

Revue trimestrielle - ISSN en cours - Prix au numéro 35 €

Revue partenaire de la Société Française d'Endodontie et de l'Association Belge d'Endodontie et de Traumatologie

Les systèmes
canaux ramifiés
G. Tulus et coll. 5

Les traitements
de la pulpite irréversible
C. Trocmé et coll. 23

La restauration
des dents fracturées
G. Krastl et coll. 34

Le canal nasopalatin
perméable
R. Bassetti et coll. 49

QUINTESSENCE

ENDO 1/18

REVUE FRANCOPHONE D'ENDODONTIE

 QUINTESSENCE PUBLISHING

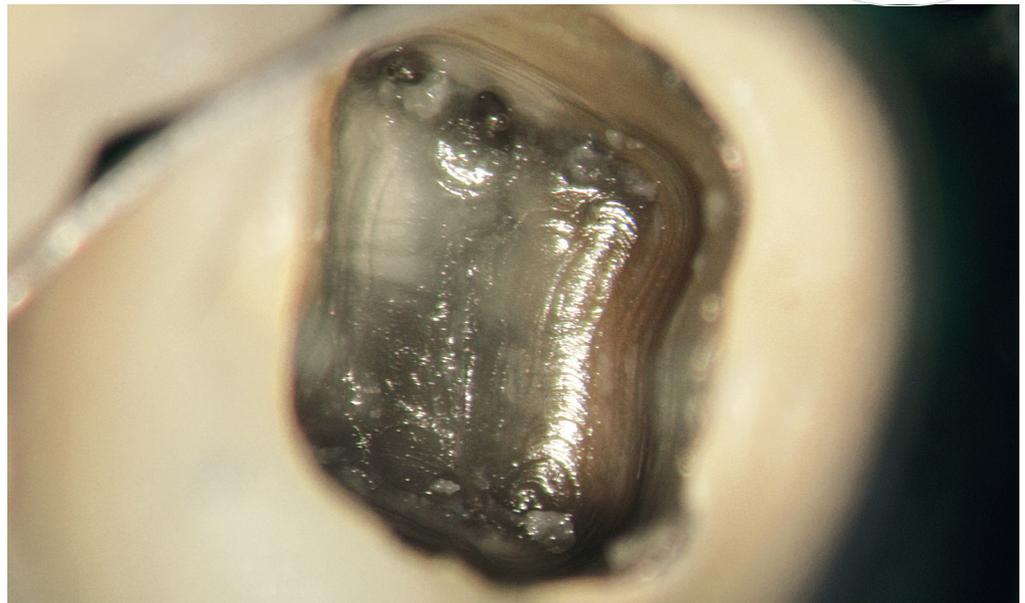
VOLUME 2 / NUMÉRO 1 / FÉVRIER 2018

Quintessence International décline toute responsabilité quant à la qualité du présent document s'il est imprimé par un tiers.

DIAGNOSTIC ET TRAITEMENT DES SYSTÈMES CANALAIRES RAMIFIÉS



cavité d'accès
systèmes canaux ramifiés
microscope dentaire
diagnostic endodontique
intra-canaux
anatomie dentaire



En endodontie, la différence entre réussite et échec du traitement canalaire est souvent ténue, particulièrement en raison de la complexité anatomique du système canalaire. Walter Hess, anatomiste de Zurich, nous en a fourni une bonne représentation grâce à la série de clichés qu'il a réalisées à la fin du siècle dernier. Dans son ensemble, l'endodonte comprend les principaux canaux communicants, d'innombrables petits canaux latéraux et plusieurs ramifications. Dans la pratique dentaire, la localisation, la mise en forme et l'obturation de canaux radiculaires étroitement liés entre eux et ramifiés représentent un défi thérapeutique particulier, souvent pratiquement insoluble. Il est donc impératif de bien connaître l'anatomie canalaire, puisque c'est elle qui dictera les paramètres techniques du traitement et fournira des indications sur la probabilité de réussite. C'est la raison pour laquelle le panorama présenté ici fournit des explications sur l'incidence et sur les classifications des ramifications et des canaux latéraux provenant de la littérature, ainsi que sur leur signification clinique. Les conséquences de ces anatomies complexes et les stratégies thérapeutiques suggérées sont illustrées par plusieurs cas cliniques.

Gabriel Tulus¹
Thomas Weber²
Andreea Petrovits³

¹DDS. Cabinet privé, Viersen, Allemagne.

²DDS. Cabinet privé, Krumbach, Allemagne.

³DDS. Cabinet privé, Bucarest, Roumanie.



GABRIEL TULUS

Lindenstr. 33 B, 41747 Viersen, Allemagne.

@grtulus@t-online.de

INTRODUCTION

L'objectif de tout traitement canalaire consiste à nettoyer, désinfecter et réaliser une obturation étanche dans les trois plans de l'espace du système canalaire. Le terme « système canalaire » fait référence à la cavité endodontique complexe qui prend une forme de plus en plus étroite et différenciée au fur et à mesure de sa progression, s'expliquant par la formation de dentine tout au long de la vie au sein du tissu pulpaire¹. Un nettoyage optimal n'est possible que si l'on parvient à détecter tous les canaux radiculaires, à y accéder et à les sceller. L'une des conditions préalables majeures, peut-être la plus



importante, consiste à disposer d'une connaissance précise et détaillée des variations. La complexité de l'anatomie du système canalaire représente toujours un défi clinique et cache parfois certaines difficultés qui peuvent mettre en danger l'objectif thérapeutique².

La lecture régulière des radiographies en deux dimensions peut avoir un impact sur la conscience et la perception du praticien, donnant une impression fortement simplifiée du système canalaire.

La fameuse étude anatomique du canal radiculaire menée par Hess³ (1917) montre à quel point cette représentation simplifiée est illusoire. En utilisant 2 800 dents humaines, cette étude met en évidence, à l'aide de caoutchouc plastifié, les multiples ramifications du système canalaire. Depuis lors, les variations anatomiques des systèmes canaux humains ont été évaluées à l'aide de différentes méthodes – le plus récemment à l'aide d'un microscope électronique à balayage –, de procédures de radiologie numérique et de tomographie informatisée (microCT). En dépit des développements technologiques récents, il reste toujours très difficile, et même parfois impossible, de nettoyer et mettre en forme de manière mécanique les (principaux) canaux du système endodontique à l'aide d'instruments canaux conventionnels, dans l'objectif de permettre, dans un premier temps, un nettoyage chimique optimal et, dans un deuxième temps, la désinfection, puis le scellement aseptique des canaux radiculaires mis en forme et/ou de leurs ramifications.

ANATOMIE

Racines

Carabelli (1844) a été le premier à décrire le nombre et le trajet des racines et des canaux radiculaires⁴. Le nombre, la dimension et la forme des racines de chaque dent sont déterminés d'un point de vue fonctionnel par sa couronne, mais sont également sujets au polymorphisme génétique et présentent aussi des caractéristiques ethniques. Il existe des dents ayant une ou plusieurs racines, qui sont alors généralement au nombre de deux ou trois. Les racines peuvent être droites ou présenter différents types de courbures dans les différents plans de l'espace.

À l'aide de la tomographie *cone beam* informatisée (CBCT), il est aujourd'hui possible de visualiser les racines d'une dent dans les trois plans de l'espace et de disposer de leurs dimensions exactes⁵⁻⁷. Néanmoins, tous les praticiens ne dis-

posent pas toujours de cette technique. Généralement, on utilise la radiographie bidimensionnelle afin de visualiser les dents humaines et leurs racines, fournissant des indications sur la configuration anatomique réelle des racines. Cependant, cette imagerie ne permet pas toujours d'évaluer correctement les courbures dans certains plans de l'espace (même en utilisant différentes méthodes de projection)^{8,9}. Aussi, avant de commencer un traitement radiculaire, il est important de tenir compte des valeurs statistiques relatives à l'anatomie radiculaire du type de dent considéré.

Dans la majorité des cas, il est possible de déterminer par voie radiographique *a minima* le nombre de racines, ainsi que leurs contours anatomiques. L'une des rares situations dans lesquelles cela est impossible est celle où les racines sont superposées, par exemple, en cas de *radix entomolaris*, en particulier, si l'on ne dispose pas de radiographies excentrées (FIG. 1). La prévalence rapportée de ces aberrations anatomiques des molaires mandibulaires est d'environ 3 % chez les Caucasiens. Dans la population asiatique, la fréquence de *radix entomolaris* est largement supérieure, atteignant jusqu'à 40 %¹⁰. Si, à l'examen clinique de la couronne dentaire de la molaire mandibulaire, une cuspide supplémentaire (*tuberculum paramolare*) est observée, associée à une proéminence cervicale ou une invagination, ceci peut indiquer la présence d'un *radix entomolaris*. Mais cette indication utile n'est pas disponible dans le cas où la dent a déjà été couronnée.

La présence de deux racines palatines sur une molaire maxillaire (FIG. 2 ET 3) est une situation à la fois rare et difficile à diagnostiquer sur les radiographies, ceci en raison d'effets de superposition.

Anatomie des canaux radiculaires

La forme des canaux radiculaires est en premier lieu déterminée par la génétique, mais peut également être influencée, dans les cas où la pulpe est vitale, par des stimuli externes et internes. Par rapport à l'anatomie d'autres organes, l'âge du patient a une forte influence sur les relations anatomiques à l'intérieur des dents : plus une dent vitale est âgée, plus elle est sujette aux contraintes mécaniques, chimiques, thermiques et microbiennes, plus elle produit de dentine secondaire et tertiaire. Il en résulte non seulement un rétrécissement et une oblitération partielle du canal radiculaire, mais aussi la création de compartiments dans les différentes structures canales des racines^{11,12}.

