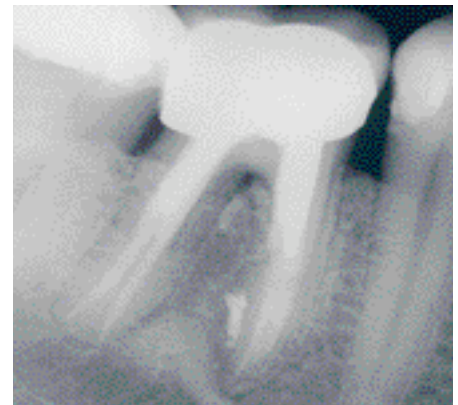
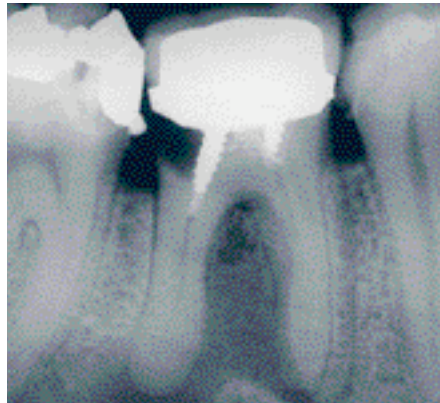


ÉTANCHÉITÉ APICALE VERSUS ETANCHEITÉ CORONAIRE

Pierre MACHTOU

Professeur, DDS, DSO

Université Paris 7 Denis Diderot



KEY WORDS

Dental leakage
Apical leakage
Coronal leakage
Periapical health
Endodontic failures
Root canal obturation

MOTS CLES

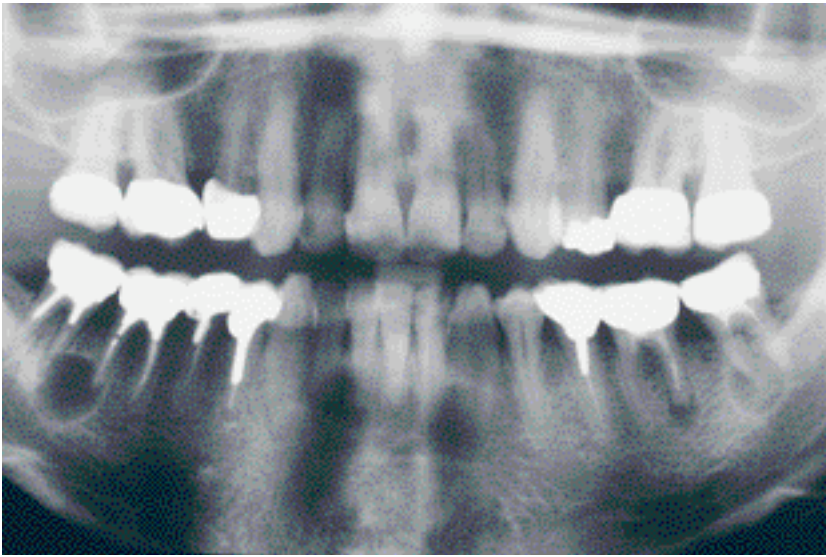
Percolation dentaire
Percolation apicale
Percolation coronaire
Santé péri-apicale
Echecs endodontiques
Obturation canalaire

Les fondements biologiques de l'endodontie sont aujourd'hui bien établis et soulignent le rôle prépondérant des bactéries dans l'initiation, le développement ou la persistance des pathologies périapicales (34) ou *parodontites apicales* (PA) selon la terminologie actuellement utilisée. Les procédures cliniques ont donc pour objectif de prévenir ou d'éliminer l'infection bactérienne du réseau canalaire (50). Pendant longtemps, la contamination du périapex a été attribuée à une obturation défectueuse des canaux radiculaires (fig. 1), mais plus récemment, l'attention s'est foca-

lisée sur le manque d'étanchéité des restaurations coronaires après réalisation du traitement endodontique et sur l'impact de ces dernières en terme de pronostic. Le dilemme, aujourd'hui, est de savoir lequel de ces deux facteurs est prépondérant (71), car la littérature est abondante sur chacune des deux hypothèses et la controverse est grande...

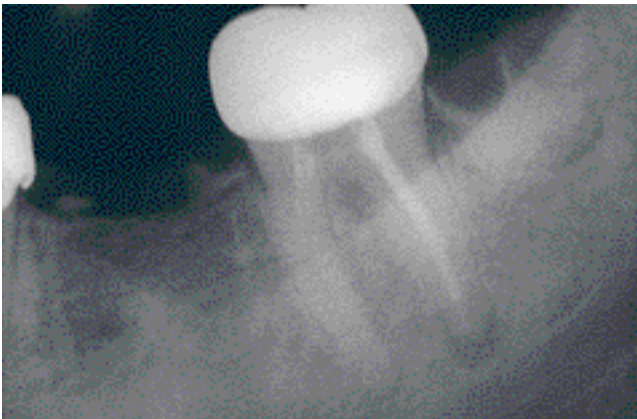
L'ÉTANCHÉITÉ APICALE

Recherche Pubmed : 404 références.
Mots clés : Dental leakage, apical leakage, periapical health, endodontic failures, root canal obturation.

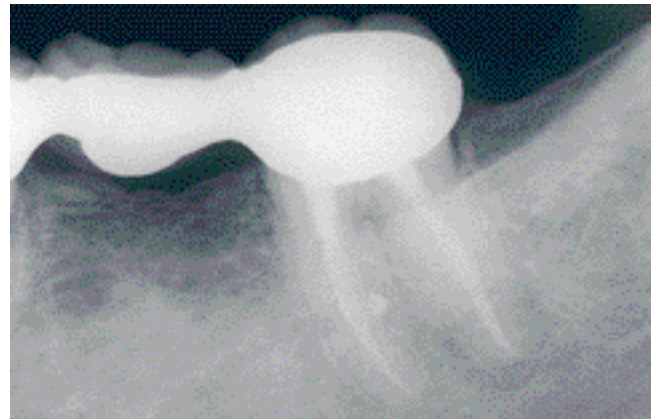


1

Depuis longtemps, on admet que le respect de la triade endodontique : préparation, désinfection et obturation canalaire, est la clé du succès en endodontie. Pourtant, historiquement, une part importante a été attribuée à l'étape d'obturation depuis la théorie du «tube creux» (Hollow tube theory) proposée par Rickert et Dickson en 1931 (57), et qui a prévalu pendant plus de 30 ans. Pour expliquer la présence de lésions périapicales constatées radiographiquement sur les dents mal obturées, avec présence de vides dans la région apicale, des segments d'aiguilles hypodermiques en acier ont été implantés dans le dos de lapins et, après une



2a



2b

Fig. 1 - Inadequate and under sealed endodontic treatments are often associated to periapical pathologies.

