

# LA DENT DÉPULPÉE EST-ELLE RÉELLEMENT PLUS FRAGILE ?

Lorsque le chirurgien-dentiste envisage de réaliser une restauration coronaire d'usage sur dent dépulpée, il part souvent du principe que la dent est fragilisée par la thérapeutique endodontique et a tendance à reléguer les principes d'économie tissulaire au second plan.

Or, existe-t-il des fondements scientifiques pour appuyer cette thèse ou cela relève-t-il de la pure croyance ? C'est ce que nous chercherons à vérifier dans cet article.

## AUTEURS

**François REITZER**

MCU-PH en Odontologie conservatrice et Endodontie, Chargé d'enseignement au DU d'Esthétique du sourire et au DU de Micro-endodontie clinique, Laboratoire INSERM UMR-S 1121 Biomatériaux et Bio-ingénierie, Strasbourg.

**Philippe GAST**

Exercice libéral à Strasbourg.

**Davide MANCINO**

MCU-PH en Odontologie conservatrice et Endodontie, Responsable du DU de Micro-endodontie clinique, Laboratoire INSERM UMR-S 1121 Biomatériaux et Bio-ingénierie, Strasbourg.

## Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêts.

## Référencement bibliographique

Reitzer F, Gast P, Mancino D. La dent dépulpée est-elle réellement plus fragile ? CLINIC 2022;43(418):??-??.

mais également à la procédure de traitement endodontique et à celle de la réhabilitation coronaire.

## MODIFICATIONS BIOLOGIQUES ET HISTOLOGIQUES DE LA DENT DÉPULPÉE

L'exérèse du tissu pulpaire entraîne tout d'abord une diminution de la proprioception avec perte du contrôle neurosensoriel de protection [1]. La principale conséquence est le risque d'exercer des forces plus élevées lors de la mastication, augmentant ainsi les risques de fracture [2]. Au-delà de la perturbation de la proprioception, la dentine d'une dent dépulpée subit une réduction de ses propriétés mécaniques [3]. Cela peut s'expliquer par différents paramètres.

La déshydratation de la dentine après élimination du parenchyme pulpaire est un argument souvent mis en avant pour étayer la thèse de la fragilisation de l'organe dentaire. Une dent dépulpée perd sa fraction d'eau libre intra-dentinaire mais elle ne perd pas sa fraction d'eau liée, d'une part, aux cristaux d'apatite de la phase inorganique et, d'autre part, aux protéines de la matrice collagénique et non collagénique de la phase organique [4]. Si de nombreuses études réalisées, exclusivement *in vitro*, ne montrent pas de différence significative de résistance

mécanique en traction et en compression entre une dent hydratée et une dent déshydratée, qu'elle soit pulpée ou non [5, 6], d'autres études montrent que la perte d'eau libre à elle seule pourrait être responsable d'une fragilisation de la dent [7], influençant la réponse contrainte/déformation de la dentine. Le paramètre qui devrait être mesuré n'est pas la résistance mais la ténacité, c'est-à-dire la capacité d'un matériau à absorber l'énergie sans se fracturer. C'est le véritable indicateur de la capacité d'un matériau à résister à la rupture [7]. La perte d'eau libre d'une dent dépulpée compromet donc la rigidité, la ténacité et la viscoélasticité de la dentine [8].

Le tissu pulpaire d'une dent vitale est composé de cellules et de fibres noyées dans la matrice extracellulaire et la teneur totale en eau de la pulpe est supérieure à 90 %. Dans une dent vitale, une pression physiologique intra-pulpaire de 10 à 28 mmHg pousse constamment le fluide pulpaire vers l'extérieur le long des canicules dentinaires [9]. Si la perte du tissu pulpaire riche en eau semble, selon une revue de la littérature, avoir une faible incidence sur l'hydratation de la dentine [6], d'autres articles scientifiques affirment le contraire : la perte du tissu pulpaire riche en eau contribuerait à la réduction de l'intégrité mécanique des