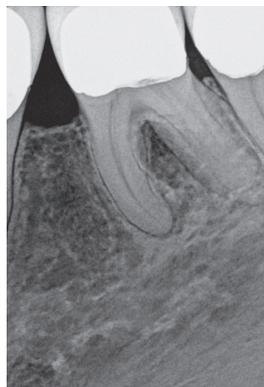


FIG. 1 Radiographie d'une molaire mandibulaire présentant un *radix entomoralis*. Le niveau de complexité du système radiculaire est visible sur la radiographie postopératoire reproduite à la figure 9.



FIG. 2 Molaire maxillaire présentant deux racines palatines. L'anatomie détaillée n'est pas clairement visible à la radiographie diagnostique.

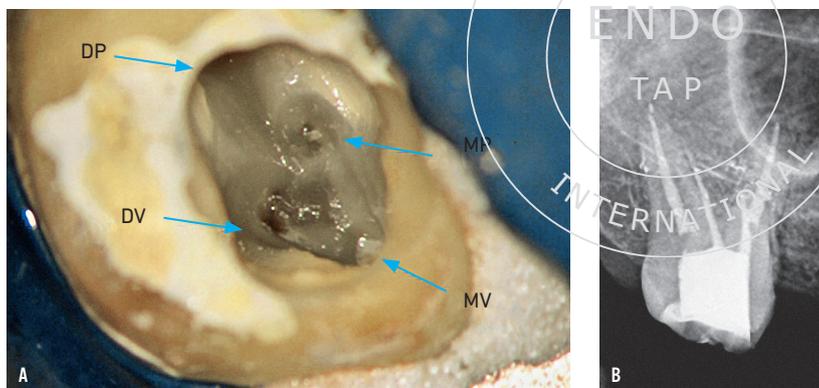


FIG. 3 Aspect clinique du plancher de la chambre pulpaire pendant le diagnostic intracanalair (A) et radiographie de contrôle réalisée après l'obturation de la molaire présentée à la figure 2 (B).

L'incisive mandibulaire fournit un bon exemple de ce phénomène. Elle présente, en effet, une racine typique avec des sillons proximaux discrets le long de l'axe longitudinal radiculaire. En raison de la formation progressive de dentine secondaire, la cavité pulpaire se rétrécit dans le sens transversal et le canal radiculaire est oblitéré du plan coronaire au plan apical au fur et à mesure que la personne vieillit¹³. En plus du rétrécissement de la cavité pulpaire, des isthmes peuvent apparaître à la transition entre le tiers coronaire et le tiers médian, ainsi que dans le tiers apical de la racine¹⁴. Au cours de la production de dentine secondaire, tout au long de la vie, le système peut se diviser en deux ou plusieurs canaux radiculaires partiellement séparés¹⁵.

La littérature fournit de nombreuses classifications des différentes configurations canalaire, ainsi que des informations sur le nombre moyen de canaux, la longueur et la forme des canaux pour chaque type de dent. Cependant, en raison des multiples variations, de nombreuses dents ont une anatomie « unique », qui diffère des valeurs moyennes. Il est très important de disposer d'une bonne connaissance de

« l'anatomie normale », mais aussi des variations possibles, puisque « l'on ne voit bien que ce que l'on connaît déjà »¹⁶. Plus les structures sont petites et détaillées, plus les variations sont nombreuses.

Pineda et Kuttler (1972) ont examiné 4 783 dents extraites avec 7 275 canaux radiculaires, en utilisant des radiographies bidimensionnelles, afin de déterminer le nombre de canaux, la répartition des racines individuelles, les ramifications, la localisation du foramen apical et la fréquence de deltas apicaux¹⁷. Vertucci et son équipe ont réalisé, entre 1974 et 1986, des examens statistiques sur différentes dents transparentes traitées par des techniques de déminéralisation, afin de déterminer le trajet des canaux principaux et latéraux et des ramifications dans la zone du foramen apical. Leur classification sert toujours de référence dans de nombreuses publications¹⁸. D'autres ont été mises au point en se fondant sur la classification de Vertucci. Les principales configurations des canaux radiculaires décrites dans la littérature sont synthétisées par Valencia De Pablo et coll.¹⁹.

Weine a suggéré une classification en 1969²⁰, qui est encore utilisée à ce jour en raison de sa

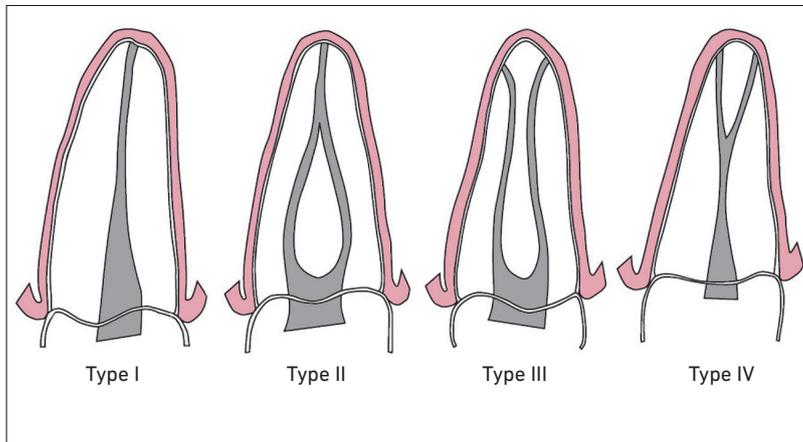


FIG. 4 Les quatre types de configurations canalaire suggérés par Weine.

simplicité. Il fait la distinction entre les quatre configurations suivantes (FIG. 4) :

- type 1 : une racine et un foramen ;
- type 2 : deux canaux se rejoignant avant l'apex et un foramen ;
- type 3 : deux canaux avec deux foramens séparés ;
- type 4 : un canal se séparant avant l'apex en deux canaux.

Cette classification est également utilisée dans le présent article.

Canaux latéraux

L'espace pulpaire n'est pas une cavité aux parois lisses ; il s'agit d'un système de canaux complexe et structuré. Les jonctions entre l'endodonte, qui se trouvent en partie coronaire par rapport au delta apical, et le parodonte de la dent sont connues sous le nom de canaux latéraux. Ces canaux se forment pendant le développement radulaire et peuvent comprendre du tissu conjonctif, des nerfs et des vaisseaux sanguins. La présence de canaux latéraux est difficile à évaluer sur les radiographies s'il existe une lésion unilatérale de la racine. Ils peuvent parfois être visualisés à la radiographie si le canal a été scellé en tassant un matériau d'obturation radio-opaque (FIG. 5A ET 5B). L'impact des canaux latéraux sur la réussite du traitement canalaire fait l'objet d'une discussion controversée depuis de nombreuses années^{21,22}.

Les canaux latéraux sont plus fréquents dans le tiers apical de la racine que dans le tiers moyen ou coronaire^{18,23}. Dans la partie la plus

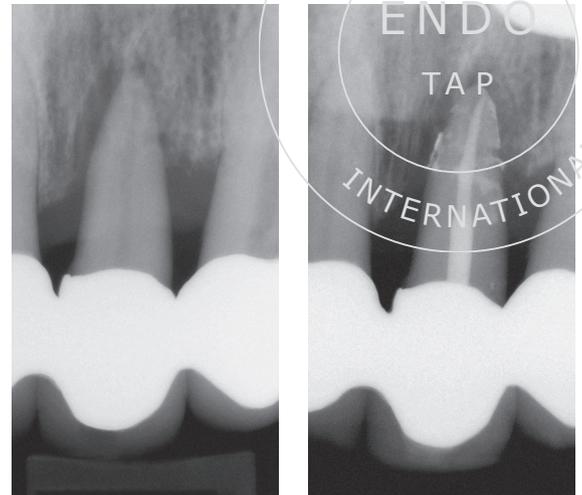


FIG. 5A Lésion périapicale et latérale d'une incisive maxillaire.

FIG. 5B Après obturation par compactage d'un matériau thermoplastique, de multiples canaux latéraux sont mis en évidence.

apicale du canal radulaire, les ramifications et les canaux accessoires composent ce que l'on appelle le delta apical (ramification apicale), accompagné du foramen accessoire. D'après De Deus, les canaux accessoires se situent dans le tiers coronaire (1,60 %), dans le tiers moyen (8,78 %), et dans le tiers apical de la racine (17 %)²³.

Les canaux de furcation des dents multiradi-culaires, situés sur le plancher de la chambre pulpaire et cheminant en direction de la zone de furcation, représentent une particularité des canaux latéraux pulpodesmodontiques²⁴.

OBSERVATIONS RADIOLOGIQUES

La plupart du temps, la structure interne d'une dent est évaluée uniquement au moyen de radiographies bidimensionnelles, qui ne fournissent qu'une représentation insuffisante : les particularités morphologiques, comme le degré et l'angle de la courbure du canal, qui rendent le traitement canalaire plus difficile, ne sont pas correctement visualisées. De fait, il est impossible d'évaluer correctement le degré et la courbure à l'aide des radiographies intraorales conventionnelles. Néanmoins, les radiographies restent fondamentales pour poser un diagnostic correct et pour planifier la stratégie thérapeutique. De plus, si l'on suspecte l'existence d'une configuration canalaire atypique sur la radiographie diagnostique primaire, il est recommandé de mettre en œuvre d'autres méthodes qui fourniront des informations plus détaillées.

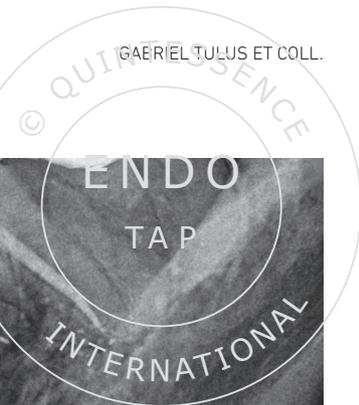


FIG. 6 Les trois orifices des canaux radiculaires mésiaux de la molaire mandibulaire présentée à la figure 1.

