occurs in the healthy mature teeth of elderly patients due to age-related changes of the dental pulp complex.¹⁻³ Severe PCC most commonly occurs as a sequela of dental trauma and usually affects the anterior teeth.⁴⁻⁶ Whereas discolora-

tion of teeth presenting with PCC occurs frequently, in most cases no endodontic intervention is necessary.^{7,8} However, the incidence of subsequent pulp necrosis in teeth displaying PCC seems to increase over time.⁷ There is a high risk of iatrogenic errors in the treatment of these cases, as PCC complicates the clinical access to the remaining pulp canal space by the time a necrosis has occurred.⁵ A three-dimensional (3D) radiographic technique such as cone beam computed tomography (CBCT) is helpful in planning complex endodontic cases in general.⁹ Although CBCT can be utilized to virtually plan the depth and axis of the access cavity, clinician experience and the operating microscope (OM) are mandatory for actually localizing the remaining pulp space clinically.^{10,11} The concept of guided endodontics has been introduced recently to overcome these difficulties.¹²⁻¹⁵ For this technique, a CBCT scan and a digital impression of the patient's jaw are matched, followed by virtual drill path planning and computer-aided design (CAD) of the corresponding guide.¹⁵ Until recently, there was no software specifically for this purpose, so most authors used software solutions that were originally designed for surgical purposes, and produced individual guides using a 3D printer.¹⁶⁻¹⁸ However, a general practitioner cannot easily implement this workaround without additional technical knowledge, the appropriate software, an intraoral scanner, and a cost-intensive 3D printer.

Sicat Endo (Sicat, Bonn, Germany) has been developed to meet this need. It is primarily focused on this new endodontic procedure and helps the operator to plan an ideal access cavity (eg, outline, depth, axis), visualize complex root canal morphologies, predetermine root canal lengths, and design access guides for calcified teeth. The latter, known as Sicat Accessguides, and the corresponding burs can easily be ordered from Sicat subsequently. The following case report demonstrates a 3D treatment plan, the design of an Accessguide, and the final endodontic treatment (step by step) of a mandibular central incisor with PCC.

Case report

A 42-year-old female patient was referred to an endodontic specialist for root canal treatment. The patient reported minor symptoms with tenderness to percussion in the mandibular left central incisor for several weeks before she contacted the referring dentist. The patient was aware of a slight discoloration that she had noticed for years. She could not remember any dental trauma. During the clinical examin-

Folge eines dentalen Traumas insbesondere an Frontzähnen auf⁴⁻⁶. Obwohl Obliterationen zu Zahnverfärbungen führen, ist in den meisten Fällen per se keine endodontische Behandlung erforderlich^{7,8}. Die Inzidenz einer Pulpanekrose scheint jedoch im Laufe der Zeit zuzunehmen⁷. Die Behandlung dieser Fälle birgt ein hohes Risiko für iatrogene Fehler, da Obliterationen den klinischen Zugang zum verbliebenen Wurzelkanallumen massiv erschweren können⁵. Eine dreidimensionale Röntgentechnik wie die digitale Volumentomographie (DVT) ist bei der Planung komplexer endodontischer Fälle im Allgemeinen sehr hilfreich⁹. Obwohl Tiefe und Achse der Zugangskavität mit Hilfe der DVT präzise virtuell geplant werden können, sind Erfahrung und das Operationsmikroskop (OM) für die klinische Lokalisierung des Wurzelkanals unerlässlich^{10,11}. Das kürzlich beschriebene Konzept des geführten endodontischen Zugangs soll die Darstellung obliterierter Wurzelkanäle vereinfachen¹²⁻¹⁵. Bei dieser Technik werden Daten der DVT und ein optischer Abdruck des Patientenkiefers überlagert, um anschließend einen virtuellen Bohrkanal mit entsprechender Führungshülse zu planen¹⁵. Da es bisher keine spezielle Software für diese Zwecke gab, verwendeten die meisten Autoren Softwarelösungen, die ursprünglich für implantologische Zwecke entwickelt wurden, und erstellten individuelle Schienen mit Hilfe eines 3-D-Druckers¹⁶⁻¹⁸. Ein Allgemeinzahnarzt kann diesen Ansatz jedoch nicht ohne entsprechende Software, einen Intraoralscanner, einen kostenintensiven 3-D-Drucker und technisches Know-how in die Praxis umsetzen.