La dénomination « dent dépulpée » est un terme générique couramment employé, qui ne précise pas la procédure endodontique réalisée ni la perte des tissus minéralisés coronaires ni la thérapeutique de restauration d'usage envisagée par le praticien. Il est important d'évaluer ces différents paramètres pour comprendre l'impact de la perte tissulaire liée à la pathologie initiale

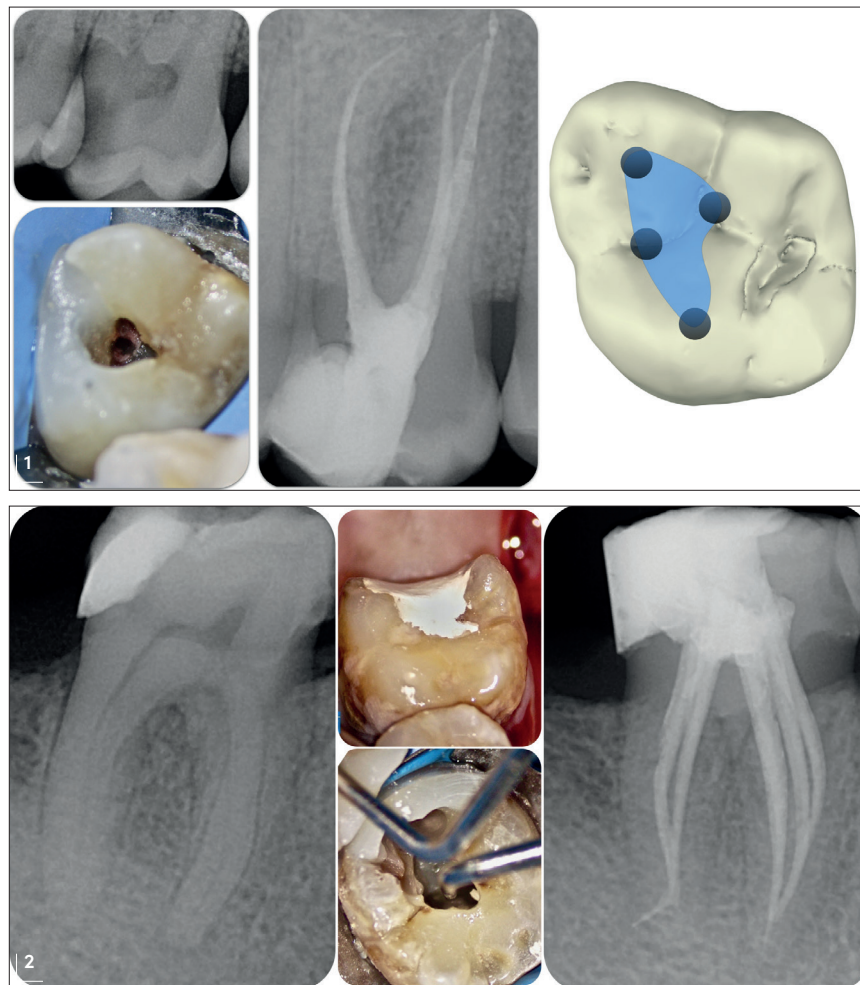
dents dépulpees [7, 8, 10]. L'absence de consensus nous pousse à penser que, bien que la diminution des propriétés mécaniques soit un état de fait, les modifications restent faibles et cela explique l'absence de différences significatives de certaines études.

Au niveau histologique, l'émail, fortement minéralisé, n'est pas altéré d'un point de vue qualitatif par le traitement endodontique. La dentine peut en revanche être modifiée, notamment au niveau de son réseau de collagène [11]. L'amplitude des modifications souvent décrites est directement à corrélérer aux matériels et matériaux utilisés pour réaliser le traitement endodontique et la restauration corono-radicaire d'usage [12].

### CONSEQUENCES DES THÉRAPEUTIQUES ENDODONTIQUES ET DE LA PERTE DE TISSU DENTAIRE CORONAIRE SUR LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE LA DENT DÉPULPÉE

De même qu'il existe une multitude de possibilités pour restaurer une perte de tissu coronaire, il est aujourd'hui impossible de n'évoquer qu'une seule thérapeutique endodontique.