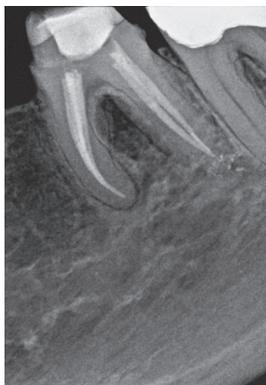


FIG. 7A Radiographie de contrôle de l'obturation canalaire en projection orthoradiale.

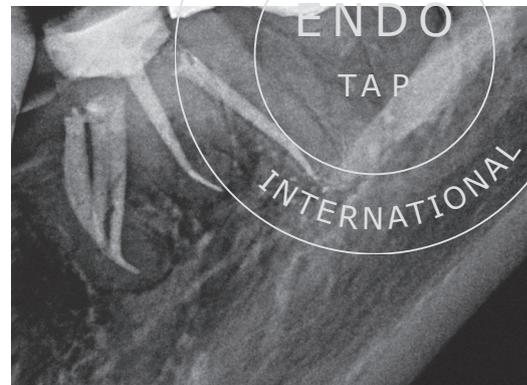


FIG. 7B Radiographie de contrôle de l'obturation canalaire en projection angulée ; la complexité du système radiculaire est plus aisément identifiée.

À cet égard, le CBCT occupe une place de plus en plus importante dans le diagnostic²⁵ et la sélection de la stratégie thérapeutique. Avant de demander une imagerie CBCT, il est recommandé de réaliser une anamnèse complète⁶. La zone visualisée doit être limitée à la zone d'intérêt et l'on doit cibler une très forte résolution, ce qui signifie une dimension en voxels de 120 μm ou moins²⁶. Les tomographies de haute résolution et petits volumes sont également indiquées dans les cas d'une anatomie complexe suspectée ou avérée, ainsi que dans les cas de fractures ou de perforations radiculaires, de bris d'instruments ou de résorption radiculaire^{5,6}.

IDENTIFICATION CLINIQUE ET PRÉPARATION DE SYSTÈMES CANALAIRES RAMIFIÉS

Facteur de grossissement

Le système canalaire, à l'intérieur de l'endodonte, est la plus petite structure de la cavité buccale faisant l'objet de traitements mécaniques ou chimiques spécifiques et ciblés¹. L'utilisation d'un microscope dentaire offrant une visibilité de l'ordre du micron pour l'examen de la chambre pulpaire permettra de localiser les canaux radiculaires avec une bien plus grande précision²⁷.

Après avoir réalisé un diagnostic adéquat sur la base de l'imagerie, il est aujourd'hui recommandé en clinique d'utiliser un microscope dentaire lors de la réalisation du traitement radiculaire, car celui-ci permet un diagnostic

intracoronaire, mais aussi intracanalair^{28,29} optimal.

Grâce à l'utilisation du microscope dentaire, qui combine grossissement et lumière coaxiale à l'intérieur de la dent, il est possible d'identifier davantage de lésions pathologiques à l'intérieur de la dent et des canaux radiculaires par rapport au traitement canalaire conventionnel³⁰. L'identification des orifices des canaux radiculaires et des bifurcations canalaires profondes³¹⁻³³ est possible au microscope, de même que l'ablation de fragments d'instruments³⁴⁻³⁶, l'obturation de perforations^{37,38}, l'élimination d'oblitérations intracanalaires³⁹ ou le traitement d'anomalies anatomiques complexes^{40,41}.

Aujourd'hui, on sait sans l'ombre d'un doute que le nombre de canaux canalaires identifiés et correctement mis en forme dépend principalement de la méthode de grossissement mise en œuvre²⁷.

Dans le cas présenté, comportant un *radix entomoralis*, la configuration atypique du système canalaire a été diagnostiquée uniquement au cours de l'examen sous microscope opératoire, grâce auquel on a pu localiser les trois orifices des canaux radiculaires mésiaux (FIG. 6), ainsi que deux orifices distaux, en plus de canaux complètement divergents (FIG. 7A ET 7B).

Procédure clinique

La forme de la cavité d'accès doit respecter celle de la couronne dentaire, l'inclinaison de la couronne vers l'axe radiculaire et la localisation spécifique de la pulpe et des canaux radiculaires. Ces derniers peuvent être identifiés après



FIG. 8 Instruments permettant d'exposer les orifices canaux ; à gauche, plusieurs embouts à ultrasons, à droite plusieurs fraises boules en acier inoxydable à longue tige, certaines à extrémité fine, conique et effilée (fraises en « col d'oie ») ou à extrémité fine et rectiligne (fraises à pulpe de Müller). Tous ces instruments permettent une bonne visibilité pendant le travail qui a été réalisé sous microscope.

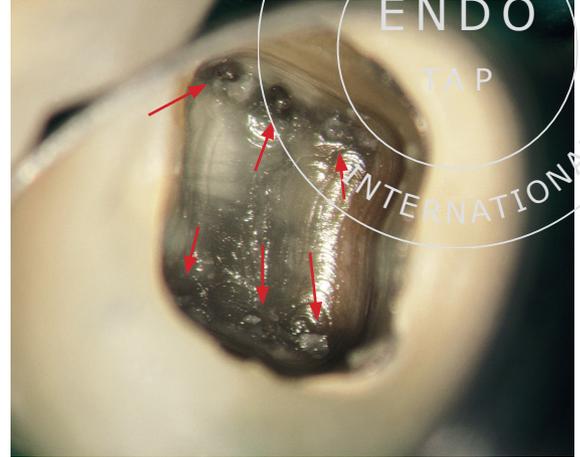


FIG. 9 La « cartographie endodontique » de cette molaire révèle six orifices canaux (flèches) sous grossissement adéquat.

ablation de la dentine secondaire recouvrant les orifices canaux. À cette fin, on utilisera des fraises boules en carbure de tungstène à longue tige, de taille comprise entre 005 et 014, par exemple les fraises Drux (Drux, Allemagne) ou les fraises Munce (Munce Discovery Burs, CJM Engineering, États-Unis), mais aussi des embouts à ultrasons à revêtement diamanté, par exemple Spartan (Obtura Spartan, États-Unis) ou en acier inoxydable trempé à haute température, par exemple Start-X (Dentsply Maillefer, Suisse), ou encore des fraises à revêtement en nitrure de zirconium, par exemple, Access Refinement BUC Tips (Obtura Spartan) (**FIG. 8**).

Lorsque l'on recherche les orifices des canaux radiculaires, le plancher de la chambre pulpaire fournit de nombreux indices d'orientation. Après avoir réalisé la cavité d'accès et même si l'ouverture buccale du patient est correcte, l'évaluation des parois et du plancher de la chambre pulpaire et les indications diagnostiques fournies par la « cartographie endodontique » ne peuvent souvent pas être correctement évaluées sans recourir à un grossissement optique et à une source lumineuse supplémentaire. Afin d'optimiser le diagnostic intracoronaire, il est nécessaire d'utiliser une source de lumière coaxiale et un grossissement allant jusqu'à huit fois, obtenu avec des lunettes loupes ou un microscope dentaire⁴². De manière générale, les orifices des canaux radiculaires principaux peuvent être localisés sous grossissement adéquat, à condition de respecter les indices

anatomiques fournis par le plancher de la chambre pulpaire⁴³ et les principes généraux de positionnement (**FIG. 9**). En cas d'incertitude, des colorants comme du bleu de méthylène (Canal Blue, VDW, Allemagne), de la fuchsine ou de l'érythrosine (Caries Detector, Kuraray, Allemagne) peuvent être utilisés dans la zone du plancher de chambre pulpaire.

En fonction des résultats à l'imagerie (radiographie intraorale et CBCT) et cliniques (diagnostic intracoronaire), on distingue cinq situations cliniques :

- le canal radiculaire est identifié visuellement et est accessible ;
- le canal radiculaire est identifié visuellement, mais n'est pas accessible ;
- la localisation du canal radiculaire est suspectée et le canal est accessible ;
- la localisation du canal radiculaire est suspectée, mais le canal n'est pas accessible ;
- le canal présente des relations étroites ou des bifurcations profondes ou des ramifications.

Dans les situations où les orifices canaux se situent très près les uns des autres, lorsqu'il existe des bifurcations profondes, ou encore lorsque le canal radiculaire principal se divise dans sa partie apicale en deux canaux ou plus, la prise en charge clinique est très complexe et délicate. Ces canaux ou bifurcations peuvent, la plupart du temps, être identifiés et évalués par sondage avec des instruments adéquats (par exemple Micro-Opener, Dentsply, limes C-Pilot, VDW).



FIG. 10 La radiographie diagnostique montre des canaux accessibles dans les deux racines, mais ne donne aucune information sur leur nombre. Après préparation d'une cavité d'accès adéquate, les orifices ont été trouvés et les canaux ont été mis en forme et scellés.