Fig. 2 -

a) Presence of an acute apical parodontite under the crown of 37 inappropriately treated.

Apical percolation or coronary percolation?

b) After re-treating and new restoration, 1 year cure.

période post-opératoire non précisée, la réaction tissulaire autour des tubes a été examinée macroscopiquement. Une inflammation importante était visible particulièrement autour de la lumière des tubes amenant les auteurs à conclure que «les éléments circulants au travers de la lumière des tubes n'étaient pas tolérés par les tissus vivants». Dans un protocole similaire, les observations effectuées

après implantation dans la peau ou les muscles de lapins de dents extraites obturées et non obturées stériles, ont corroboré les résultats de l'étude initiale. L'hypothèse a donc été émise que les fluides apicaux, c'est-à-dire essentiellement les éléments provenant du sérum sanguin, diffusent de façon permanente dans les espaces canaux vides, y stagnent pour y subir une dégradation et ensuite agir

comme des irritants physico-chimiques lors de leur diffusion dans le périapex.

A l'appui de cette théorie de la stagnation, Dow et Ingle en 1955 (14), ont montré que la majorité des échecs endodontiques étaient liés à une obturation inadéquate ou incomplète de l'espace canalaire. En effet, après avoir plongé des dents extraites obturées dans une solution d'iode radioactif, les dents bien obturées ne présentaient aucune pénétration des isotopes en autoradiographie, alors qu'une pénétration massive était observée sur les dents dont l'obturation était défectueuse. Cette étude *in vitro* établissait que la situation *in vivo* était similaire, confirmant ainsi l'hypothèse de la théorie du tube creux.

Consécutivement, une étude de suivi de cas traités endodontiquement était entreprise à l'Université de Washington pour évaluer les taux de succès et d'échec des traitements à deux ans ainsi que, de façon exhaustive, les différents facteurs liés aux échecs. Cette étude a été publiée pour la première fois en 1965 dans le traité d'endodontie «Endodontics» de Ingle J.I., puis systématiquement mentionnée dans toutes les éditions ultérieures de l'ouvrage (33). Le résultat le plus frappant de l'étude «faisait état d'un taux d'échecs de 58, 66 % dû à une oblitération incomplète du canal». Bien que présentant de nombreux biais par rapport à l'étude princeps de Strindberg (73) sur la même thématique, la «Washington Study» a eu un impact considérable en Endodontie et a été considérée et citée, pendant de longues années, comme une référence absolue (fig. 2a, 2b).

Faisant suite à ces données, d'innombrables études ont été conduites pour évaluer l'étanchéité apicale des dents obturées. Toutes les différentes techniques et tous les matériaux d'obturation

ont été testés *in vitro* par les moyens les plus divers : traceurs radioactifs (9), percolation électrochimique (44), infiltration de colorant (60), filtration de fluides sous pression (13), souches bactériennes spécifiques, (77), lipopolysaccharide (82), cultures mixtes de lipopolysaccharide et bactéries (2).

La conclusion qui peut être tirée de la revue de littérature est sans équivoque : aucune obturation canalaire, aucune technique, aucun matériau ne permettent d'obtenir et de maintenir dans le temps une étanchéité apicale.

L'ÉTANCHÉITÉ CORONAIRE

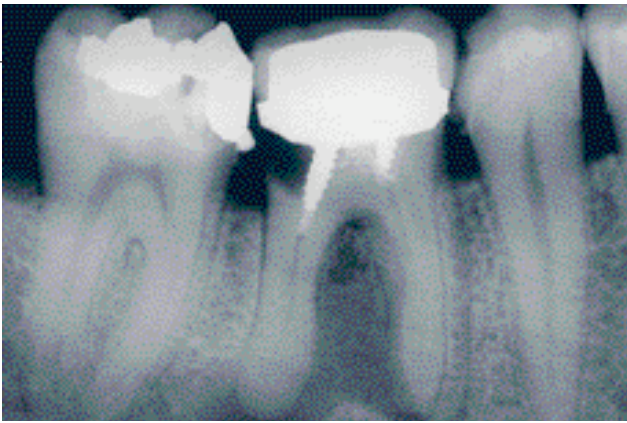
Recherche Pubmed : 120 références supplémentaires.

Mots clés : Dental leakage, coronal leakage, periapical health, endodontic failures, root canal obturation.

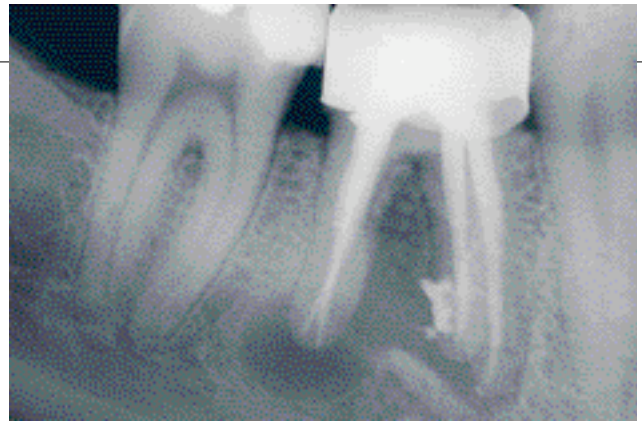
Bien que la percolation apicale soit toujours considérée comme un facteur d'échec du traitement endodontique, une plus grande attention a été portée, dans les dix dernières années, à la contamination par voie coronaire au travers de restaurations inadéquates (fig. 3a, 3b, 3c) (62).

Plusieurs éléments troublants émanant de la littérature ont amené les chercheurs à suggérer que les bactéries issues de l'environnement buccal ou les composants de leur membrane cellulaire, leurs produits dérivés solubles ou la salive pouvaient diffuser, via des restaurations coronaires défectueuses, le long des obturations canalaires et interférer de façon potentiellement importante sur le pronostic des traitements endodontiques. Ces éléments sont :

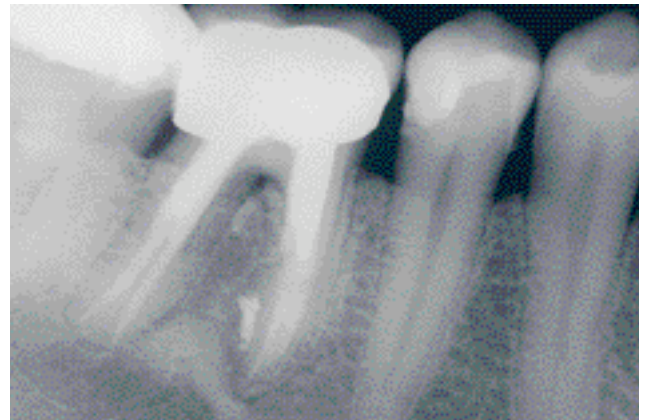
- la contradiction flagrante qui existe entre le taux de succès clinique élevé du traitement endodontique, lorsqu'il est bien mené et l'absence d'étanchéité, évaluée *in vitro*, de toutes les