L'endodontie ne se limite pas aux traitements et retraitements endodontiques réalisés par voie orthograde sur dents matures. Il existe en effet un ensemble de situations cliniques qui nécessitent une approche spécifique, comme les procédures de préservation de la vitalité pulpaire (coiffage pulpaire, pulpotomie) [13], le traitement des dents immatures nécrosées, le traitement des perforations et des résorptions ainsi que les traitements endodontiques chirurgicaux avec obturation par voie rétrograde. L'objectif principal de toute thérapeutique, qu'elle soit coronaire ou radicaire, est de préserver au maximum la vitalité pulpaire mais également les différents constituants



**Figure 1**

Traitement endodontique initial sur la 26. Bien que la situation clinique ait nécessité la réalisation d'une reconstitution pré-endodontique en résine composite, la réalisation de la cavité d'accès est réalisée à minima pour permettre l'accès à l'ensemble des canaux, leur désinfection et leur obturation tout en respectant au maximum l'intégrité des tissus dentaires.

**Figure 2**

Traitement endodontique initial sur une 46 nécrosée. Une cavité d'accès à minima est réalisée grâce à une connaissance de l'anatomie endodontique. L'accès aux cinq canaux est réalisé sous microscope à l'aide d'inserts ultrasonores.

de l'organe dentaire dans le respect du gradient thérapeutique [14].

Lorsque la biopulpectomie reste indiquée, les nombreuses étapes nécessaires pour la mener à bien sont toutes à considérer afin de préserver au maximum l'intégrité des tissus dentaires.

La cavité d'accès tout d'abord est l'une des étapes clés, si ce n'est la plus importante, quand on évoque la pré-

servation tissulaire. Les études les plus récentes semblent établir que, indépendamment de la perte de substance dentaire, le rôle de la cavité d'accès est le principal facteur de fragilisation de la dent dépulpeée [15, 16].

Elle doit être localisée avec précision et suffisante pour accéder à l'intégralité des canaux radiculaires (*figures 1 et 2*). Une connaissance de l'anatomie endodontique est de ce fait importante pour

éviter de mutiler et donc de fragiliser inutilement la dent. Il ne faut pas pour autant tomber dans l'extrême inverse en réalisant des cavités d'accès insuffisantes ne permettant pas de désinfecter et d'obturer le réseau endo-canaulaire de manière satisfaisante [17].

L'alésage canalaire à l'aide d'instruments mécanisés impacte également la résistance mécanique de la dent [18], mais dans une moindre proportion [15]. Le diamètre apical et la conicité des instruments utilisés sont directement à corrélérer à la quantité de dentine para-canaulaire présente. La forme ovale des canaux associée à des parois dentinaires plus fines expliquent en partie le risque accru de fracture sur une prémolaire par rapport à une canine. Qu'il s'agisse d'une séquence utilisée en rotation continue ou en réciprocité, toutes deux peuvent être à l'origine d'apparition de défauts dentaires comme des *microcracks*, dont

la probabilité d'apparition augmente avec les diamètres apicaux des instruments utilisés [19].

L'irrigation canalaire est indispensable pour permettre la lubrification des instruments lors de la mise en forme canalaire, l'antisepsie et l'élimination de la boue dentinaire présente sur les parois. Or, l'utilisation de ces irrigants à de fortes concentrations et de façon prolongée réduit la résistance à la flexion de la dent, son module d'élasticité ainsi que la microdureté de surface [18], ce qui peut impacter négativement la résistance mécanique de la dent.

La technique d'obturation ainsi que le matériau d'obturation choisis jouent également un rôle notable. Les matériaux ayant un module d'élasticité proche de celui de la dentine seraient à privilégier même s'ils sont souvent délaissés au profit de matériaux non adhérents, plus simples à désobturer [18].

La réalisation d'une condensation latérale à froid sur des racines fines augmenterait également le risque de fracture par rapport aux techniques d'obturations axiales à chaud [20]. Même si les études sont encore peu nombreuses, l'utilisation de ciment à base de silicate de calcium semble prometteuse quant à l'augmentation de la résistance mécanique des dents dépulpees [21].