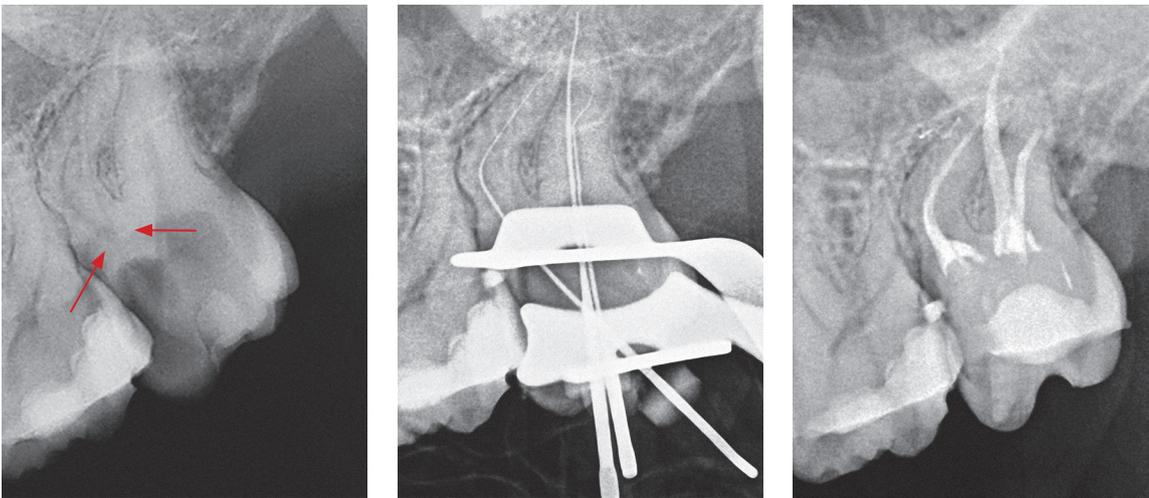


FIG. 11 Les canaux de la molaire maxillaire sont identifiables à la radiographie, mais l'accès direct aux deux canaux mésovestibulaires est impossible en raison de la présence de dentine tertiaire.



FIG. 12A Calcification des orifices canaux (ici MV) par dépôt de dentine tertiaire.

FIG. 12B ET C Accès à un canal partiellement oblitéré. Ablation de la dentine tertiaire (et secondaire) en conditions asséchées à l'aide de fraises Drux à longue tige, permettant un contrôle visuel continu sous microscope.

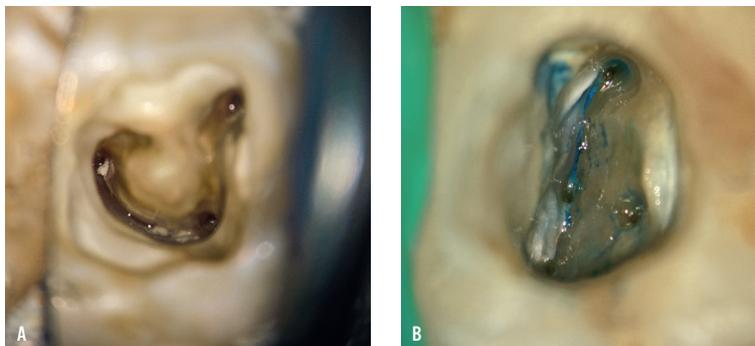


FIG. 13A ET B Identification d'orifices canalaires très étroits sous contrôle microscopique ; (A) test des bulles de champagne ; (B) coloration du plancher de la chambre pulpaire au bleu de méthylène.

Le canal radiculaire est identifié visuellement et est accessible (FIG. 10)

Cette situation étant considérée comme la plus simple, elle permet d'utiliser des stratégies et techniques diverses permettant d'accéder complètement au canal (ou aux canaux) et de le mettre en forme.

Le canal radiculaire est identifié visuellement, mais n'est pas accessible (FIG. 11)

Après ablation complète de la dentine secondaire et tertiaire, il est parfois possible d'identifier l'orifice canalair, sans pouvoir y pénétrer avec les plus petits instruments existants de taille ISO 06 à 10 (FIG. 12). Dans ce cas, on peut suspecter une oblitération partielle, ce qui représente un défi aussi bien du point de vue diagnostique que de la prise en charge thérapeutique⁴⁴.

Afin d'identifier et d'accéder à des canaux de ce type, il est nécessaire d'utiliser un éclairage optimal et un fort grossissement. Pour améliorer la visibilité, il est utile de travailler dans des conditions asséchées au début (FIG. 12B), puis de rincer la cavité afin d'éliminer les copeaux de dentine, uniquement lorsque ceux-ci gênent la visibilité des structures anatomiques pertinentes. Il est impératif de travailler avec prudence, lentement, et de disposer d'une bonne expérience, afin d'éviter l'ablation non nécessaire de tissus durs, et de prévenir l'affaiblissement structurel de la dent ou des perforations iatrogènes (FIG. 12A À 12C).

Par conséquent, il est recommandé de travailler avec un microscope dentaire, afin de garantir un contrôle visuel continu. La couleur de la dentine tertiaire ou l'accumulation de petits débris peuvent fournir des informations sur le positionnement original du canal radiculaire. Il est possible ici, sous contrôle visuel, de procéder à l'ablation de la dentine, dans un mouvement « d'approfondissement », à l'aide de fraises

boules en carbure de tungstène, à longue tige, de taille ISO 05 (FIG. 17) ou d'ultrasons.

Si l'on utilise de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) comme agent de nettoyage, en vue d'éliminer les copeaux de dentine, il est possible de laisser un peu de solution dans la « petite cavité » pendant une période de temps limitée. Si, pendant l'ablation de la dentine tertiaire, alors que l'on approche le tissu pulpaire du canal original, celui-ci entre en contact avec la solution de NaO, de petites bulles se formeront et pourront être identifiées au microscope (test des bulles de champagne) (FIG. 13A).

L'autre possibilité consiste à colorer le plancher de la chambre pulpaire avec du bleu de méthylène ou un colorant de détection des caries. Après une minute, le colorant est éliminé par rinçage. Considérant que seul le tissu organique sera coloré, les orifices des canaux étroits contenant des tissus mous pourront ainsi être identifiés et l'on pourra y accéder (FIG. 13B).

À partir du moment où l'orifice canalair est identifié, le canal peut être instrumenté en mettant en œuvre différentes techniques. Selon la modalité conventionnelle, on utilise de petites limes K (taille ISO 06 à 10) en appliquant une légère rotation. On peut aussi utiliser des limes manuelles plus rigides (lime C-Pilot, VDW) de taille ISO 06 à 10, montées sur une pièce à main angulée, qui génère un mouvement oscillant avec des angulations identiques dans le sens horaire et antihoraire, par exemple, la pièce à main M4 (SybronEndo, États-Unis) ou Ti-Max Ti⁴⁵ (NSK Europe, Allemagne). Il est très important d'utiliser uniquement des instruments neufs, afin de limiter le risque de bris. Il faut que l'instrument coulisse sur toute la longueur du canal, sans forcer au niveau apical. Par conséquent, il est impératif d'utiliser des gels lubrifiants à l'EDTA et de travailler sous une irrigation fréquente.



FIG. 14A Identification à l'œil nu d'une bifurcation profonde dans le canal vestibulaire d'une prémolaire maxillaire, environ 4 mm en dessous de l'entrée du canal principal.



FIG. 14B Radiographie de contrôle consécutive à l'obturation canalaire.

Après avoir instrumenté le canal radicaire, il est recommandé de rechercher une bifurcation profonde ou une ramification. Si l'on en trouve une et si les deux canaux sont accessibles jusqu'à leur extrémité apicale, on mettra en œuvre les techniques décrites dans le paragraphe « *Le canal radicaire est identifié visuellement et est accessible* » (FIG. 14A ET B).

La localisation du canal radicaire est suspectée et le canal est accessible

On observe dans certains cas une formation importante de dentine tertiaire dans la zone des orifices canaux. Sur la radiographie de diagnostic, on peut voir que les premiers millimètres dans la zone de l'orifice canalaire sont complètement calcifiés. Des tentatives non planifiées, « en aveugle », se solderont par des perforations et l'impossibilité d'accéder au canal. Ces perforations du parodonte ou de la zone de la furcation peuvent être évitées à condition de respecter les règles de concentricité et l'anatomie de la dent et des racines. En se servant de la radiographie de diagnostic pour l'orientation, on dirigera l'ablation de la dentine tertiaire uniquement en direction mésiodistale (parallèlement à l'axe), mais jamais en direction buccolinguale. Il est plus sûr de « naviguer » en s'appuyant sur le scanner CBCT, car cela permet de contrôler visuellement l'ablation de la dentine tertiaire jusqu'à ce que l'orifice du canal soit localisé (FIG. 15).

La localisation du canal radicaire est suspectée, mais le canal n'est pas accessible (FIG. 16A)

Lorsque le canal radicaire n'est pas visible ou, dans le meilleur des cas, à peine visible à la radiographie, l'odontologiste se trouve en présence d'une situation clinique défavorable, en particulier si le canal semble complètement calcifié à l'évaluation sous microscope. Dans ce cas, il est recommandé de réaliser un CBCT à champ réduit et à très forte résolution²⁶.

Sur la base du scanner CBCT et du diagnostic intracronaire microscopique, et en tenant compte de la cartographie endodontique, en particulier des différentes teintes de la dentine physiologique primaire et secondaire, on éliminera, sous contrôle visuel, le tissu dur se trouvant dans le système canalaire calcifié à l'aide de pointes ultrasonores ou de petites fraises boules en carbure (Drux ou Munce), jusqu'à ce que l'on aperçoive l'entrée de l'orifice canalaire, qui sera mis en forme avec des instruments de petit calibre (FIG. 16B).

Le canal est localisé mais inaccessible.