3a



3b



3c

Fig. 3 -

- a) The decay infiltrations under the crowns support the coronary percolation.*
- b) A re-treatment is carried out.*
- c) A new restoration is quickly placed. The cure is obvious one year later.*

obturations canalaires, alors qu'elles sont effectuées dans des conditions idéales ;

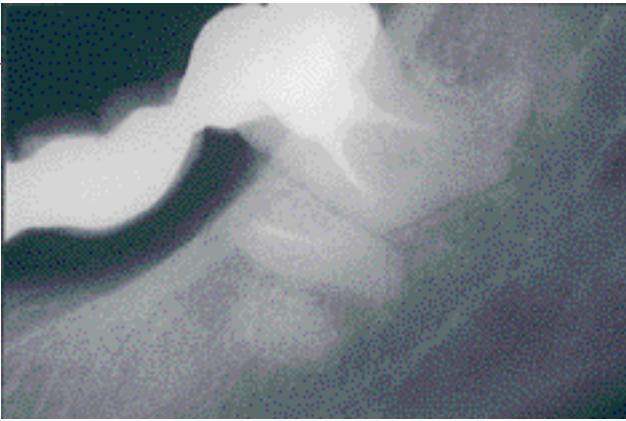
- la constatation, après examen attentif des données recueillies dans les études épidémiologiques, que des dents sous obturées de façon évidente (fig. 4a) maintiennent dans le temps un

état de santé périapical normal (1, 6, 7, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 21, 32, 42, 47, 51, 52, 53, 63, 64, 66, 69). L'observation inverse est encore plus troublante : pourquoi constate-t-on entre 20 % et 30 % d'échecs sur des dents bien obturées radiographiquement ?

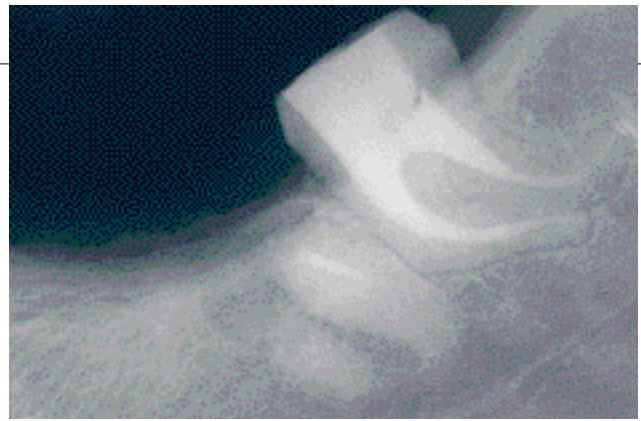
- le fait qu'une période d'un an est suffisante pour évaluer l'apparition d'une PA ou son évolution vers la guérison (fig. 2, 3 et 5) et qu'il y a davantage de succès que d'échecs tardifs après un traitement endodontique (49) laissent à penser que des facteurs autres que la qualité de l'obturation contribuent au développement d'une PA qui apparaît plus d'un an après le traitement endodontique ;
- en 1995, Ray et Trope (56), publient une étude clinique rétrospective à partir de bilans radiographiques long cône sur une population de patients

TABLE I - PERCENTAGE OF SUCCESS IN ENDODONTIC TREATMENTS, DEPENDING ON THE QUALITY OF THE TREATMENT AND THE QUALITY OF THE CORONAL RESTORATION (RAY AND TROPE) (56)

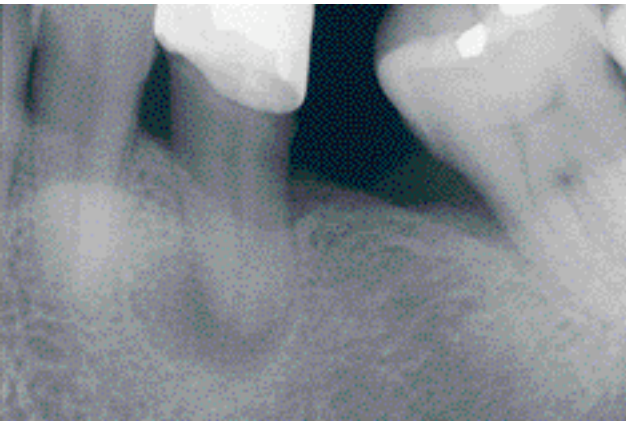
Quality of the endodontic treatment	Quality of the coronal restoration	% success (absence of PA)
Good	Good	91.4
Good	Poor	44.1
Poor	Good	67.7
Poor	Poor	18.1



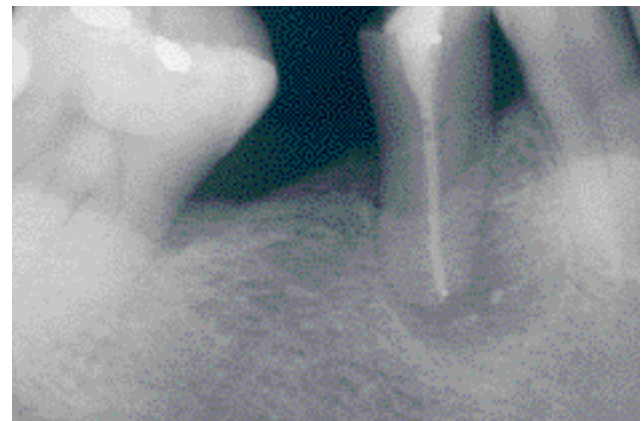
4a



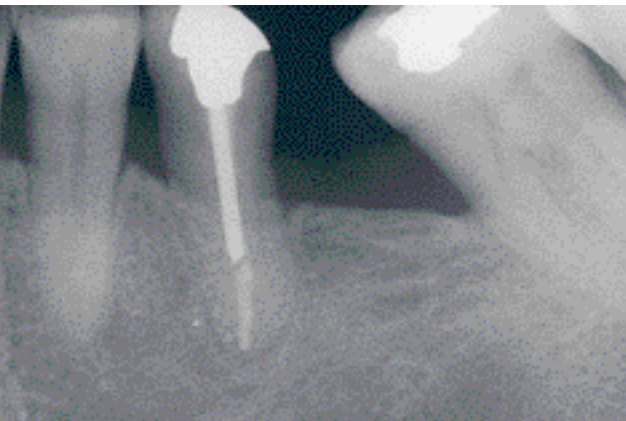
4b



5a



5b



5c

avec un taux global de pathologies apicales élevé (39 % sur 1010 dents examinées). Cette étude évalue, pour la première fois, l'incidence de PA en fonction de la qualité des restaurations coronaires et montre que l'absence de PA est significativement plus fréquente sur les dents dont la

restauration coronaire est bonne, que sur celles restaurées inadéquatement (tableau I)

La conclusion des auteurs affirmant que «la qualité de la restauration coronaire est significativement plus importante que la qualité du traitement endodontique pour la santé du

Fig. 4 -

a) Certain teeth maintain periapical health in spite of insufficient canal obturations.

b) A new bridge having to be made, the radicular treatment is taken up again.