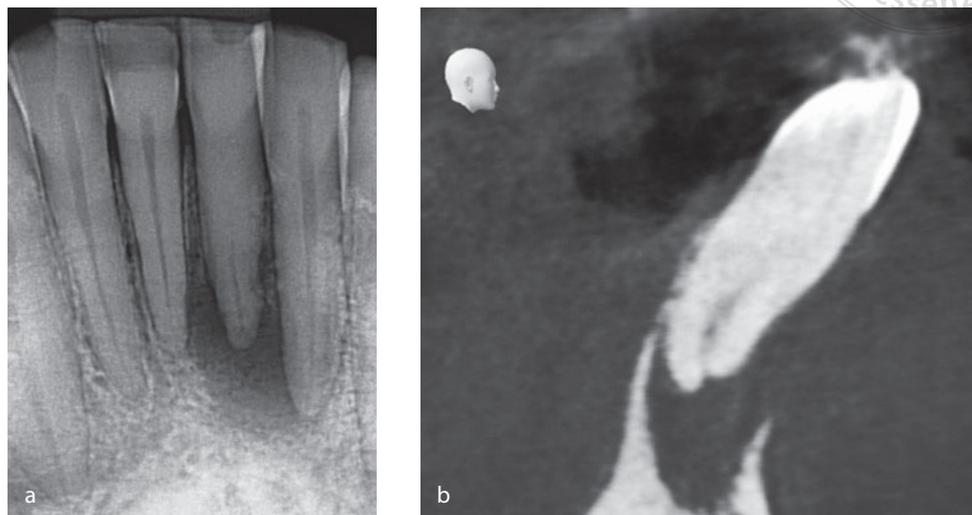
Die Sicat Endo Software ist speziell für diese neuen endodontischen Verfahren konzipiert. Die Software unterstützt den Anwender bei der Planung einer idealen Zugangskavität (z. B. Umrissform, Achse, Tiefe), bei der Beurteilung komplexer Kanalmorphologien, Bestimmung der Wurzelkanallängen und beim computerunterstützten Design von Schienen für geführte endodontische Zugänge. Diese sogenannten Sicat Accessguides und die dazugehörigen Bohrer können anschließend beim Hersteller bestellt werden. Der folgende Fallbericht demonstriert Schritt für Schritt den dreidimensionalen Behandlungsplan, den Entwurf eines Accessguides und die abschließende endodontische Behandlung eines obliterierten Unterkieferschneidezahns.

Fallbericht

Eine 42-jährige Patientin wurde zur Wurzelkanalbehandlung an einen Spezialisten für Endodontologie überwiesen. Die Patientin berichtete von einem leichten Perkussionsschmerz

Fig 1a and b Preoperative periapical radiograph (a) and CBCT scan (b) showing pulp canal calcification (PCC) and apical periodontitis.

Abb. 1a und b Präoperatives Röntgenbild (a) und DVT (b) zeigen Anzeichen von Obliteration und apikaler Parodontitis.



an ihrem linken mittleren Unterkieferschneidezahn. Diese Symptomatik bestand bereits seit einigen Wochen. Die Patientin hatte zwar seit Jahren eine leichte Zahnverfärbung bemerkt, empfand diese jedoch als nicht störend. Sie konnte sich an kein dentales Trauma erinnern. Während der klinischen Untersuchung reagierte der Zahn nicht auf thermische und elektrische Reize. Eine Röntgenaufnahme (Abb. 1a) ergab eine Obliteration des Wurzelkanals bis ins apikale Wurzel Drittel und eine periapikale Parodontitis. Im Rahmen der Aufklärung wurden das Risiko eines erhöhten Substanzverlustes sowie einer Perforation beim Versuch den Zugang visuell mit Hilfe des OM durchzuführen erläutert. Aufgrund dieses Risikos wurde gemeinsam besprochen, einen geführten endodontischen Zugang zu legen.

Dreidimensionale Behandlungsplanung

Eine DVT-Aufnahme (Abb. 1b) wurde erstellt (Orthophos SL, 5 x 5 cm Volumen, 80 µm Voxelgröße; Fa. Dentsply Sirona, Bensheim, Deutschland) und in der Bildgebungssoftware Sidexis 4 (Fa. Dentsply Sirona) ausgewertet. Anschließend wurde die Aufnahme in der Sicat Endo Applikation geöffnet, welche den Anwender schrittweise durch die einzelnen Planungsschritte führt. Nach dem Einstellen der Zahnachse wurde der Wurzelkanal manuell zwischen dem apikalen Foramen und der Inzisalkante mit der sogenannten Endoline markiert (Abb. 2a). Nachfolgend kann die Ansicht 360 Grad um diese Endoline gedreht werden, um ihre zentrische Platzierung zu kon-

ation, the tooth failed to respond to thermal and electrical tests. A radiograph (Fig 1a) revealed a PCC up to the apical third of the root, and periapical periodontitis. After discussing possible risks, such as substance loss and perforation when trying to perform an access visually under the OM, it was decided to perform a guided access.