Il présente des relations étroites ou des bifurcations profondes ou des ramifications (FIG. 17)

Il est très difficile de diagnostiquer et de traiter des dents présentant une configuration canalaire de classe IV, d'après Weine, ce qui signifie qu'il existe une bifurcation canalaire localisée



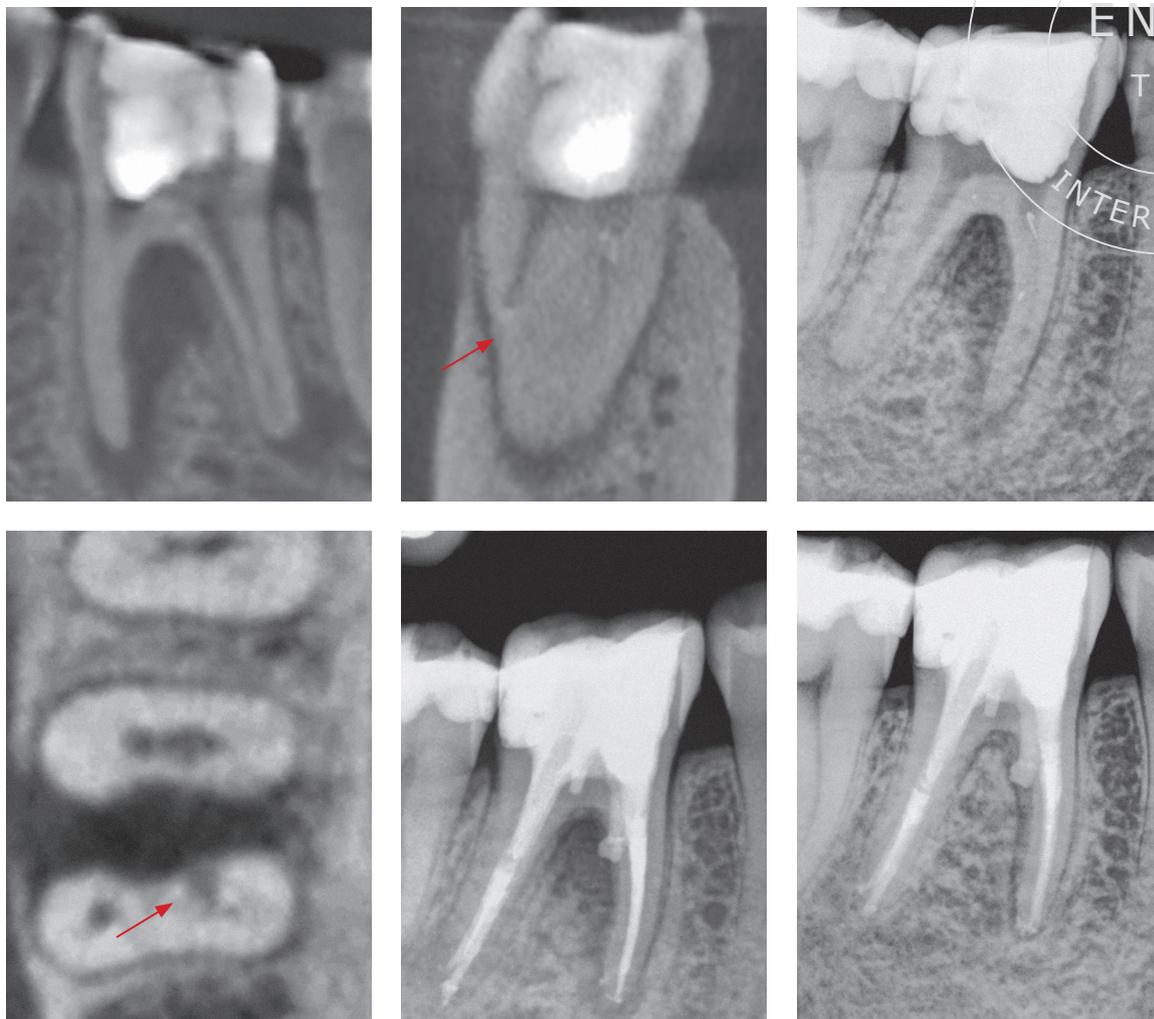


FIG. 15 Dent 46 : la radiographie intraorale révèle une radiotransparence interradiculaire dans la zone de la racine mésiale (en haut à droite). L'étendue complète de la lésion et la présence d'autres lésions périapicales ne sont visibles que sur les images en plan sagittal du cliché CBCT (en haut à gauche). Les images en coupe (en haut au centre) montrent que le tracé original du canal n'a pas été respecté pendant les tentatives d'accès et de mise en forme du canal MV (flèche). Les clichés en plan axial (en bas à gauche) montrent la perforation dans la région interradiculaire, ainsi que le tracé original du canal (flèche). Après mise en forme et nettoyage du canal original en s'aidant du scanner, le scellement de la perforation et l'obturation du canal (en bas, au centre) sont bien visibles sur la radiographie en 2D de contrôle, avec une diminution nette de la radiotransparence. Images reproduites avec l'aimable autorisation du Dr Michael Arnold, Dresde.

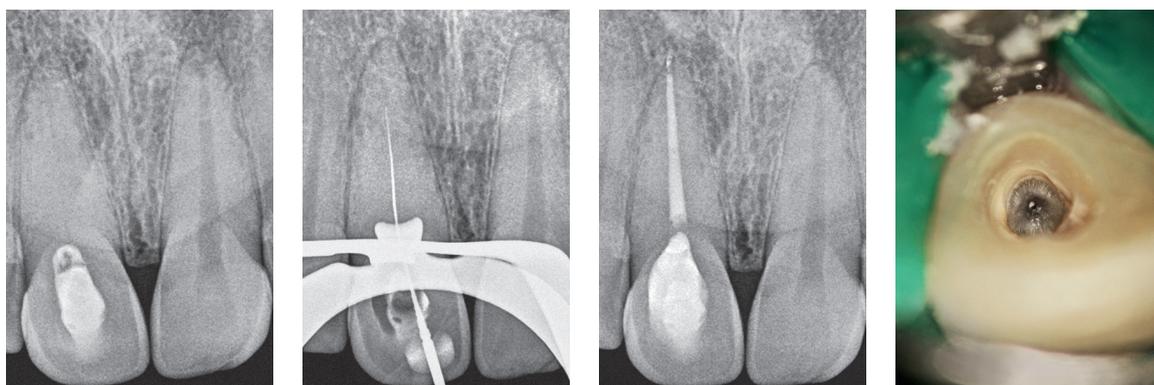


FIG. 16A Sur la radiographie diagnostique, le canal de la 11 semble presque complètement calcifié par rapport à celui de la 21, mais on peut suspecter quel est son tracé. Après localisation du canal, il a été possible d'instrumenter le tiers apical sous contrôle microscopique.

FIG. 16B L'inspection au microscope de la cavité d'accès permet de « retracer » le parcours du canal calcifié par ablation de dentine sous contrôle visuel.



FIG. 17 La radiographie diagnostique de la prémolaire maxillaire révèle un large canal centré qui « disparaît » brutalement dans le tiers moyen de la racine. Pendant l'inspection intracanaulaire, une ramification du canal principal est évidente dans la racine vestibulaire. La radiographie finale révèle la complexité de l'anatomie canalaire.

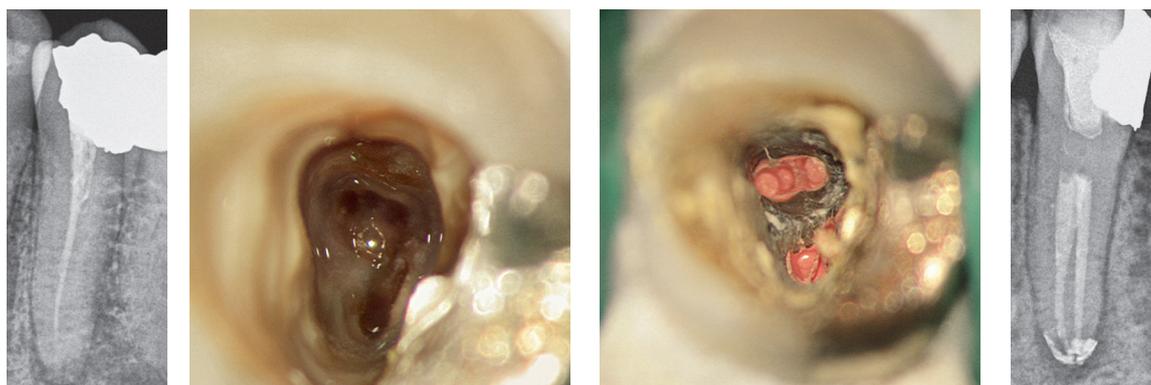
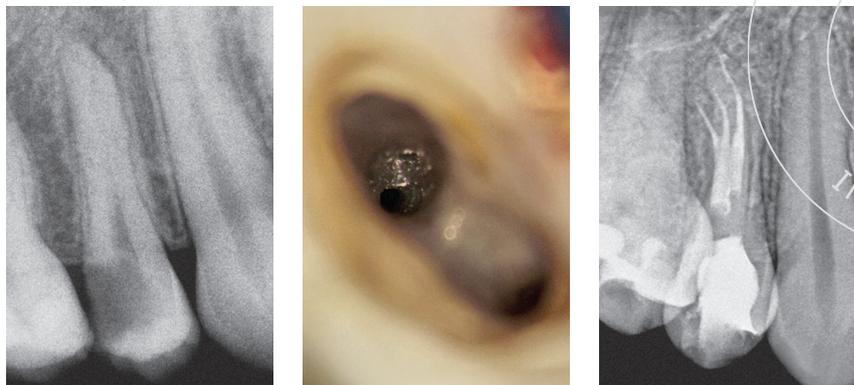


FIG. 18 Prémolaire mandibulaire traitée endodontiquement présentant une parodontite apicale. Lors de la reprise, l'inspection microscopique révèle une ramification du système canalaire dans le tiers moyen de la racine.

au centre de la racine, jusqu'à hauteur du tiers apical. Un traitement réalisé selon les méthodes conventionnelles n'a que très peu de chances de réussir. Ces configurations sont souvent rencontrées dans les prémolaires mandibulaires, mais peuvent aussi survenir dans les incisives et les canines mandibulaires, ou tout autre type de dents.