Fig. 5 -

a) The infiltrated crown has induced a PA

b) Failure after first endodontic treatment.

c) A correct endodontic re-treatment, quickly supplemented by a good restoration, optimises the forecast. Control in 6 months.

périapex» a troublé pendant des années la communauté endodontique car elle prend le contrepied des fondements de l'endodontie où l'obturation canalairé crée la barrière au passage des bactéries alors que la restauration coronaire est là pour la protéger et pour redonner à la dent sa fonction (80). Cette étude a, par ailleurs, remis d'actualité, certaines études initiales, passées inaperçues, qui avaient mis l'accent sur un impact potentiel de la contamination par voie coronaire sur le périapex (43, 76, 61). Parmi les études *in vitro* les plus marquantes on peut citer :

- en 1990, Torabinejad et al. (77) étudient la pénétration de *Staphylococcus epidermidis* et *Proteus vulgaris* sur 45 dents monoradiculées, extraites et obturées en condensation latérale avec du Roth sealer, mais sans restauration coronaire. En 19 jours, 50 % des canaux étaient contaminés sur toute leur longueur après exposition à *S. epidermidis*. Le même résultat était obtenu avec *P. vulgaris* mais en 52 jours ;
- en 1991, Magura et al. (41) évaluent la percolation salivaire sur 150 dents monoradiculées, obturées en condensation latérale avec du Roth sealer, après une exposition à la salive de trois mois. L'évaluation est faite à l'aide d'un colorant et par histologie. La conclusion stipule qu'il est préférable, avant la mise en place d'une restauration définitive, de retraiter les dents dont les canaux ont été contaminés coronairement pendant une période de trois mois ou plus par une exposition à l'environnement oral ;
- en 1993, Khayat et al. (37) exposent dans les mêmes conditions à la salive humaine 30 dents monoradiculées, extraites et obturées en condensation latérale et verticale avec du Roth sealer et évaluent la pénétration de la salive avec un colorant. Tous les canaux ont été contaminés en moins

de trente jours, quelle que soit la technique d'obturation utilisée ;

- en 1995, Trope et al. (82) étudient la pénétration des endotoxines par voie coronaire sur des dents extraites, obturées et non restaurées. Les endotoxines peuvent atteindre le foramen apical en moins de 20 jours, donc bien plus rapidement que les bactéries ;

- en 1997, Barrieshi et al. (4) utilisent une mixture de bactéries anaérobies et évaluent *in vitro* la pénétration bactérienne sur des canaux obturés après préparation du logement de tenon. Celle-ci se fait entre 48 et 84 jours ;

- en 1997, Alves et al. (2) testent la pénétration par voie coronaire des endotoxines provenant de souches mixtes anaérobies sur des canaux obturés, puis préparés pour recevoir un tenon. Le temps de percolation moyen pour franchir 5 mm d'obturation résiduelle est de 23 jours pour les endotoxines et de 62 jours pour les bactéries.

- Fox et Gutteridge (22) étudient la percolation coronaire sur trois groupes de 10 dents obturées et restaurées avec tenon et faux-moignon, selon trois techniques différentes : tenon + inlay-core + ciment au phosphate de Zn, tenon préfabriqué + composite + colle, couronne provisoire à tenon + ciment provisoire ZnO. La recommandation est claire : «pour éviter une réinfection du réseau canalairé, il est préférable de restaurer la dent immédiatement avec un tenon préfabriqué et un composite, plutôt que de placer une dent provisoire à tenon puis un inlay-core avec tenon».

Par ailleurs, les meilleures restaurations prothétiques ne sont pas étanches (28) et ne constituent pas une protection suffisante contre la percolation. Freeman et al. (23) ont évalué l'échec préliminaire, c'est-à-

dire la désagrégation du joint de ciment induite par la fonction masticaire et la percolation qui y est associée sur des couronnes placées sur trois systèmes tenon/faux-moignons : Para-post + composite collé (Tenure/Core Paste), Flexi-Post + composite collé (Tenure/Core Paste), Inlay-core coulé avec tenon (Alliage Palladium-Ag). Après un test de fatigue à la charge de 3,5kg/72cycles/mn, les trois groupes ont montré une percolation. «L'échec préliminaire n'est pas cliniquement décelable, mais permet une percolation entre la restauration et la dent, qui peut s'étendre jusqu'au logement du tenon».

Bachicha et al. (3) ont comparé l'étanchéité entre deux systèmes de restauration : tenon acier et tenon en fibres de carbone, scellés avec différents ciments. Lorsque les deux types de tenons sont scellés avec des ciments adhésifs à la dentine (C&B Metabond et Panavia-21), la percolation est moindre que lorsqu'ils sont scellés avec des ciments non adhésifs (Phosphate de Zn et verre-ionomère).

Le tableau est sombre et il est intéressant de constater qu'après l'étude de Ray et Trope (56), la plupart des études d'étanchéité *in vitro* précédemment effectuées ont été reprises avec les mêmes moyens, mais cette fois en testant la percolation par voie coronaire. Toutes les procédures de restauration ont pu ainsi être évaluées, y compris tous les types de ciment temporaire, les couronnes provisoires, les tenons et les restaurations définitives. Pour une revue synthétique du problème, se référer à Heling et al. (30). L'ensemble des résultats ne fait que confirmer l'évidence : rien n'est étanche coronairement.