De plus, malgré tous les efforts réalisés par les cliniciens pour la mise en forme, le nettoyage, la désinfection et l'obturation du système canalaire, l'élimination complète des biofilms bactériens pathogènes est illusoire [22]. L'activité collagénolytique induite par les bactéries peut entraîner une détérioration des propriétés mécaniques telles que la résistance et la ténacité de la dentine [7, 23].

S'il existe des facteurs de risque qui ne peuvent pas être contrôlés, comme le caractère immature d'une dent, la présence de résorption radiculaire ou la complexité de l'anatomie radiculaire, la connaissance des facteurs de risque liés à la thérapeutique endodontique peut permettre de minimiser les risques. Cette thérapeutique endodontique ne peut en aucun cas être réalisée de manière isolée et doit systématiquement être associée à une restauration coronaire efficace.

### IMPACT DU CHOIX DE LA RESTAURATION CORONAIRE D'USAGE SUR LA SURVIE DE LA DENT DÉPULPÉE SUR L'ARCADE

Les approches modernes de préservation de la vitalité pulpaire coronaire ou radiculaire permettent, dans certaines situations cliniques bien précises, d'éviter l'alésage mécanique et chimique des canaux et limitent donc, dans une certaine mesure, le risque de fragilisation de la dent. Néanmoins, même en cas de pulpotomie,

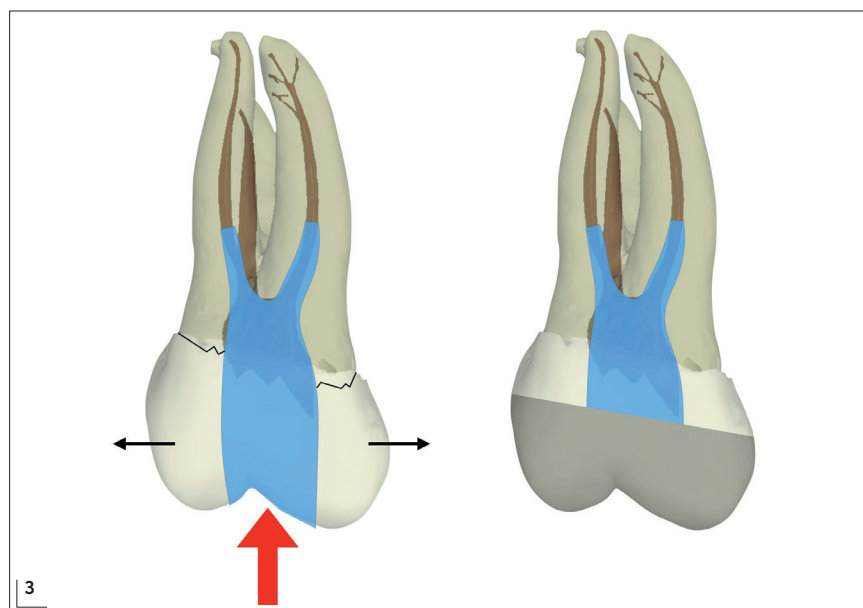
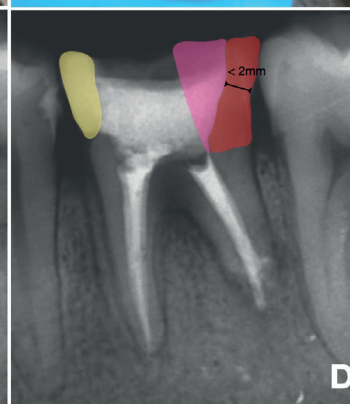
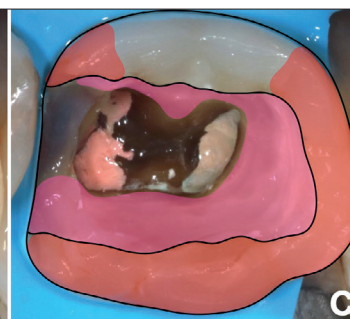
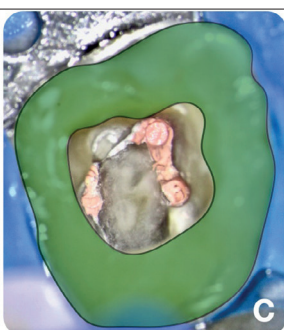
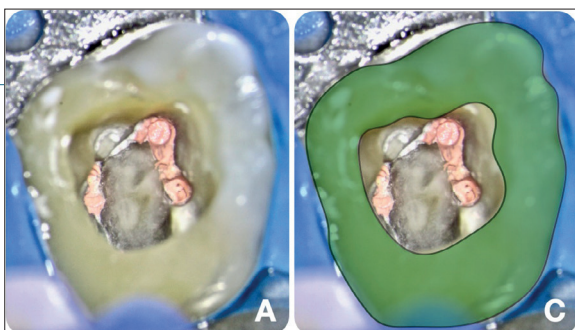