Dans de nombreux cas, seul le canal principal est localisé et exploré, voire mis en forme et instrumenté. Le plus souvent, la tentative de traitement aboutira à un échec et les causes de celui-ci seront difficiles à identifier (**FIG. 18**).

La radiographie diagnostique fournit un premier indice de configuration atypique lorsque le tracé du canal radiculaire principal s'interrompt de manière abrupte (**FIG. 19**). Un autre indice précieux est fourni par la longueur de travail radiographique, en particulier dans les projections excentriques. Si l'instrument n'est pas localisé au centre de la racine, il faut partir du principe qu'il existe au moins un autre canal radiculaire (**FIG. 20**). Par ailleurs, l'observation d'une lésion périapicale sans relation avec l'apex radiculaire

radiologique peut indiquer un autre canal indépendant ou ramifié (**FIG. 21**). Dans ces cas, on ne saurait que trop recommander l'utilisation d'un microscope pour l'observation de la région intracoronaire et intracanaulaire, qui seule permettra de poser avec une plus grande certitude le diagnostic d'un canal ramifié ou d'une bifurcation (**FIG. 22**).

D'un point de vue clinique, pendant l'exploration d'un canal apparemment oblitéré, on peut observer des obstructions en corniche, qui empêchent la création d'une voie d'instrumentation vers l'apex. C'est ce que l'on peut considérer comme la « zone médiane » de la ramification (**FIG. 23**). Néanmoins, s'il existe une ramification ou un canal ramifié, il faut tenter d'exposer ces zones. Par conséquent, la partie la plus coronaire du canal doit être élargie et correctement irriguée avec une solution d'hypochlorite de sodium. À une concentration supérieure à 1 %, elle présente le potentiel de dissoudre les tissus organiques⁴⁵ et de former des petites bulles permettant de localiser une bifurcation suspectée. Au microscope dentaire,

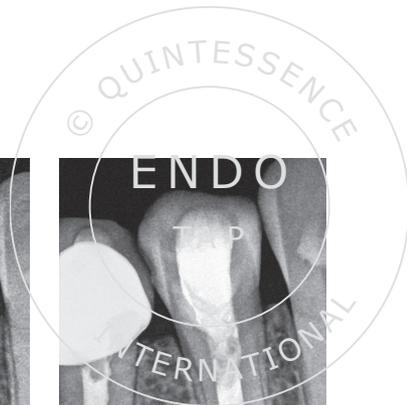


FIG. 19 Présentation d'une configuration canalaire atypique : un canal large montre une modification subite du tracé (« disparition ») dans le tiers moyen de la racine.



FIG. 20 La longueur de travail à la radiographie excentrique révèle un canal ramifié (flèche).

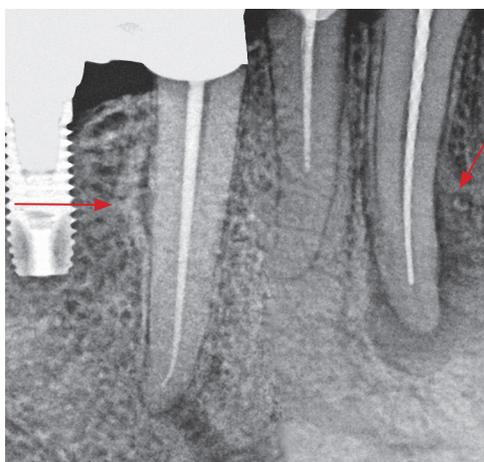
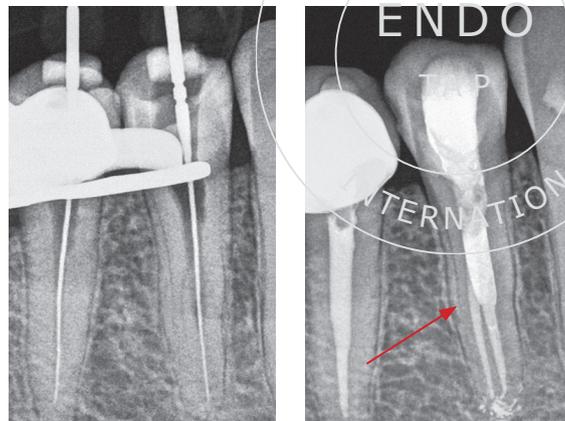


FIG. 21 La radiotransparence périradiculaire est un signe de canal ramifié ou de grand canal latéral.

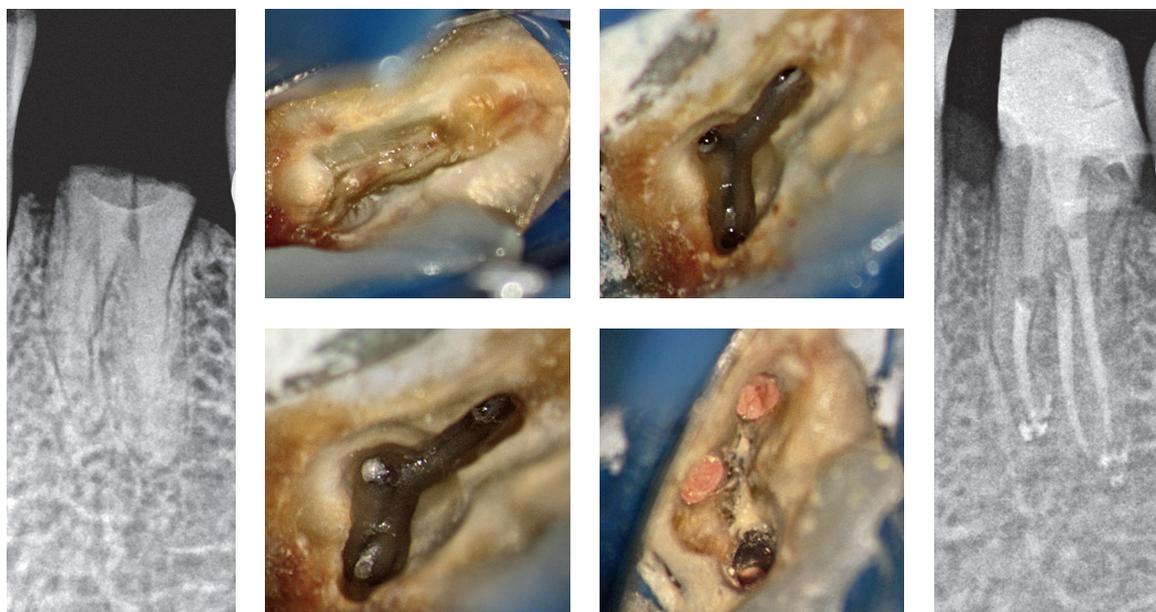
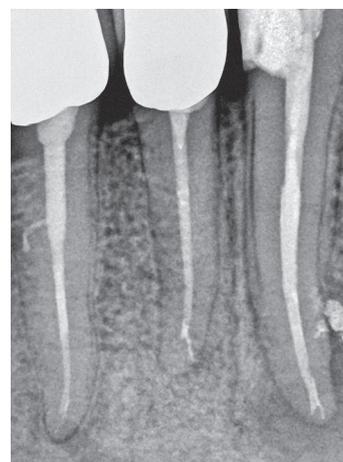


FIG. 22 Localisation et préparation de canaux radiculaires complètement calcifiés.

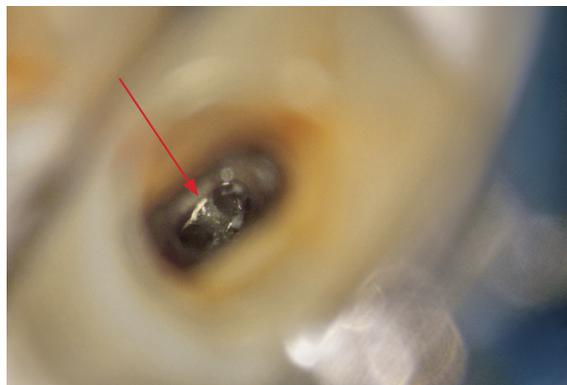


FIG. 23 Mise en évidence d'une configuration canalaire atypique lors de l'inspection au microscope : un obstacle en forme de gradin dans le tiers moyen du canal empêche l'accès à la zone apicale.

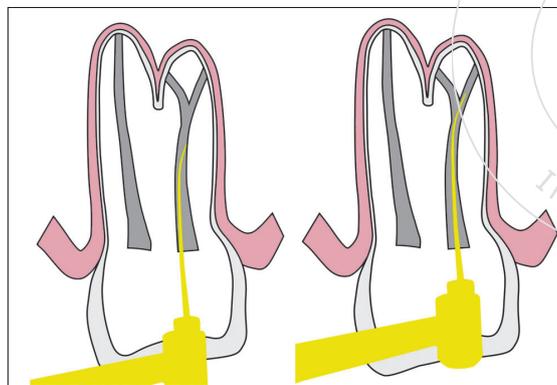


FIG. 24 Représentation schématique du « glissement » d'une microsonde ou d'un instrument courbé montés sur une pièce à main dans une ramification. Le contrôle visuel est possible au microscope grâce à la forme courbée des instruments.

on observera de petites bulles à l'entrée d'une bifurcation ou d'un canal latéral. On s'abstiendra de forcer un instrument canalaire non courbé à l'entrée de ce canal.

Lorsqu'une bifurcation est détectée et exposée, la préparation se poursuivra avec des instruments et des méthodes spécifiquement appropriés. La première option consiste à essayer d'accéder au canal latéral avec des instruments à main en acier inoxydable pré-courbés, en utilisant de préférence un porte-lime angulé, ou une microsonde, permettant un contrôle visuel direct. Grâce aux instruments pré-courbés, il est éventuellement possible de négocier l'entrée dans le canal ramifié et, par la suite, de le mettre en forme et de le nettoyer (**FIG. 24**).