DISCUSSION

De nos jours, la théorie du tube creux n'a plus de crédibilité. Les protocoles employés, même s'ils paraissaient

corrects pour l'époque, ont été invalidés. Les aiguilles hypodermiques étaient en acier et aucune considération n'avait été apportée à leur longueur qui pouvait occasionner des blessures et donc une inflammation lors des mouvements des lapins. Par ailleurs, une possible corrosion de l'acier, de même que les mesures d'asepsie avaient été négligées. Enfin, aucune information n'était disponible sur l'intervalle de temps écoulé entre l'implantation et l'observation des tissus qui était faite macroscopiquement, les effets du trauma opératoire n'ayant pas été pris en compte. Des années plus tard, les mêmes expérimentations ont été reprises mais, cette fois, sur des rats avec des tubes courts en polyéthylène, dans des conditions d'asepsie, et avec un examen microscopique des tissus après une période post-opératoire suffisante (27, 55, 78). Les résultats ont montré une absence d'inflammation au niveau des extrémités ouvertes des tubes implantés lorsque ces derniers étaient stériles et propres. La plupart des implants démontraient la présence de fluides dans la lumière des tubes. Ces fluides ne circulaient pas et n'étaient pas incompatibles avec une fonction cellulaire normale dans les tissus adjacents, même après une longue période d'implantation. Sur certains tubes, larges et ouverts, un nouveau tissu conjonctif avait envahi toute la longueur de l'implant, malgré la présence de fluides. A partir de ces résultats, il était possible de conclure que la seule présence d'un espace, même rempli de fluide, n'est pas suffisante pour initier et perpétuer une réaction inflammatoire. Ces études ont été poursuivies par Torneck (79) avec des tubes remplis de tissu nécrosé stérile ou infecté. Les résultats ont montré qu'il n'y avait aucune tendance à la réparation tissulaire lorsque du

tissu infecté était présent. En revanche, la présence de tissu nécrosé stérile n'engendrait que peu ou pas d'inflammation. Ces données ont été définitivement corroborées par Möller et al. (45).

Alors que la Washington Study met en avant l'obturation incomplète du canal, comme étiologie première des échecs endodontiques, et que vingt autres facteurs ont pu être mis en cause pour les expliquer (72), il est admis aujourd'hui que les bactéries intracanales sont les agents responsables du développement des PA (34, 45, 74). La présence de bactéries dans l'endodonte après traitement radiculaire est, soit le résultat d'une insuffisance de nettoyage du réseau canalaire (infection résiduelle), soit la conséquence d'une contamination par percolation bactérienne le long de l'interface des restaurations coronaires puis des obturations canalaires (infection acquise). Quant aux espaces canalaires non obturés, la percolation des fluides apicaux qui s'y produit, si elle n'est pas, en elle-même, un facteur d'échec, peut, en revanche, servir de nutriment et de substrat à des bactéries résiduelles et permettre ainsi leur prolifération (75).

Le manque d'étanchéité des obturations radiculaires ou coronaires a clairement été mis en évidence, mais

exclusivement par le biais d'études *in vitro*. De plus, la validité des tests utilisés dans ces investigations et leur corrélation avec la situation *in vivo* a été mise en question et il s'avère *in fine* que leurs résultats ont été largement surestimés par rapport à la situation clinique (36, 54, 83). Ces restrictions ont été confirmées récemment par Barthel et al. (5) qui, après avoir comparé la pénétration de colorants et de bactéries, ne trouvent aucune correspondance entre les résultats des deux techniques. Le modèle animal décrit par Friedman et al. (25), qui consiste à enfermer de la plaque dentaire sous une restauration pour tester l'étanchéité des obturations canalaires, semble plus proche de la réalité clinique et devrait être plus utilisé.

Après l'étude de Ray et Trope (56), il devenait donc nécessaire d'entreprendre des études cliniques similaires pour en confirmer ou infirmer les résultats. En 2000, Kirkevang et al. (38) ont évalué la relation entre la qualité des traitements endodontiques et des restaurations coronaires et l'état de santé périapical sur un échantillon de population au Danemark. Même si l'étude semble apporter quelque crédit à celle de Ray et Trope, car les auteurs n'ont pas croisé les paramètres, elle confirme essentiellement l'importance de la combinaison d'un bon traitement radiculaire et d'une bonne obturation pour l'obtention d'un bon pronostic.

La même année, Tronstad et al. (81) dupliquent le protocole Ray et Trope et trouvent que le taux de succès est significativement plus bas quand un traitement endodontique inadéquat est associé à une restauration bonne ou défectueuse (56 % et 57 % respectivement), résultats en accord avec ceux de Sidaravicius et al. (66) et de Boucher et al. (6). L'accent est mis sur le fait que, lorsque les canaux ne sont pas correctement obturés, la qualité

TABLE II - PERCENTAGE OF SUCCESS IN ENDODONTIC TREATMENTS, DEPENDING ON THE QUALITY OF THE TREATMENT AND THE QUALITY OF THE CORONAL RESTORATION (TRONSTAD ET AL) (81)

Quality of the endodontic treatment	Quality of the coronal restoration	% success (absence of PA)
Good	Good	81
Good	Poor	71
Poor	Good	56
Poor	Poor	57

de la restauration coronaire n'a aucune influence sur le pronostic du traitement endodontique (tableau II).

Ricucci et al. (58) ont mené une étude rétrospective sur 55 patients dont les obturations canalaires correctes avaient été exposées à l'environnement buccal à cause de caries ou de perte de la restauration coronaire pendant 3 ans ou plus. A la fin de la période d'observation, 78 % des dents montraient des conditions périapicales identiques à la situation de départ et ne montraient pas de signe de PA. Les résultats suggèrent donc que «le problème de la percolation coronaire peut ne pas être d'une importance clinique aussi grande que le laissent supposer les nombreuses études *in vitro*, pour peu que la mise en forme et l'obturation des canaux aient été soigneusement accomplies».

Dans une étude histologique conduite sur 48 canines mandibulaires de chats, Soluti (70) a analysé la réaction tissulaire périapicale en présence ou en absence de percolation coronaire. 16 dents ont été laissées ouvertes à l'environnement buccal, après traitement endodontique, 16 ont été restaurées avec un amalgame, 6 ont servi de contrôle positif, 6 de contrôle négatif. Il n'y a pas eu de réponse différente des tissus apicaux dans les deux groupes jusqu'au troisième mois. Après cinq mois, la différence était statistiquement significative. L'auteur conclut «qu'un retraitement est fortement indiqué lorsque les obturations canalaires sont exposées à l'environnement oral pendant cinq mois au minimum».

L'étude épidémiologique transversale la plus intéressante sur la relation entre l'état du périapex et la qualité des restaurations coronaires et des obturations canalaires a été menée en Belgique par Homme et al. (31).

Ici, les auteurs ont complété l'examen radiographique par un examen clinique des restaurations coronaires et ont mis en évidence la faible corrélation existant entre les deux approches, l'examen clinique montrant une sensibilité plus grande pour la détection des défauts marginaux. Comme suggéré par Tronstad et al. (81), les caries marginales n'influencent pas l'état périapical. Lorsqu'une base de type verre-ionomère est placée sur l'obturation canalaire pour la protéger, le pourcentage de PA est significativement moindre (25,9 % vs 41,3 %). Les dents restaurées au composite ont plus d'échecs que celles restaurées à l'amalgame (40,5 % vs 28,4 %). La présence d'un tenon n'a pas d'influence sur l'état du périapex (81) sauf si la longueur de l'obturation résiduelle est inférieure à 3 mm (6, 18, 40). L'importance d'une bonne restauration coronaire et d'une bonne obturation canalaire en longueur et densité, est une fois de plus soulignée, car la bonne qualité des deux procédures a un impact direct sur la santé périapicale (fig. 5a, b, c).