Three-dimensional treatment plan

A CBCT scan (Fig 1b) was performed (Orthophos SL, 5 x 5 cm volume, 80 µm voxel size; Dentsply Sirona, Bensheim, Germany) and analyzed using Sidexis 4 (Dentsply Sirona) imaging software. The scan was then opened in the Sicat Endo application, which guides the user step by step through the entire planning procedure. After adjusting the tooth axis, the root canal was marked manually between the apical foramen and the incisal edge using a so-called Endoline (Fig 2a). Afterwards, the view can be rotated 360 degrees around this Endoline to control its centered placement and to make corrections, if necessary. The Endoline is helpful to visualize the root canal morphology in complex cases, and its length indicates the predetermined root canal length between the chosen landmarks. The straight access was planned in the following step by adjusting the depth and axis of a simulated drill path (Fig 2b). Additionally, the position of the occlusal cylindrical drill sleeve was corrected so that it did not interfere with the incisal edge of the tooth (Fig 2c). As no intraoral scanner was available, an alginate impression was taken, and both the plaster cast and the digital CBCT-based treatment plan were sent to Sicat. Sicat then performed an image match

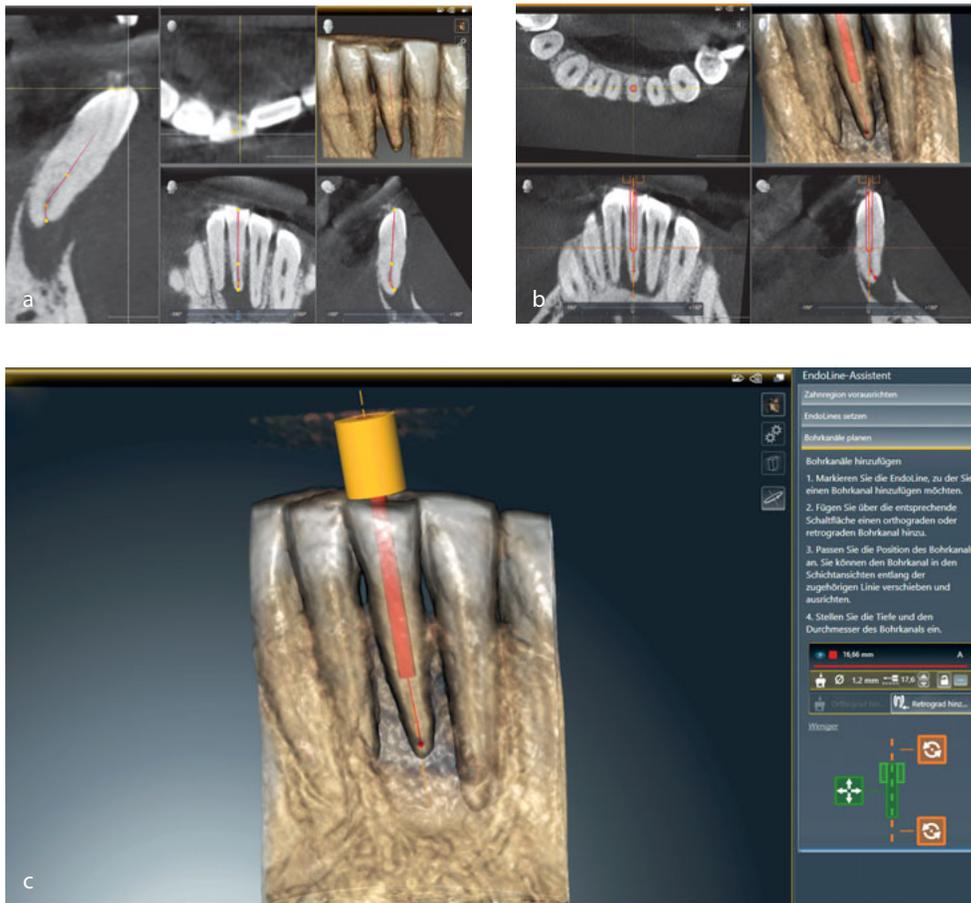


Fig 2a to c Virtual planning with Sicat Endo. After the root canal was marked using the so-called Endoline (a), the depth and axis of the drill path was planned (b). In the axial view, whether the drill path was placed within the center of the root outline was also checked. Finally, the position of the occlusal cylindrical drill sleeve was corrected so that it did not interfere with the incisal edge of the tooth (c).

Abb. 2a bis c Digitale Planung mit Sicat Endo. Nachdem der Wurzelkanal mit einer sogenannten Endoline markiert wurde (a), wurden Tiefe und Achse des Zugangs geplant (b). In der axialen Ansicht wurde zusätzlich überprüft, ob der Zugang zentral innerhalb der Wurzelkontur liegt. Abschließend erfolgte die Anpassung der Position der okklusalen Führungshülse, sodass keine Interferenz mit der Inzisalkante des Zahnes bestand (c).

of the scanned plaster cast and the CBCT data (Fig 3) and checked the entire treatment plan for procedural errors before producing the Accessguide.