Cette technique peut être problématique si le diamètre original du canal ramifié est très étroit (0,10 ou 0,15 mm, correspondant aux tailles ISO 10 à 15) et également calcifié. En effet, la conicité des instruments n'est alors pas suffisante (2 % pour tous les instruments à main de taille ISO) en raison de leur faible résistance au flambage. Dans ces cas, l'accès et la mise en forme des canaux peuvent être possibles en utilisant des pièces à main spéciales comme la M4 (SybronEndo) ou la Ti-MAX Ti⁴⁵ (NSK Europe) et des instruments en nickel titane pré-courbés ayant une conicité de 4 à 6 % (par exemple, ProFile 15.04 et/ou 15.06 ; Dentsply Maillefer). Il est possible de pré-courber des instruments en

nickel-titane, qui ont la propriété de reprendre leur forme originale grâce à leur grande élasticité, à l'aide d'un dispositif adapté (Endo-Bender, SybronEndo, États-Unis).

Même avec des instruments pré-courbés, il est parfois impossible de nettoyer et de préparer mécaniquement des canaux ramifiés en raison de leurs multiples courbures. Dans ces cas, la seule possibilité consiste à réaliser une préparation chimique intensive (**FIG. 25A**). Le canal doit être irrigué plusieurs fois avec des quantités abondantes de NaO, de plus l'efficacité de l'irrigation sera augmentée par une activation ultrasonore^{46,47}. Celle-ci permet de faire pénétrer la solution d'irrigation dans la partie apicale du canal ramifié et favorise la dissolution chimique du tissu pulpaire. Afin d'obtenir un débridement chimique adéquat du canal, il est impératif de réaliser une irrigation suffisamment durable. Les techniques d'obturation utilisant des matériaux thermoplastiques conviennent bien aux canaux ramifiés ou bifurqués débridés par voie chimique (**FIG. 25B**).

OBTURATION DE CANAUX RADICULAIRES RAMIFIÉS

La prise en charge du canal ramifié est problématique au moment de la préparation mécanique et chimique, mais aussi de l'obturation. La cavité d'accès est en général trop étroite

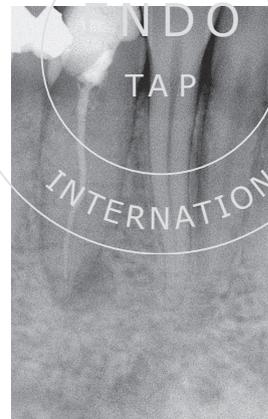
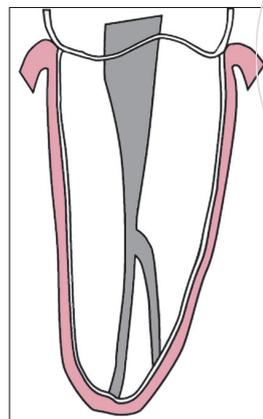
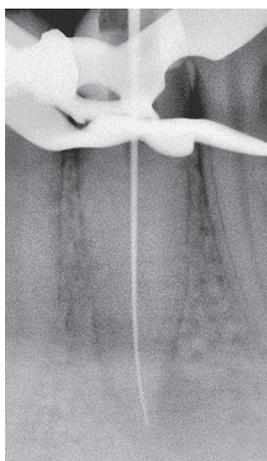


FIG. 25A Prémolaire mandibulaire présentant un canal ramifié à forte déflexion : la préparation mécanique est impossible (images reproduites avec l'aimable autorisation du Dr Thomas Beyl, Lahnstein).

FIG. 25B Sous irrigation abondante et activation passive aux ultrasons de la solution d'hypochlorite de sodium, le canal ramifié a été obturé en utilisant une technique à chaud (images reproduites avec l'aimable autorisation du Dr Thomas Beyl, Lahnstein).



pour placer simultanément plus d'un cône de gutta-percha de conicité 0.04, voire de plus grand diamètre. Par conséquent, les deux cônes de gutta-percha nécessaires pour obturer des canaux bifurqués ne peuvent pas être posés en même temps. Si un seul cône de gutta-percha est introduit dans l'un des canaux et coupé dans la partie coronaire ou médiane du canal radiculaire, l'accès nécessaire pour l'obturation du second canal bifurqué ou ramifié se retrouve bloqué.

Ce dilemme peut être résolu en mettant en œuvre la technique de Schilder modifiée. Comme d'habitude, avec les techniques d'obturation canalaire, un cône maître est adapté dans chaque canal préparé. La pointe du cône doit présenter le même diamètre et conicité que le dernier instrument utilisé pour la préparation du canal, et on doit vérifier que le cône de gutta-percha s'insère parfaitement.

Les cônes de gutta-percha sélectionnés pour obturer les canaux ramifiés doivent être vérifiés un par un afin de s'assurer qu'ils pénètrent bien

à l'intérieur du canal, puis ils sont raccourcis en dehors de la cavité buccale à la longueur de la zone de bifurcation.

Afin de déterminer la longueur du canal radiculaire entre la bifurcation et l'apex, on marque la longueur du canal de l'extrémité apicale de la préparation au point de référence occlusal (longueur de travail totale). Un instrument canalaire d'un diamètre supérieur est ensuite introduit dans le canal radiculaire jusqu'à ce qu'il rencontre l'obstruction que constitue la bifurcation, identifiable par une sensation de blocage. Cette longueur représente celle du canal radiculaire de la bifurcation au point de référence coronaire. La différence entre ces deux longueurs constitue la longueur de la section du canal radiculaire bifurquée, de la bifurcation à l'apex (**FIG. 26**).

Après avoir coupé les cônes de gutta-percha à la bonne longueur, on applique du ciment sur les parois canalaire à l'aide de pointes de papier, en réalisant des mouvements circulaires et en pompant légèrement. Il est possible d'utiliser un fouloir (plugger) afin d'introduire les cônes de

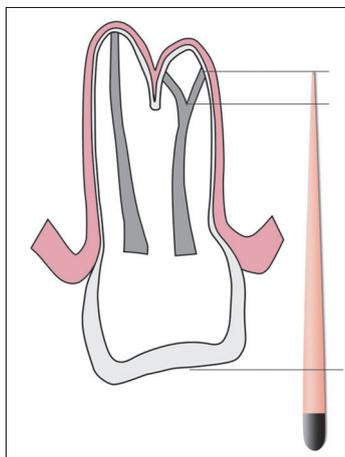


FIG. 26 Mesure de la longueur du segment canalaire ramifié : la différence entre la longueur totale du canal et la distance entre le point de référence coronaire et la bifurcation donne la longueur de la partie ramifiée, de la bifurcation à l'apex.



FIG. 27 Fixation d'un cône de gutta-percha coupé à la bonne longueur à l'extrémité d'un plugger.

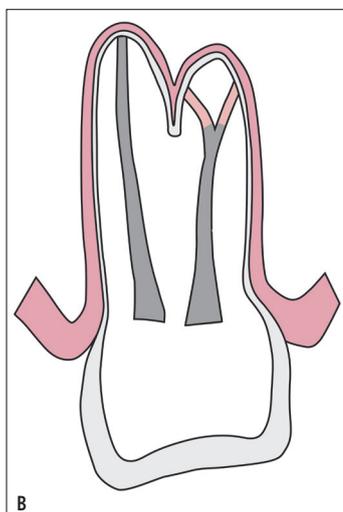
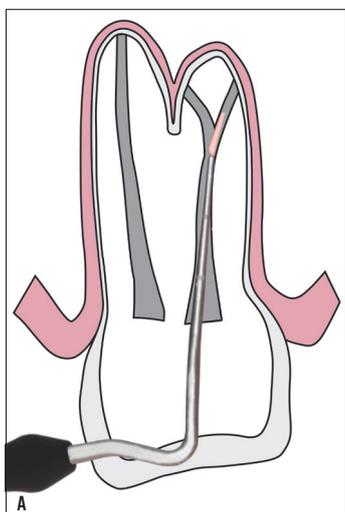


FIG. 28 (A) Représentation schématique de la mise en place d'un cône de gutta-percha, fixé à un plugger dans le premier canal ramifié. **(B)** Après obturation du premier canal ramifié, l'accès au second canal ramifié reste libre.

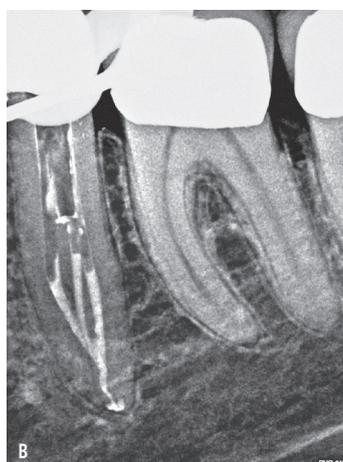
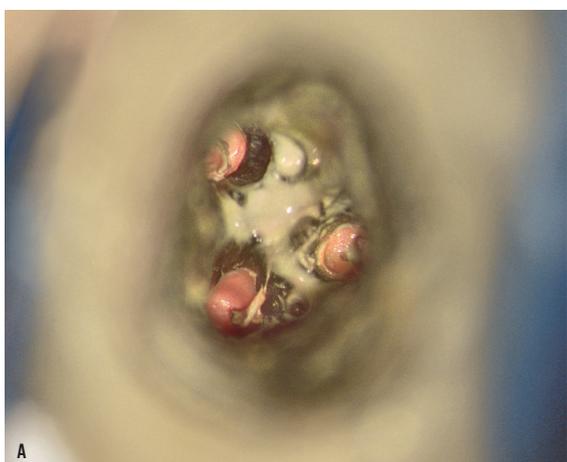
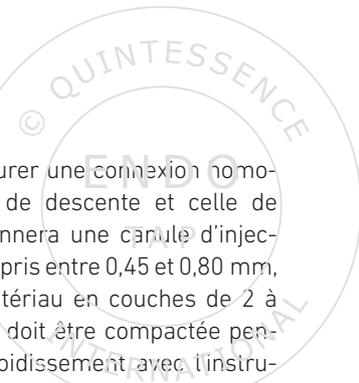


FIG. 29 (A) Trois cônes de gutta-percha placés dans les ramifications apicales d'une prémolaire mandibulaire ont été condensés individuellement sous contrôle visuel (condensation verticale à chaud). **(B)** Radiographie de contrôle de la procédure de condensation verticale à chaud (« down-pack »).



gutta-percha dans les canaux bifurqués. Les cônes peuvent être fixés à l'extrémité du *plugger* après les avoir légèrement chauffés (FIG. 27). De cette manière, ils peuvent être introduits individuellement (FIG. 28A) et successivement dans chacun des canaux radiculaires ramifiés. Comme le cône est intégralement placé dans la partie correspondante du canal ramifié, l'accès à l'autre partie ramifiée du canal demeure accessible (FIG. 28B).