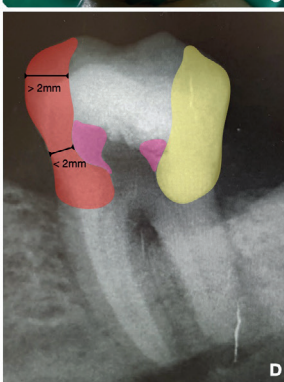
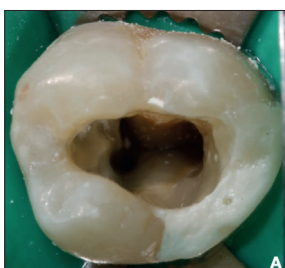
Figure 3

La dent dépulpeée présente des parois dentinaires résiduelles plus ou moins fines mais toujours hautes car bordant une cavité s'étendant jusqu'aux canaux. À gauche : déflexion cuspidienne (flèches noires) induite par les contraintes occlusales (flèche rouge) répétées pouvant conduire à la fracture des parois dentinaires résiduelles (lignes brisées noires). À droite : la réalisation d'un recouvrement cuspidien, comme un overlay, permet d'éviter la déflexion cuspidienne et diminue ainsi le risque de fracture.





**Figure 4** Vue clinique d'une cavité occlusale post-endodontique sur molaire (a). Radiographie rétro-alvéolaire post-opératoire (b). La cavité d'accès doit être suffisante pour accéder au réseau canalaire tout en préservant au maximum les parois (c, d). L'analyse des parois résiduelles (en vert) laisse apparaître une intégrité des deux crêtes marginales ainsi qu'une épaisseur suffisante des parois sur toute la hauteur coronaire pour réaliser une restauration sans recouvrement cuspidien.



**Figure 5** Vues clinique (a) et radiologique (b) d'une dent déulpée nécessitant une réhabilitation coronaire après retraitement endodontique. L'analyse des vues clinique (c) et radiologique (d) laisse apparaître des parois trop fines pour être conservées sans recouvrement (en rouge), notamment la paroi linguale ainsi qu'une crête marginale distale. La paroi vestibulaire ne possède une épaisseur suffisante qu'en son centre et nécessite donc également un recouvrement. La cavité d'accès a été réalisée de manière très invasive en éliminant beaucoup de tissus dentaires (en rose), fragilisant ainsi les parois résiduelles. La crête marginale mésiale est également absente et temporairement restaurée par une reconstitution pré-endodontique (en jaune). Dans cette situation clinique, un recouvrement cuspidien complet est donc indiqué.

**Figure 6** Vues clinique (a) et radiologique (b) d'une molaire mandibulaire après réalisation d'une cavité d'accès endodontique. Le choix et le design de la restauration coronaire post-endodontique d'usage nécessitent une analyse de la quantité et de la configuration des tissus dentaires résiduels, illustrées ici sur ces mêmes vues clinique (c) et radiologique (d). Une reconstitution pré-endodontique a été réalisée afin de reconstituer temporairement la crête marginale distale (en jaune). La préparation extensive de la cavité d'accès (en rose) a largement contribué à la fragilisation des parois dentaires résiduelles. La crête marginale mésiale ainsi que la paroi linguale résiduelle (en rouge) ne possèdent pas une épaisseur suffisante au niveau de leur portion cervicale pour être conservées en l'état ; un recouvrement cuspidien est donc préconisé. Au vu du caractère isolé de la dent sur l'arcade, de sa future sollicitation lors de la mastication, et pour garantir une homothétie dans la réalisation de la future pièce prothétique, un recouvrement cuspidien complet est ici recommandé.