Guided access and root canal treatment

The perfect fit of the Accessguide was checked both before and after rubber dam was placed (Fig 4a). A small mark was made through the guide to locate the initial access at the incisal edge, and the enamel at this point was removed using a diamond-coated bur (Fig 4b). The provided 24-mm-long spiral carbide bur had a diameter of 1.2 mm (Hager & Meisinger, Neuss, Germany). The rubber stop was placed on the depth of the virtual access as indicated in the 3D plan. The bur was operated at a speed of 5000 rpm using an intermittent technique (Fig 4c). Continuous fluid was supplied by a syringe to allow for the sufficient removal of debris. The Accessguide was removed every 2 to 3 mm, the bur was cleaned, and the cavity was

trollieren und gegebenenfalls Korrekturen vorzunehmen. Die Endoline ist hilfreich, um die Wurzelkanalmorphologie komplexer Fälle zu visualisieren. Sie zeigt die Wurzelkanallänge zwischen den gewählten Referenzpunkten an. Der geradlinig geführte Zugang wurde im folgenden Schritt durch Einstellen von Tiefe und Achse eines simulierten Bohrpfad geplant (Abb. 2b). Zusätzlich wurde die Position der okklusalen zylindrischen Führungshülse korrigiert, sodass keine Interferenz mit der Inzisalkante des Zahns bestand (Abb. 2c). Da kein Intraoralscanner verfügbar war, wurde ein Alginatabdruck des Kiefers angefertigt und sowohl das Gipsmodell als auch der digitale Behandlungsplan an Sicat gesendet. Das Unternehmen führte anschließend eine Überlagerung des digitalisierten Gipsmodells und der DVT-Aufnahme durch (Abb. 3) und überprüfte den gesamten Behandlungsplan auf Planungsfehler, bevor der Accessguide hergestellt wurde.

Fig 3a and b Matching of the digitized plaster cast and the CBCT scan.

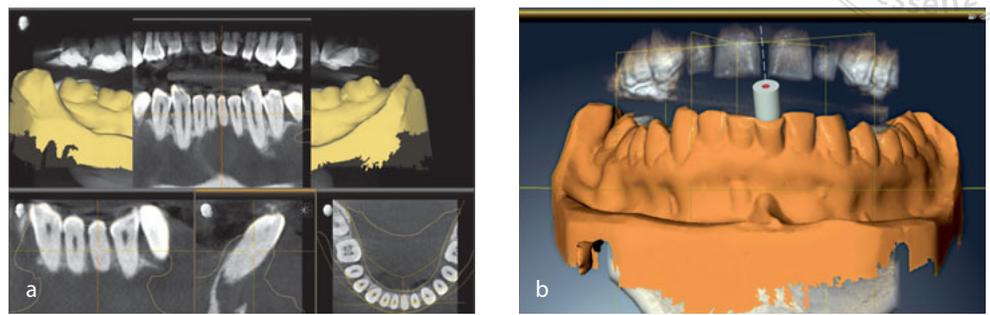


Abb. 3a und b Überlagerung von digitalisiertem Modell und DVT (a, b).

Fig 4a to d The perfect fit of the Accessguide was checked before and after rubber dam was placed (a). The enamel was removed at the incisal edge using a diamond-coated bur (b) before the guided access was prepared (c). After the root canal was located, its length was determined using an electronic apex locator (d).



Abb. 4a bis d Die Passgenauigkeit des Accessguide wurde nach der Platzierung des Kofferdam überprüft (a). Der Schmelz wurde mithilfe eines diamantierten Bohrers entfernt (b), um anschließend den geführten Zugang zu präparieren (c). Nach der Lokalisierung des Wurzelkanals wurde dessen Länge elektrometrisch überprüft (d).

Geführter endodontischer Zugang und Wurzelbehandlung

Die Passung des Accessguide wurde vor und – zusätzlich – nach dem Applizieren des Kofferdam überprüft (Abb. 4a). Durch die Führungshülse wurde der Zugangspunkt an der Schneidekante lokalisiert und anschließend der Zahnschmelz an dieser Stelle mit einem diamantierten Bohrer entfernt (Abb. 4b). Der mitgelieferte 24 mm lange spiralförmige Hartmetallbohrer hatte einen Durchmesser von 1,2 mm (Fa. Hager & Meisinger, Neuss, Deutschland). Der Gummistopfer wurde auf die Tiefe des virtuellen Zugangs im dreidimensionalen Behandlungsplan eingestellt und

rinsed by syringe and needle. After the bur reached two-thirds of the estimated depth, the OM and a No. 10 K-file were used to check whether the remaining canal had already been reached. Once the remaining canal was finally reached just short of the estimated depth, the root canal length was checked using an electronic apex locator (Raypex 6; VDW, Munich, Germany), and a manual glide path was prepared using a No. 10 K-file (Fig 4d). The canal was then enlarged with RECIPROC instruments up to size R25 (VDW) and irrigated with ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and sodium hypochlorite (NaOCl), including passive ultrasonic activation. It was then dried with paper points and finally obturated using a warm vertical compaction technique (Fig 5).