Par la suite, les cônes de gutta-percha introduits dans les canaux ramifiés sont condensés individuellement à chaud, de préférence sous contrôle visuel, en utilisant un embout chauffant (par exemple System B [SybronEndo] ou BeeFill Pack [VDW]), et compactés à l'aide d'un embout froid en nickel-titane. La pression appliquée sur la gutta-percha ramollie doit être exercée pendant au moins dix secondes afin de compenser la contraction thermique qui surviendra au cours du refroidissement (phase de condensation verticale à chaud, ou *down-fill* ; FIG. 29A ET 29B).

Le canal principal est ensuite obturé par injection de gutta-percha (phase de *back-fill*). Par conséquent, la canule d'injection de gutta-percha doit être placée en contact direct avec la couche condensée pendant au moins cinq secondes afin

de la ramollir et d'assurer une connexion homogène entre la phase de descente et celle de remontée. On sélectionnera une canule d'injection d'un diamètre compris entre 0,45 et 0,80 mm, et l'on injectera le matériau en couches de 2 à 3 mm. Chaque couche doit être compactée pendant la phase de refroidissement avec l'instrument utilisé pour la phase de compactage. L'utilisation de gutta-percha en phase alpha est recommandée, car elle devient extrêmement fluide lorsqu'elle est chauffée.

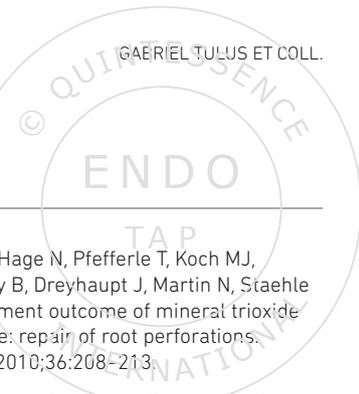
CONCLUSIONS

En synthèse, voici les conditions importantes pour la détection de canaux radiculaires ramifiés : une excellente connaissance de l'anatomie du système radiculaire, une imagerie adéquate (radiographies et CBCT), ainsi que l'utilisation d'une bonne source de grossissement et de lumière. La préparation des canaux radiculaires ramifiés nécessite des instruments spéciaux, une technique précise et de l'expérience clinique. Néanmoins, il est possible d'obturer de manière adéquate ce type de canaux en utilisant les techniques d'obturation par compactage à chaud de matériaux thermoplastiques.

 Diagnosis and therapy of branched Root Canal Systems. Endo (Lond Engl) 2015 ; 9(4) : 267-282. Traduit par Carine Blanc-Delmas.

RÉFÉRENCES

- Arnold M. Anatomy and possible forms and variations of root canal systems of permanent teeth. *Quintessenz* 2011;62: 1273-1286.
- Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30: 559-567.
- Hess W. Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apicale. *Schweiz Vierteljahrsschr Zahnheilk* 1917;27: 1-53.
- Carabelli G. Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde., Wien: Baumüller und Seidel, 1844.
- Arnold M. Use of digital cone-beam tomography in endodontics. *Quintessenz* 2013;64:85-96.
- American Association of Endodontists, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. AAE and AAOMR joint position statement. Use of cone-beam-computed tomography in endodontics. *Pa Dent J (Harrissb)* 2011;78:37-39.
- Schröder J. CBCT in endodontic retreatment: Report of two cases. *Endodontie* 2012;21: 395-406.
- Herrmann H. Preparation of curved root canals. *Endodontie* 1998;7:41-53.
- Tulus G, Weber T, Rusch C. Das Röntgenbild – ein geeignetes Instrument zur Beurteilung von Qualität oder Schwierigkeitsgrad endodontischer Behandlungen? *Zahnarzt Praxis* 2009;6-15.
- Calberson FL, De Moor RJ, Deroose CA. The radix entomolaris and paramolaris: clinical approach in endodontics. *J Endod* 2007;33: 58-63.
- Peiris HR, Pitakotuwage TN, Takahashi M, Sasaki K, Kanazawa E. Root canal morphology of mandibular permanent molars at different ages. *Int Endod J* 2008;41:828-835.
- Thomas RP, Moule AJ, Bryant R. Root canal morphology of maxillary permanent first molar teeth at various ages. *Int Endod J* 1993;26:257-267.
- Artal N, Gani O. Endodontic anatomy of the root canals of lower incisors. *Acta Odontol Latinoam* 2000;13:39-49.
- Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA 3rd. An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *J Endod* 1998;24:607-609.
- Arnold M. Differentiation between single and multiple root canal systems in mandibular incisors using a dental microscope. *Endodontie* 2010;19:153-163.



i RÉFÉRENCES

- 16 Beer R, Baumann MA, Rateitschak KH. *Farbatlanten der Zahnmedizin*. Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1997.
- 17 Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7.275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;33:101–110.
- 18 Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589–599.
- 19 de Pablo, OV, Estevez R, Péix Sánchez M, Heilborn C, Cohenca N. Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *J Endod* 2010;36:1919–1931.
- 20 Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;28:419–425.
- 21 Weine FS, Buchanan LS. Controversies in clinical endodontics: Part 1. The significance and filling of lateral canals. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17:1028–1032, 1035–1036, 1038.
- 22 Ricucci D, Siqueira JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010;36:1–15.
- 23 De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod* 1975;1:361–366.
- 24 Dammascchke T, Witt M, Ott K, Schäfer E. Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars. *Quintessence Int* 2004;35:699–705.
- 25 Patel S, Kanagasingam S, Mannocci F. Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. *Dent update* 2010;37:373–379.
- 26 Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics [Epub 31 Mar 2010]. *Int J Dent* doi: 10.1155/2009/634567.
- 27 Schwarze T, Baethge C, Stecher T, Geurtsen W. Identification of second canals in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars using magnifying loupes or an operating microscope. *Aust Endod J* 2002;28:57–60.
- 28 Arnold M, Friedrichs C, Tulus G, Verch S, Dennhardt H, Sanner F. Intracoronar and intracanal endodontic diagnostics (IKD). *Endodontie* 2013;22:9–21.
- 29 Tulus G. How would you decide? *Endodontie* 2012;21:393–394, 407–412.
- 30 Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod* 2011;37:1516–1519.
- 31 Alaçam T, Tinaz AC, Genç O, Kayaoglu G. Second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using microscopy and ultrasonics. *Aust Endod J* 2008;34:106–109.
- 32 Abuabara A, Baratto-Filho F, Aguiar Anele J, Leonardi DP, Sousa-Neto MD. Efficacy of clinical and radiological methods to identify second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Acta Odontol Scand* 2013;71:205–209.
- 33 Sempira HN, Hartwell GR. Frequency of second mesiobuccal canals in maxillary molars as determined by use of an operating microscope: a clinical study. *J Endod* 2000;26:673–674.
- 34 Nevaes G, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Success rates for removing or bypassing fractured instruments: a prospective clinical study. *J Endod* 2012;38:442–444.
- 35 Fu M, Zhang Z, Hou B. Removal of broken files from root canals by using ultrasonic techniques combined with dental microscope: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 2011;37:619–622.
- 36 Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J* 2005;38:112–123.
- 37 Mente J, Hage N, Pfeifferle T, Koch MJ, Geletnýky B, Dreyhaupt J, Martin N, Staehle HJ. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod* 2010;36:208–213.
- 38 Guo F, Gao Y, Niu F, Sun Y. Treatment of teeth with open canal system using mineral trioxide aggregate as apical barrier under the dental operating microscope [Article in Chinese]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2008;17:129–131.
- 39 Selden HS. The role of a dental operating microscope in improved nonsurgical treatment of “calcified” canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68:93–98.
- 40 Girsch WJ, McClammy TV. Microscopic removal of dens invaginatus. *J Endod* 2002;28:336–339.
- 41 Silberman A, Cohenca N, Simon JH. Anatomical redesign for the treatment of dens invaginatus type III with open apexes: a literature review and case presentation. *J Am Dent Assoc* 2006;137:180–185.
- 42 Arnold M. The dental microscope – basis for proved and new methods in root canal treatment. *Endodontie* 2007;16:105–114.
- 43 Friedrichs C. Endodontic roadmap. Orientation during preparation of the access cavity and localization of root canal orifices – Part 1. *Endodontie* 2010;19:355–363.
- 44 McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J* 2012;45:177–197.
- 45 Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 1992;18:605–612.
- 46 Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1982;15:187–196.
- 47 Tulus G, Schulz-Bongert U. Ultrasonic irrigation in endodontic treatment – three case reports. *Endodontie* 2004;13:147–155.