Même si la valeur de ce type d'étude est indéniable, il faut réaliser que l'image radiographique de l'obturation finale ne reflète pas la qualité globale du traitement endodontique (17) et donc accorder un crédit certain à l'étude clinique de Ricucci et al. (58) qui, elle, est effectuée sur patients. Reprenant et complétant cette dernière, Ricucci et Bergenholtz (59) ont analysé histologiquement et bactériologiquement 39 racines obturées correctement ainsi que l'état du périapex de dents exposées à l'environnement buccal pendant 3 ans ou plus, par perte de la restauration coronaire, fracture ou carie. Une PA était présente sur seulement cinq dents, et sept obturations sur 39 montraient des signes d'infiltration bactérienne dans le tiers apical. Il apparaît donc

que «les canaux radiculaires préparés et obturés de façon optimale résistent à la pénétration bactérienne même après une franche et longue exposition au milieu buccal, par caries, fracture ou perte de la restauration coronaire». Enfin, il existe un décalage important entre les résultats des études menées sur la qualité et le pronostic du traitement endodontique selon que celui-ci est conduit dans des conditions et un environnement contrôlés : universités et cliniques spécialisées (8, 24, 26, 29, 35, 48, 49, 67, 68, 73) ou qu'il est effectué en pratique générale. Dans le premier cas de figure, le pronostic est excellent et de l'ordre de 96 % de succès, alors que dans le second, on note une proportion élevée de traitements inadéquats (de 60 % à 80 %) associés à la présence de pathologies périapicales dans 18 % à 61 % des cas (1, 6, 7, 11, 12, 17, 19, 20, 21, 32, 42, 47, 51, 63, 66). Ces données confirment combien la qualité du traitement endodontique est prépondérante en termes de pronostic (fig. 5a, b, c) (39, 46).

CONCLUSION

La santé de la région périapicale est directement liée à la qualité globale du traitement endodontique. La mise forme adéquate du réseau canalaire permet l'assainissement de l'endodonte et son obturation volumétrique (65). Cette dernière constitue une barrière au passage des irritants bactériens et doit être complétée le plus rapidement possible par une bonne restauration coronaire (10, 30) qui optimisera le pronostic du traitement endodontique.

La recherche actuelle en Endodontie, s'oriente vers l'utilisation de nouveaux matériaux d'obturation canalaire à base de résine (Resilon, Pentron Comp®) qui, tout en conservant les qualités de la gutta-percha notamment de thermoplasticité et de solubilité, ont la capacité de sceller réellement l'endodonte préalablement mis en forme et de réaliser une obturation canalaire monobloc pour constituer avec la restauration coronaire une entité unique.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLARD U. et PALMQVIST S. - A radiographic survey of periapical conditions in elderly people in a swedish country population. *Endod Dent Traumatol.* 1986 ; 2 : 103-118.
2. ALVES J., WALTON R.E. et DRAKE D. - Coronal leakage : endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated, post-prepared root canals. *J Endod.* 1998 ; 24 : 587-591.
3. BACHICHA W.S., DIFIORE P.M., MILLER D.A., LAUTENSCHLAGER E.P. et PASHLEY D.H. - Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod.* 1998 ; 24 : 703-708.
4. BARRIESHI K.M., WALTON R.E., JOHNSON W.T. et DRAKE D.R. - Coronal leakage of mixed anaerobic bacteria after obturation and post space preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod.* 1997 ; 84 : 310-314.
5. BARTHEL C.R., MOSHONOV J., SHUPING G. et ORSTAVIK D. - Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J.* 1999 ; 32, 370-375.
6. BOUCHER Y., MATOSSIAN L., RILLIARD F. et MACHTOU P. - Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J.* 2002 ; 35 : 229-238.
7. BUCKLEY M. et SPANBERG L.S.W. - The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod.* 1995 ; 79 : 92-100.
8. CALISKAN M.K. et SEN B.H. - Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using calcium hydroxide: a long-term study. *Endod Dent Traumatol.* 1996 ; 12 : 215-221.
9. CZONSTKOWSKI M., MICHANOVICZ A.M. et VASQUEZ J.A. - Evaluation of an

- injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radio-active isotopes. *J Endod.* 1985 ; 11 : 7-9.
10. DAVALOU S., GUTMANN J.L. et NUNN M.H. - Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. *Int Endod J.* 1999 ; 32 : 388-396.
 11. De CLEEN M.J.H., SCHUURS A.H.B., WESSELINK P.R. et WU M.K. - Periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Dutch population. *Int Endod J.* 1993 ; 26 : 112-119.
 12. De MOOR R.J., HOMMEZ G.M., De BOEVER J.G., DELME K.I. et MARTENS G.E. - Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J.* 2000 ; 33 : 113-120.
 13. DERKSON G.D., PASHLEY D.H. et DERKSON M.E. - Microleakage measurement of selected restorative materials : a new *in vitro* method. *J Prosthet Dent.* 1986 ; 56 : 435-440.
 14. DOW P.R. et INGLE J.I. - Isotope determination of root canal failure. *J Oral Surg.* 1955 ; 8 : 1100-1104.
 15. ECKERBOM M., ANDERSSON J.E. et MAGNUSSON T. - Frequency and technical standard of endodontic treatment in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1987 ; 3 : 245-248.
 16. ECKERBOM M., ANDERSSON J.E. et MAGNUSSON T. - A longitudinal study of changes in frequency and technical standard of endodontic treatment in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1989 ; 5 : 27-31.
 17. ECKERBOM M. et MAGNUSSON T. - Evaluation of technical quality of endodontic treatment - reliability of intraoral radiographs. *Endod Dent Traumatol.* 1997 ; 13 : 259-264.
 18. ECKERBOM M., MAGNUSSON T. et MARTINSSON T. - Prevalence of apical periodontitis, crowned teeth and teeth with posts in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1991 ; 7 : 214-220.
 19. ERIKSEN H.M., BJERTNESS E. et ORSTAVIK D. - Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an urban adult population in Norway. *Endod Dent Traumatol.* 1988 ; 4 : 122-126
 20. ERIKSEN H.M., BJERTNESS E. et ORSTAVIK D. - Prevalence and quality of endodontic treatment in middle-aged adults in Norway. *Endod Dent Traumatol.* 1991 ; 7 : 1-4.
 21. ERIKSEN H.M., BERSET G.P., HANSEN B.F. et BJERTNESS E. - Changes in endodontic status (1973-93) among 35-year olds in Oslo, Norway. *Int Endod J.* 1995 ; 28 : 129-132.
 22. FOX K. et GUTTERIDGE D.L. - An *in vitro* study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restored by the post and core technique *Int Endod J.* 1997 ; 30 : 361-368.
 23. FREEMAN M.A., NICHOLLS J.I., KYDD W.L. et HARRINGTON G.W. - Leakage associated with load fatigue-induced preliminary failure of full crowns placed over three different post and core systems. *J Endod.* 1998 ; 24 : 26-32.
 24. FRIEDMAN S., LOST C., ZARRABIAN M. et TROPE M. - Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod.* 1995 ; 21 : 384-390.
 25. FRIEDMAN S., TORNECK C.D., KOMOROWSKI R., OUZOUNIAN Z., SYRTASH P. et KAUFMAN A. - *In vivo* model for assessing the functional efficacy of endodontic filling materials and techniques. *J Endod.* 1997 ; 23 : 557-561.
 26. FRIEDMAN S., ABITBOL S. et LAWRENCE H.P. - Treatment outcome in endodontics : the Toronto study. Phase 1 : Initial treatment. *J Endod.* 2003 ; 29 : 787-793.
 27. GOLDMAN M. et PEARSON A.H. - A preliminary investigation of the "hollow tube" theory in endodontics: studies with neo-tetrazolium. *J Oral Ther Pharmacol.* 1965 ; 58 : 618-626.
 28. GOLDMAN M., LAOSONTHORN P. et WHITE R.R. - Microleakage--full crowns and the dental pulp. *J Endod.* 1992 ; 18 : 473-475.
 29. GRAHNEN H. et HANSSON L. - The prognosis of pulp and root canal therapy. *Odont Revy.* 1961 ; 12 : 146-165.
 30. HELING I., GORFIL C., SLUTZKY H., KOPOLOVIC K., ZALKIND M. et SLUTZKY-GOLDBERG I. - Endodontic failure caused by inadequate restorative procedures: review and treatment recommendations. *J Prosthet Dent.* 2002 ; 87 : 674-678.
 31. HOMMEZ G.M., COPPENS C.R. et De MOOR R.J. - Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J.* 2002 ; 35 : 680-689.
 32. IMFELD T.N. - Prevalence and quality of endodontic treatment in an elderly urban population of Switzerland. *J Endod.* 1991 ; 17 : 604-607.
 33. INGLE J.I. et BAKLAND L.K. - *The Washington study in Endodontics*, 5th edition B.C Decker Inc., Hamilton-London, p.748 ; 2002.
 34. KAKEHASHI S., STANLEY H.R. et FITZGERALD R.J. - The effects of surgical exposures of dental pulp in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med*

- Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1965 ; 20 : 340-349.
35. KEREKES K. et TRONSTAD L. - Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979 ; 5 : 83-90.
 36. KERSTEN H.W. et MOORER W.R. - Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J.* 1989 ; 22 : 118-124.
 37. KHAYAT A., LEE S.J. et TORABINEJAD M. - Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993 ; 19, 458-461.
 38. KIRKEVANG L.L., ORSTAVIK D., HORSTED-BINDSLEV P. et WENZEL A. - Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J.* 2000 ; 33 : 509-515
 39. KIRKEVANG L.L. et HØRSTED-BINDSLEV P. - Technical aspects of treatment in relation to treatment outcome. *Endodontic Topics.* 2002 ; 2 : 89-102
 40. KVIST T., RYDIN E. et REIT C. - The relative frequency of periapical lesions in teeth with root canal-retained posts. *J Endod.* 1989 ; 15 : 578-580.
 41. MAGURA M.E., KAFRAWY A.H., BROWN C.E., Jr. et NEWTON C.W. - Human saliva coronal microleakage in obturated root canals : an *in vitro* study. *J Endod.* 1991 ; 17 : 324-331.
 42. MARQUES M.D., MOREIRA B. et ERIKSEN H.M. - Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult Portuguese population. *Int Endod J.* 1998 ; 31 : 161-165.
 43. MARSHALL F.J. et MASSLER M. - The sealing of pulpless teeth evaluated with radioisotopes. *J Dent Med.* 1961 ; 16 : 172-184.
 44. MATTISON G.D. et Von FRAUNHOFER J.A. - Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1983 ; 55 : 102-107.
 45. MÖLLER A.J.R., FABRICIUS L., DAHLEN G., OHMAN A.E. et HEYDEN G. - Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissues in monkeys. *Scand J Dent Res.* 1981 ; 89 : 475-484.
 46. MOLVEN O. et HALSE A. - Success rates for gutta-percha and Kloroperka N-O root fillings made by undergraduate students: radiographic findings after 10-17 years. *Int Endod J.* 1988 ; 21: 243-250
 47. ODESJO B., HELLDEN L., SALONEN L. et LANGELAND K. - Prevalence of previous endodontic treatment, technical standard and occurrence of periapical lesions in a randomly selected adult general population. *Endod Dent Traumatol.* 1990 ; 6 : 265-272.
 48. ORSTAVIK D. et HORSTED-BINDSLEV P. - A comparison of endodontic treatment results at two dental schools. *Int Endod J.* 1993 ; 26 : 348-354.
 49. ORSTAVIK D. - Time course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis. *Int Endod J.* 1996 ; 29 : 150-155.
 50. ORSTAVIK D. et PITT-FORD T.R. - *Essential endodontology. Prevention and treatment of apical periodontitis.* Blackwell Sciences, Hamilton-London, 1998.
 51. PETERSSON K., PETERSSON A., HOLSSON B., HAKANSSON J. et WENNERBERG A. - Technical quality of root fillings in an adult Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1986 ; 2 : 99-102.
 52. PETERSSON K., HAKANSSON R., HAKANSSON J., OLSSON B. et WENNERBERG A. - Follow-up study of endodontic status in an adult Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1991 ; 7 : 221-225.
 53. PETERSSON K. - Endodontic status of mandibular premolars and molars in Swedish adults. A repeated cross-sectional study in 1974 and in 1985 (1993). *Endod Dent Traumatol.* 9 : 185-190.
 54. PITT-FORD T.R. - Relation between seal of root fillings and tissue response. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1983 ; 55 : 291-294.
 55. PHILLIPS J.M. - Rat connective tissue response to hollow polyethylene tube implants. *J Can Dent Assoc.* 1967 ; 33 : 59-64.
 56. RAY H.A. et TROPE M. - Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995 ; 28 : 12-18.
 57. RICKERT U.G. et DIXON C.M. - *The controlling of root surgery.* Transactions, Eight International dental Congress, Section 111a, 1931.
 58. RICUCCI D., GRONDAHL K. et BERGENHOLTZ G. - Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000 ; 90 : 354-9.
 59. RICUCCI D. et BERGENHOLTZ G. - Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries. A histobacteriological study