Il est important de souligner l'importance d'une préparation minimale-invasive de la cavité d'accès afin de préserver les propriétés mécaniques de la dent [24, 25]. Il est tout aussi manifeste que la perte de tissu coronaire, qu'elle soit d'origine pathologique (carie, fracture) ou thérapeutique (critères de préparation), est l'un des facteurs principaux expliquant la fragilité d'une dent. La perte de certaines structures anatomiques coronaires, telles que les crêtes marginales ou le pont d'émail agissant comme des haubans, fragilise considérablement la dent d'un point de vue biomécanique [16, 26].

Il est également admis qu'une dent dépulpée possède souvent une perte de tissus dentaire coronaire importante, associée à une cavité d'accès plus ou moins volumineuse (mais toujours profonde), bordée par des parois résiduelles plus ou moins fines

(figure 3). Ce type de configuration tend à augmenter la déflexion cuspidienne lors de la sollicitation occlusale de la dent [27].

Même pour des pertes tissulaires relativement modérées, le taux d'échec annuel pour des restaurations directes en composite est plus important pour les dents dépulpées que pour des dents vitales [28]. Si l'épaisseur des parois résiduelles est souvent énoncée comme le point clé déterminant la résistance mécanique de la dent, la profondeur de la cavité est tout aussi déterminante [29]. Lorsqu'une restauration indirecte est indiquée, le recouvrement cuspidien est donc un moyen permettant de minimiser le risque de fracture des parois résiduelles induite par des contraintes en flexion. Si le recouvrement des parois trop fines semble logique pour la plupart des praticiens, ils sont toutefois souvent plus

réticents à opter pour un recouvrement cuspidien global faisant valoir les principes biologiques d'économie tissulaire (figures 4 à 6).

Or, de nombreux auteurs recommandent de réaliser un recouvrement cuspidien global lors de la restauration d'une dent dépulpée ayant perdu ses deux crêtes marginales [30-32] afin d'améliorer la protection et d'éviter la fracture des parois résiduelles (figure 7).

Cela permet également une meilleure distribution des forces au sein du matériau et des tissus résiduels pendant la mastication [33, 34].

À l'heure où les techniques de restauration indirectes collées de type overlay deviennent la référence pour restaurer la dent dépulpée, la mise en place d'ancrages radiculaires est de moins en moins indiquée et réservée à des situations cliniques de délabrement extrême, du moins pour les molaires. La mise en place d'un tenon, même fibré, peut également fragiliser la dent car la préparation dentinaire, indispensable à la mise en place du tenon, amincit les parois radiculaires [35].

La quantité de la structure dentaire résiduelle reste le paramètre le plus important à prendre en compte pour donner un pronostic de survie de la dent sur l'arcade [36].

Au-delà de la nature du tenon (métallique, fibré...), il convient également de considérer l'influence du moyen d'assemblage de ce dernier sur l'intégrité de la dentine radiculaire. Le ciment de scellement intra-canalair, qu'il s'agisse d'un ciment oxyde de zinc ou de certaines colles auto-mordantes au pH acide, provoque de surcroît une dégradation du collagène dentinaire [11]. Comme évoqué précédemment, cette dégradation du collagène dentinaire peut influencer directement sur la résistance mécanique de la dent [7].