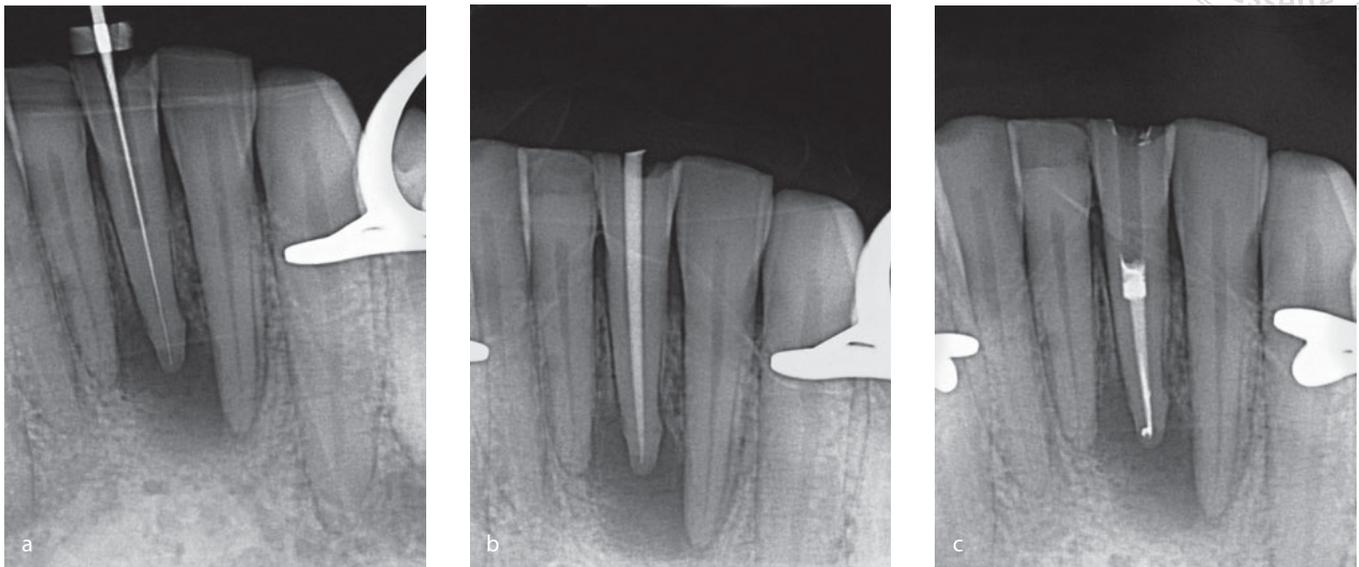


Fig 5a to c Checking of the successful root canal localization (a), mastercone fit (b), and final radiograph (c).

Abb. 5a bis c Messaufnahme (a), röntgenologische Kontrolle des Masterpoints (b) und Abschlusskontrolle (c).

Discussion

During clinical practice, gaining access to a calcified root canal is often associated with a high risk of iatrogenic errors, which can be stressful for the practitioner. Even for an experienced endodontic specialist it can be a time-consuming procedure.¹¹ A technique that could simplify the treatment of these cases was recently described as 'guided endodontics'.^{13,14} As the name suggests, the clinical approach was adapted by guided implantology.¹⁹ While the accuracy of surgical drill guides is well documented, and good results are achievable regarding the precision of implant positioning, a safety distance from adjacent anatomical structures is still mandatory due to possible deviations in the digital and clinical workflow.¹⁹⁻²¹ In endodontics, the requirements regarding the accuracy of a guided drill path are much higher. Due to the dimensions of the root and the diameter of the remaining pulp space, even small deviations of depth and angulation could lead to failure.