- of treated cases. *Int Endod J.* 2003 ; 36 : 787-802.
60. ROBERTSON D.C. et LEEB J.J. - The evaluation of a transparent tooth model system for the evaluation of endodontically filled teeth. *J Endod.* 1982 ; 8 : 317-721.
61. SAFAVI K.E., DOWDEN W.E. et LANGE-LAND K. - Influence of delayed coronal permanent restoration on endodontic prognosis. *Endod Dent Traumatol.* 1987 ; 3 : 187-191.
62. SAUNDERS W.P. et SAUNDERS E.M. - Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1994 ; 10 : 105-108.
63. SAUNDERS W.P. et SAUNDERS E.M. - The root filling and restoration continuum. Prevention of long-term endodontic failures *Alpha Omega.* 1997 ; 90 : 40-46.
64. SAUNDERS W.P., SAUNDERS E.M., SADIQ J. et CRUICKSHANK E. - Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population. *Br Dent J.* 1997 ; 182 : 382-386.
65. SCHILDER H. - Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Amer.* 1974 ; 18 : 269-296.
66. SIDARAVICIUS B., ALEKSEJUNIENE J. et ERIKSEN HM. - Endodontic treatment and prevalence of apical periodontitis in an adult population in Vilnius, Lithuania. *Endod Dent Traumatol.* 1999 ; 15 : 210-215.
67. SJOGREN U., HAGGLUND B., SUNDQVIST G. et WINK K. - Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 ; 16 : 498-504.
68. SJOGREN U., FIGDOR D., PERSSON S. et SUNDQVIST G. - Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997 ; 30 : 297-306.
69. SOIKKONEN K.T. - Endodontically treated teeth and periapical findings in the elderly. *Int Endod J.* 1995 ; 28 : 200-203.
70. SOLUTI A. - Histologic study of periapical tissue reaction to endodontic treatment with and without coronal microleakage in cats. Oral research abstract n°19, 57th annual session AAE, Honolulu in : *J. Endod.* 2000 ; 26 : 540.
71. SRITHARAN A. - Discuss that the coronal seal is more important than the apical seal for endodontic success. *Aust Endod J.* 2002 ; 28 : 112-115.
72. STABHOLZ A., FRIEDMAN S. et TAMSE A. - Endodontic failures and retreatment. In : *Pathways of the pulp.* Cohen S. et Burns R.C. eds. 6th Edit. Mosby Comp. St Louis, p. 691-728, 1994.
73. STRINDBERG L.Z. - The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examination. *Acta Odontol Scand.* 1956 ; 14 : suppl. 21.
74. SUNDQVIST G. - Bacteriological studies of necrotic pulps. Thesis, Umea. Sweden. 1976.
75. SUNDQVIST G. et FIDGOR D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In : *Prevention and treatment of apical periodontitis.* Orstavick D, Pitt Ford TR. eds. Essential Endodontology ; London, Blackwell Science Ltd : 242-269. 1998.
76. SWANSON K. et MADISON S. - An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod.* 1987 ; 13, 56-59.
77. TORABINEJAD M., UNG B. et KETTERING J.D. - *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990 ; 16, 566-569.
78. TORNECK C.D. - Reaction of rat connective tissue to polyethylene tube implants - I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1966 ; 21 : 379-387.
79. TORNECK C.D. - Reaction of rat connective tissue to polyethylene tube implants - II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1967 ; 24 : 674-683.
80. TRONSTAD L. - *Clinical endodontics.* A textbook. Thieme medical Publishers, Inc. New York. 1991.
81. TRONSTAD L., ABSJORNSSEN K., DOVING I., PEDERSEN I. et ERIKSEN H.M. - Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 2000 ; 16: 218-221.
82. TROPE M., CHOW E. et NISSAN R. - *In vitro* endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1995 ; 11, 90-94.
83. WU M.K. et WESSELINK P.R. - Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevancy. *Int Endod J.* 1993 ; 26 : 37-43.

Correspondance :
Pierre Machtou
Faculté de chirurgie dentaire Paris 7
5, rue Garancière
75006 Paris
FRANCE
email : machtou@ccr.jussieu.fr

RÉSUMÉ

ÉTANCHÉITÉ APICALE VERSUS ÉTANCHÉITÉ CORONAIRE

Les échecs endodontiques ont souvent été attribués à une obturation canalaire techniquement défectueuse alors qu'il est, aujourd'hui, bien démontré que l'infection canalaire en est le premier facteur étiologique. Une obturation inadéquate n'est, en fait, que la cause indirecte des échecs puisqu'elle ne fait que traduire l'insuffisance des manœuvres de nettoyage et de mise en forme canalaire et donc la présence de bactéries résiduelles dans l'endodonte. Récemment, une grande attention a été apportée à l'infection acquise du réseau canalaire liée au manque d'étanchéité des restaurations coronaires qui favorise la percolation bactérienne le long de l'interface dent-obturation pour atteindre le périapex. Cette percolation, par voie coronaire, peut apparaître, au vu de la littérature, comme l'explication majeure des échecs en endodontie. Cet article se propose d'analyser et de discuter l'impact de l'étanchéité coronaire versus l'étanchéité apicale sur le pronostic du traitement endodontique.

ABSTRACT

APICAL SEAL VERSUS CORONAL SEAL

Endodontic failures have often been attributed to technically defective canal fillings even though it has, at present, been well shown that canal infection is the primary etiologic factor. An inadequate obturation is, in fact, only the indirect cause of failure, since it only reflects the inadequacy of the cleaning and preparation maneuvers performed in the canal, and, therefore, the presence of residual bacteria in the root canal. Recently, great attention has been paid to the infection acquired by the canal network as a result of the lack of proper seal of coronal restorations, which promotes bacterial percolation all along the tooth/filling interface extending to the periapical tissues. This percolation, via the coronal route, might seem, in the view of available literature, to be the major explanation of endodontic failures. This article proposes an analysis and discussion of the impact of coronal seal versus apical seal on the prognosis of endodontic treatment.

RESUMEN

ESTANQUEIDAD APICAL CONTRA ESTANQUEIDAD CORONAL

Los fracasos endodóncicos han sido a menudo atribuidos a una obturación canalar técnicamente defectuosa, mientras que actualmente ha sido bien demostrado que la infección canalar es el primer factor etiológico. De hecho, una obturación inadecuada es en realidad la causa indirecta de los fracasos, pues pone de manifiesto la insuficiencia de las maniobras de limpieza y de conformación canalar, y, por tanto, la presencia de bacterias residuales en el endodonte. Recientemente se ha prestado particular atención a la infección adquirida de la red canalar, relacionada con la falta de estanqueidad de las restauraciones coronales que favorece la percolación bacteriana a la largo de la interfaz diente-obturation para alcanzar el periápice. Esta percolación por vía coronal puede aparecer, según la documentación, como la principal explicación de los fracasos en endodoncia. Este artículo se propone analizar y discutir el impacto de la estanqueidad coronal contra la estanqueidad apical en el pronóstico del tratamiento endodóncico.