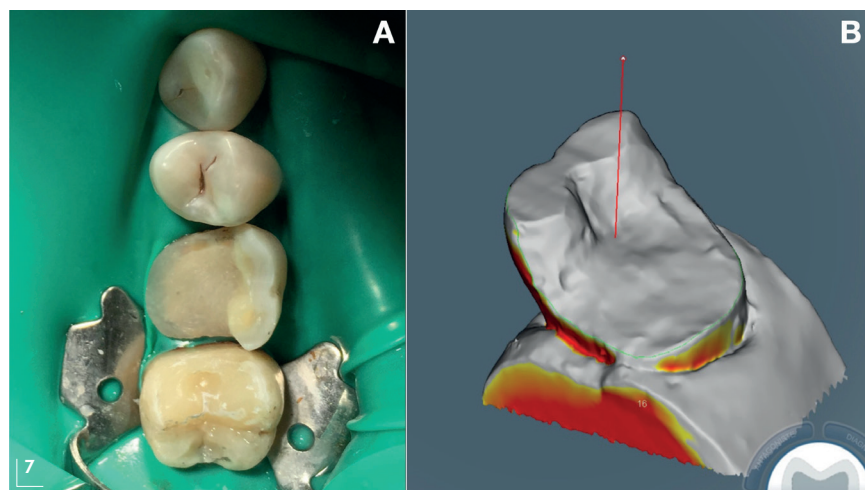


Figure 7

(a) Exemple de préparation avec recouvrement cuspidien complet non homothétique. Sur la dent 26, dépulpée, un build-up (CDO pour Cavity Design Optimization) a été réalisé afin de combler la cavité d'accès ; les cuspides résiduelles, trop fines, ont été préparées pour permettre un recouvrement cuspidien de 2 mm minimum.

(b) Le modèle numérique issu de l'empreinte optique permet d'évaluer le manque d'homothétie de la préparation qui potentialisera le risque de fracture de la future restauration. Dans cette situation, deux solutions auraient pu être privilégiées pour garantir l'homothétie : soit un abaissement drastique des cuspides vestibulaires (option la plus mutilante), soit un abaissement modéré associé à un build-up plus important au centre de la préparation pour minimiser les variations abruptes d'épaisseur de la future pièce prothétique (option à privilégier).

## CONCLUSION

La dent dépulpée est bel et bien plus fragile qu'une dent vitale car, en plus de présenter très fréquemment un degré de délabrement coronaire plus important, la préparation de la cavité d'accès, les modifications biologiques ainsi que l'utilisation d'irrigants et de médicaments intra-canaux peuvent influencer la

résistance et la ténacité de la dent et *in fine* être responsables de sa fracture. Bien maîtriser chaque étape lors de la réalisation du traitement endodontique et bien identifier les facteurs de risque contrôlables permet de minimiser les effets négatifs d'une telle procédure sur la résistance mécanique de la dent. Enfin, privilégier des thérapeutiques de

restaurations coronaires minimalement invasives, souvent adhésives, permet de minimiser la fragilisation de la dent induite par la préparation.

À l'heure actuelle, aucun matériau disponible ne permet de répondre aussi bien aux exigences fonctionnelles de la bouche que les tissus dentaires ; leur préservation est donc capitale.