Buchgreitz et al²² evaluated the precision of guided access cavity preparations in 50 patients, most of whom were diagnosed with PCC, and associated with signs of apical periodontitis. Using a guided endodontic access cavity, they successfully located the remaining canal in all cases. Regarding the extent of the PCC, they observed an extension into the apical region in 50% of the cases. Whereas the

intermittierend mit einer Geschwindigkeit von 5000 rpm betrieben (Abb. 4c). Mit Hilfe einer Spülkanüle wurde kontinuierlich Flüssigkeit zugeführt, um eine Verblockung von Dentinspänen zu vermeiden. Zusätzlich wurde der Accessguide alle 2 bis 3 mm entfernt, der Bohrer gereinigt und der Zugang gespült. Nachdem zwei Drittel der geschätzten Tiefe erreicht waren, wurde regelmäßig mit OM und einer #10 K-Feile überprüft, ob das verbliebene Kanallumen bereits sondiert werden konnte. Nachdem der Kanal schließlich knapp vor der geplanten Tiefe lokalisiert werden konnte, wurde die Wurzelkanallänge elektrometrisch verifiziert (Raypex 6, Fa. VDW, München, Deutschland) und ein manueller Gleitpfad mit einer #10 K-Feile präpariert (Abb 4d). Der Kanal wurde anschließend mit Reciproc-Instrumenten (VDW) bis zur Größe R25 erweitert, ultraschallaktiviert mit EDTA und NaOCl gespült, mit Papierspitzen getrocknet und mit einer warm vertikalen Kompaktionstechnik obturiert (Abb. 5).

Diskussion

Im Praxisalltag ist die Darstellung eines obliterierten Wurzelkanals häufig mit einem großen Risiko für iatrogene Fehler und folglich auch mit Stress für den Behandler verbunden. Selbst für erfahrene Spezialisten stellt dies eine

zeitaufwändige Behandlung dar¹¹. Eine Technik, die diese Behandlungen vereinfachen könnte, wurde kürzlich unter dem Begriff *Guided Endodontics* beschrieben^{13,14}. Wie der Begriff bereits suggeriert, beruht das klinische Vorgehen auf einem ähnlichen Ansatz wie er in der geführten Implantologie angewandt wird¹⁹. Obwohl die Genauigkeit der implantologischen Bohrschablonen gut dokumentiert ist und damit sehr gute klinische Ergebnisse erzielt werden können, ist aufgrund möglicher Abweichungen im digitalen und klinischen Arbeitsablauf dennoch ein Sicherheitsabstand zu benachbarten anatomischen Strukturen erforderlich¹⁹⁻²¹. Die Anforderungen an die Genauigkeit eines geführten Zugangs sind in der Endodontie jedoch wesentlich höher. Aufgrund der Dimension der Wurzel und des Durchmessers des obliterierten Kanallumens können bereits geringe Abweichungen in Bezug auf Achse und Tiefe zu klinischem Misserfolg führen.

Buchgreitz et al.²² untersuchten die Präzision von geführten Zugangskavitäten bei 50 Patienten. Bei der Mehrheit von ihnen lagen obliterierte Wurzelkanäle vor und es gab Anzeichen einer apikalen Parodontitis. Mit Hilfe eines geführten endodontischen Zugangs konnte der Wurzelkanal in allen Fällen erfolgreich lokalisiert werden. In Bezug auf das Ausmaß der Obliteration beobachteten sie in 50 % der Fälle eine Ausdehnung bis in apikale Regionen. Während das Ausmaß der Obliteration im Oberkiefer tendenziell größer war, beobachteten sie eine höhere Präzision des geführten Zugangs in Unterkieferzähnen. Sowohl die Ausdehnung der Obliteration als auch die Tiefe des Zugangs hatten jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die klinische Präzision. Sie machten jedoch eine interessante Beobachtung hinsichtlich der dreidimensionalen Behandlungsplanung: insbesondere in Fällen mit stark ausgeprägter Obliteration lag die geplante Tiefe des klinischen Zugangs häufig tiefer als das tatsächlich verbliebene Wurzelkanallumen. Obwohl der Kanal auch in diesen Fällen präzise lokalisiert werden konnte, hätte der Zugang kürzer geplant und weiter koronal enden können. Diese Tatsache sollte bei der Durchführung eines geführten Zugangs berücksichtigt werden. Um den Substanzverlust zu minimieren, sollte die Kavität bereits vor der geplanten finalen Tiefe in regelmäßigen Abständen mit dem OM visuell kontrolliert und mit dünnen Instrumenten taktile sondiert werden. Auch im aktuell beschriebenen Fall befand sich das verbliebene Wurzelkanallumen bereits etwas weiter koronal als die virtuell geplante Tiefe. Eine mögliche Erklärung könnte die Auflösung der DVT sein, welche die Möglichkeit, kleinste Kanallumen röntgenologisch darzustellen, beeinflusst²². Folglich