1. Randow K, Glantz PO. On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta Odontol Scand* 1986;44:271-277.
2. Decup F, Marczak E, Soenen A, Guerrieri A. L'état « dent dépulpée ». Données essentielles. *Réalités Cliniques* 2011;22:5-13.
3. Currey JD. The design of mineralised hard tissues for their mechanical functions. *J Exp Biol* 1999;202:3285-3294.
4. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg* 1972;34:661-670.
5. Huang TJG, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endod* 1992;18:209-215.
6. Dimitriu B, Vărlan C, Suciu I, Vărlan V, Bodnar D. Current considerations concerning endodontically treated teeth: Alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. *J Med Life* 2009;2:60-65.
7. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics* 2006;13:57-83.
8. Jameson MW, Hood JAA, Tidmarsh BG. The effects of dehydration and rehydration on some mechanical properties of human dentine. *J Biomech* 1993;26:1055-1065.
9. Gale MS, Darvell BW. Dentine permeability and tracer tests. *J Dent* 1999;27:1-11.
10. Bertassoni LE, Swain MV. Influence of hydration on nanoindentation induced energy expenditure of dentin. *J Biomech* 2012;45:1679-1683.
11. Ferrari M, Mason PN, Goracci C, Pashley DH, Tay FR. Collagen degradation in endodontically treated teeth after clinical function. *J Dent Res* 2004;83:414-419.
12. José Soares C, de Paula Rodrigues M, Faria-E-Silva AL, *et al.* How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Braz Oral Res* 2018;32(suppl. 1):e76.
13. Komabayashi T, Zhu Q. Innovative endodontic therapy for anti-inflammatory direct pulp capping of permanent teeth with a mature apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e75-e81.
14. Tirlot G, Attal J. Gradient thérapeutique : un concept médical pour les traitements esthétiques. *Info Dent* 2009;41:2561-2568.
15. Lang H, Korkmaz Y, Schneider K, Raab WHM. Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *J Dent Res* 2006;85:364-368.
16. Zelic K, Vukicevic A, Jovicic G, Aleksandrovic S, Filipovic N, Djuric M. Mechanical weakening of devitalized teeth: three-dimensional Finite Element Analysis and prediction of tooth fracture. *Int Endod J* 2014;48:850-863.
17. Rover G, De Lima CO, Belladonna FG, *et al.* Influence of minimally invasive endodontic access cavities on root canal shaping and filling ability, pulp chamber cleaning and fracture resistance of extracted human mandibular incisors. *Int Endod J* 2020;53:1530-1539.
18. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010;36:609-617.
19. Campello AF, Marceliano-Alves MF, Siqueira JF Jr, Fonseca SC, Lopes RT, Alves FRF. Unprepared surface areas, accumulated hard tissue debris, and dentinal crack formation after preparation using reciprocating or rotary instruments: A study in human cadavers. *Clin Oral Investig* 2021;25:6239-6248.
20. Piskin B, Aydin B, Sarikanat M. The effect of spreader size on fracture resistance of maxillary incisor roots. *Int Endod J* 2008;41:54-59.
21. Guner MB, Akman M, Kolcu IB, Eldeniz AU. Fracture resistance of roots obturated with a novel calcium silicate-based endodontic sealer (BioRoot RCS). *J Adhesion Sci Technol* 2016;30:2420-2428.
22. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old enterococcus faecalis biofilms in dentin canals. *J Endod* 2012;38:1376-1379.
23. Carrilho MT, Piveta F, Tjäderhane L. Chemical, microbial, and host-related factors: Effects on the integrity of dentin and the dentin-biomaterial interface. *Endodontic Topics* 2015;33:50-72.
24. Krishan R, Paqué F, Ossareh A, Kishen A, Dao T, Friedman S. Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *J Endod* 2014;40:1160-1166.
25. Plotino G, Grande NM, Isufi A, *et al.* Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs. *J Endod* 2017;43:995-1000.
26. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989;15:512-516.
27. Pantvisai P, Messer HH. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1995;21:57-61.
28. Lempel E, Lovász BV, Bihari E, *et al.* Long-term clinical evaluation of direct resin composite restorations in vital vs. endodontically treated posterior teeth. Retrospective study up to 13 years. *Dent Mater* 2019;35:1308-1318.
29. Forster A, Braunitzer G, Tóth M, Szabó BP, Fráter M. *In vitro* fracture resistance of adhesively restored molar teeth with different mod cavity dimensions. *J Prosthodont* 2018;28:e325-e331.
30. Frankenberger R, Zeilinger I, Krech M, *et al.* Stability of endodontically treated teeth with differently invasive restorations: Adhesive vs. non-adhesive cuspal stabilization. *Dent Mater* 2015;31:1312-1320.
31. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Fotiadis N, *et al.* Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. *Int Endod J* 2010;43:469-477.
32. Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the morphology driven preparation technique. *Int J Esthet Dent* 2017;12:204-230.
33. Rocca GT, Krejci I. Crown and post-free adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: from direct composite to endocrowns. *Eur J Esthet Dent* 2013;8:156-179.
34. Guo YB, Bai W, Liang YH. Fracture resistance of endodontically treated teeth with cervical defects using different restorative treatments. *J Dental Sci* 2022;17:842-847.
35. Spicciarelli V, Marruganti C, Fedele I, *et al.* Influence of remaining tooth substance and post-endodontic restoration on fracture strength of endodontically treated maxillary incisors. *Dent Mater J* 2021;40:697-703.
36. Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, *et al.* A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res* 2012;91(suppl.7):S72-S78.