length of the PCC was greater in the maxillary teeth, the guided access was observed to be more precise in the mandibular ones. However, both the extent of the PCC and the length of the drill path had no significant influence on clinical precision. The authors made an interesting observation regarding the 3D treatment plan. Especially in cases with severe PCC, the final clinical drill path was often located at a greater depth than the remaining pulp space. Although they observed high precision scores in these cases, access to the remaining canal could have been reached more coronally. This fact should be borne in mind when performing a guided access. In order to minimize substance loss, the cavity should be evaluated at regular intervals visually using an OM, and by tactile probing even before the drill path reaches its apical extent. Also, in the present case report, the remaining pulp space was already located slightly shallower than the virtual planned depth. A possible explanation could be the spatial resolution of the CBCT, which has shown to influence the possibility of detecting small-sized pulp spaces radiographically.²³ Consequently, a complete PCC diagnosed by CBCT does not necessarily mean that a remaining canal structure cannot be found clinically. In cases where the root canal cannot be visualized during the 3D planning, the drill path should always be planned centered within the root outline. To reduce the risk of perforation, the diameter of the access bur should be chosen depending on the root diameter at the planned access depth. In current studies and case reports, the reported bur diameter for guided access ranges between 0.8 and 1.5 mm.^{13,14,17,18,22} Independent of the bur diameter, high success rates and low deviations were observed in two individual *ex vivo* studies.^{14,15}

Although the time needed for localizing the remaining pulp space in the present case report was only approximately 10 min, the planning and preparation time was longer compared with a non-guided case. Similar observations have been made by other authors.^{17,24} Nonetheless, the entire planning process with Sicat Endo is probably still faster than when using a workaround, as described in previous case reports and studies.¹²⁻¹⁸ As many practitioners find root canal treatments stressful to perform,²⁵ the reduced treatment time is a major advantage, especially in complex cases with PCC. From the clinical perspective, the application of an Accessguide provides a less-experienced operator with a more predictable and reliable technique. However, the fundamental requirement to apply guided endodontics is the ability to perform a straight-line access. Consequently, it is limited to teeth where the remaining pulp space is not located beyond a curvature.

Future studies should address the comparison of a non-guided and a guided technique to treat teeth with PCC, especially in terms of substance loss, safety, and the influence of practitioner experience.

Conclusion

The utilization of an Accessguide for the localization of remaining pulp spaces is a reliable method in cases of PCC. The approach described in the present case report can easily be adopted in clinical practice using CBCT and Sicat Endo.

References

1. Morse DR. Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:721–745.
2. Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *J Oral Rehabil* 2017;44:291–298.
3. Fleig S, Attin T, Jungbluth H. Narrowing of the radicular pulp space in coronally restored teeth. *Clin Oral Investig* 2017;21:1251–1257.
4. de Cleen M. Obliteration of pulp canal space after concussion and subluxation: endodontic considerations. *Quintessence Int* 2002;33:661–669.
5. McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J* 2012;45:177–197.
6. Holan G, Yodko E. Radiographic evidence of traumatic injuries to primary incisors without accompanying clinical signs. *Dent Traumatol* 2017;33:133–136.
7. Robertson A, Andreasen FM, Bergenholtz G, Andreasen JO, Norén JG. Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of permanent incisors. *J Endod* 1996;22:557–560.
8. Oginni AO, Adekoya-Sofowora CA, Kolawole KA. Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: an aid to treatment decision. *Dent Traumatol* 2009;25:620–625.
9. Tchorz JP. 3D Endo: three-dimensional endodontic treatment planning. *Int J Comput Dent* 2017;20:87–92.
10. de Toubes KMS, de Oliveira PAD, Machado SN, Pelosi V, Nunes E, Silveira FF. Clinical Approach to Pulp Canal Obliteration: A Case Series. *Iran Endod J* 2017;12:527–533.
11. Kiefner P, Connert T, ElAyouti A, Weiger R. Treatment of calcified root canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. *Gerodontology* 2017;34:164–170.
12. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjørndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans – an ex vivo study. *Int Endod J* 2016;49:790–795.
13. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol* 2016;32:240–246.

bedeutet eine mit Hilfe der DVT diagnostizierte vollständige Obliteration nicht zwangsläufig, dass klinisch keine Kanalstruktur gefunden werden kann. In Fällen, in denen der Wurzelkanal im Rahmen der dreidimensionalen Planung nicht darstellbar ist, sollte der Zugang stets zentral innerhalb der Wurzelkontur geplant werden. Um das Perforationsrisiko zu minimieren, sollte der Durchmesser des Bohrers in Abhängigkeit des Wurzeldurchmessers und der geplanten Zugangstiefe gewählt werden. In aktuellen Studien und Fallberichten variierten die Bohrer Durchmesser für den geführten Zugang zwischen 0,8 und 1,5 mm^{13,14,17,18,23}. Unabhängig vom Durchmesser wurden in zwei Ex-vivo-Studien hohe Erfolgsraten und geringe Abweichungen beobachtet^{14,15}.

Obwohl die benötigte Zeit für die Lokalisierung des obliterierten Wurzelkanals in diesem vorliegenden Fallbericht kurz war und ungefähr zehn Minuten betrug, war die Planungs- und Vorbereitungszeit im Vergleich zu einer herkömmlichen Wurzelkanalbehandlung deutlich länger. Ähnliche Beobachtungen wurde auch in anderen Fallberichten beschrieben^{17,24}. Dennoch ist der gesamte Planungsprozess mit Sicat Endo wahrscheinlich schneller als die Umgehungslösung, die in früheren Fallberichten und Studien beschrieben wurde^{12–18}. Da viele Zahnärzte Wurzelkanalbehandlungen mit Stress assoziieren²⁵, ist die verkürzte Behandlungszeit insbesondere in komplexen obliterierten Fällen ein großer Vorteil. Aus klinischer Sicht bietet die Anwendung eines Accessguide einem weniger erfahrenen Behandler eine vorhersagbare und zuverlässige Technik. Die Grundvoraussetzung für die Anwendung der geführten Endodontie ist jedoch die Möglichkeit eines geradlinigen Zugangs. Folglich ist sie auf Zähne beschränkt, bei denen sich das verbliebene Kanallumen nicht hinter einer Krümmung befindet.

In zukünftigen Studien sollten geführte und herkömmliche Zugangskavitäten bei der Lokalisation von obliterierten Wurzelkanälen miteinander verglichen werden, insbesondere im Hinblick auf Substanzverlust, Sicherheit und auch Einfluss von endodontischer Erfahrung.

Schlussfolgerung

Die Verwendung eines Accessguide ist eine zuverlässige Methode zur Lokalisierung von obliterierten Wurzelkanälen. Der in diesem Fallbericht beschriebene Ansatz kann mit Hilfe der DVT und Sicat Endo problemlos in die klinische Praxis übernommen werden.

14. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J* 2016;49:966–972.
15. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kuhl S, Krastl G. Microguided Endodontics: Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *J Endod* 2017;43:787–790.
16. Connert T, Zehnder MS, Amato M, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *Int Endod J* 2018;51:247–255.
17. Fonseca Tavares WL, Diniz Viana AC, de Carvalho Machado V, Feitosa Henriques LC, Ribeiro Sobrinho AP. Guided Endodontic Access of Calcified Anterior Teeth. *J Endod* 2018;44:1195–1199.
18. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *J Endod* 2018;44:1578–1582.
19. Herklotz I, Beuer F, Kunz A, Hildebrand D, Happe A. Navigation in implantology. *Int J Comput Dent* 2017;20:9–19.
20. Nickenig HJ, Eitner S, Rothamel D, Wichmann M, Zöller JE. Possibilities and limitations of implant placement by virtual planning data and surgical guide templates. *Int J Comput Dent* 2012;15:9–21.
21. Neumeister A, Schulz L, Glodecki C. Investigations on the accuracy of 3D-printed drill guides for dental implantology. *Int J Comput Dent* 2017;20:35–51.
22. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjørndal L. Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans – an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. *Int Endod J* 2019;52:559–568.
23. Bauman R, Scarfe W, Clark S, Morelli J, Scheetz J, Farman A. Ex vivo detection of mesiobuccal canals in maxillary molars using CBCT at four different isotropic voxel dimensions. *Int Endod J* 2011;44:752–758.
24. Torres A, Shaheen E, Lambrechts P, Politis C, Jacobs R. Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *Int Endod J* 2019;52:540–549.
25. Dahlström L, Lindwall O, Rystedt H, Reit C. 'Working in the dark': Swedish general dental practitioners on the complexity of root canal treatment. *Int Endod J* 2017;50:636–645.



Jörg Philipp Tchorz

Jörg Philipp Tchorz, Dr.

Department of Operative Dentistry, Periodontology, and Endodontology, University of Dental Medicine and Oral Health, Danube Private University, Krems, Austria

Karl-Thomas Wrbas, Prof. Dr. med. dent.

Department of Operative Dentistry, Periodontology, and Endodontology, University of Dental Medicine and Oral Health, Danube Private University, Krems, Austria
Department of Operative Dentistry and Periodontology, Center of Dental Medicine, Oral and Maxillofacial Surgery, Medical Center, University of Freiburg, Freiburg im Breisgau, Germany

Elmar Hellwig, Prof. Dr. med. dent.

Department of Operative Dentistry and Periodontology, Center of Dental Medicine, Oral and Maxillofacial Surgery, Medical Center, University of Freiburg, Freiburg im Breisgau, Germany

Address Dr. Jörg Philipp Tchorz, Danube Private University, Steiner Landstraße 124, A-3500 Krems-Stein, Austria;
E-Mail: joerg.tchorz@dp-uni.ac.at