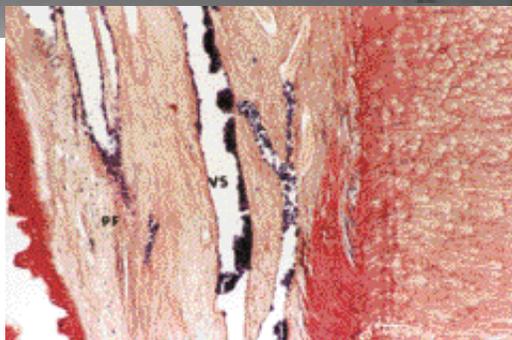


Pulpotomie sur molaires temporaires : étude histologique de la réaction pulpaire au glutaraldehyde et à l'oxyde de zinc eugénol.

Mots clés :

Réponse pulpaire
Dent temporaire
Eugénate
Matériau endodontique



*Pulpotomy of tempory molars :
histologic analysis of pulpal
reaction to glutaraldehyde
and to zinc oxyde eugenol.*

Keywords :

Pulpal reaction
Tempory tooth
Zinc oxyde eugenol
Endodontic material

B. BOUSFIHA*, S. MSEFER**, S. TAHIRI MECHAKRA***, Y. HAIKEL****

* Professeur agrégée, Département de Pédiodontie-Prévention, Casablanca.

** Professeur de l'enseignement supérieur et chef du Département de Pédiodontie-Prévention, Casablanca.

*** Professeur de l'enseignement supérieur et chef du Laboratoire de Biostatistique et d'Epidémiologie, Casablanca.

**** Doyen, Chef du Département Odontologie Conservatrice Endodontie, Strasbourg.

r é s u m é Il s'agit d'une étude *in vivo* sur des molaires temporaires humaines ayant subi une pulpotomie. L'objectif étant la comparaison de la réaction histologique pulpaire face à deux produits, l'oxyde de zinc eugénol et le glutaraldéhyde. Dans cette étude, nous avons évalué l'état de la pulpe résiduelle après pulpotomie de 30 molaires temporaires humaines légèrement cariées et résorbées. Pour 15 dents, l'oxyde de zinc eugénol (ZOE) a été utilisé et pour les 15 autres, le glutaraldéhyde à 2 % non tamponné a été placé pendant 3 minutes dans la cavité d'accès. Toutes les dents ont été restaurées avec un eugénate à prise rapide (IRM de Caulk). Elles ont été ensuite extraites par groupe de 3 à des intervalles réguliers. Les résultats histologiques ont montré une inflammation pulpaire de presque le tiers des dents pour les deux substances médicamenteuses. La fibrose pulpaire souvent associée à d'autres réactions pulpaires, comme l'inflammation ou la résorption pathologique, était fréquente et se retrouvait dans 66,60 % des dents traitées au ZOE et dans 61,54 % des dents exposées au glutaraldéhyde. La résorption pathologique s'observait dans les deux groupes à raison de 26,67 % pour le premier groupe (ZOE) et de 46,15 % pour le second (glutaraldéhyde). D'après cette étude, l'oxyde de zinc eugénol et le glutaraldéhyde ont produit les mêmes réactions pulpaires et ne semblent donc pas constituer le matériau de choix pour la pulpotomie des molaires temporaires en phase de résorption.

abstract In this study, we have assessed residual pulp condition post-pulpotomy of 30 temporary human molar teeth mildly caried and resorbed. Zinc oxyde eugenol (ZOE) was used in 15 teeth versus 2 % unbuffered glutaraldehyde for 3 minutes in access cavities for the other 15 teeth. All teeth were restored using fast-setting zinc oxyde eugenol (Caulk's IRM) ; They were then evicted by groups of 3 at periodic time intervals. Histologic analysis revealed pulpal inflammation reaching almost one-third of the teeth in both groups. Pulpal fibrosis, combined with other reactions such as inflammation or pathologic resorption, was frequently observed, in 66.60 % of teeth treated with ZOE and 61.54 % teeth treated with glutaraldehyde. Pathologic resorption was seen in both groups at a rate of 26.67 % in ZOE and 46.15 % in Glutaraldehyde. In this study, zinc oxyde eugenol and glutaraldehyde led to similar pulpal reactions and did not seem to constitute the material of choice in pulpotomy of temporary molars within the resorption phase.

La pulpotomie, thérapeutique très souvent réalisée en odontologie pédiatrique, est indiquée à chaque fois qu'une lésion pulpaire d'origine carieuse a entraîné une inflammation de la pulpe coronaire. Elle est également indiquée en cas d'exposition pulpaire accidentelle, traumatique ou iatrogène (Demars-Fremault et coll., 1992). Cette thérapeutique consiste en l'amputation de la pulpe camérale et en un coiffage de la pulpe radiculaire saine par un matériau biocompatible (Mack Ronald et Dean Jeffrey, 1993 ; Trutaud et coll., 1996). Différents médicaments ont été utilisés dans la pulpotomie des dents temporaires (Cotes et coll., 1997 ; Mack Ronald et Dean Jeffrey, 1993 ; Ranly 1994 ; Waterhouse 1995).

Le formocrésol introduit par BUCKLEY au début du 20ème siècle fût le médicament le plus employé dans le traitement pulpaire des dents nécrosées (Stewart et coll., 1982). Son utilisation au niveau des dents temporaires revient à SWEET (Demars-Fremault et coll., 1992 ; Mack Ronald et Dean Jeffrey, 1993) qui a largement répandu son application. Le succès clinique à court terme de la pulpotomie au formocrésol était évalué à 90 et 95 % (Wolff 1994 ; Yacobi et coll., 1991). Selon RÖLLING et THYLSTRUP cités par WOLFF (1994), les résultats cliniques et radiographiques passaient de 91 %, 3 mois après le traitement à 70 %, 36 mois après.

Sur le plan histologique, la pulpe montrait des zones d'inflammation chronique, des zones de nécrose et de résorption interne, ainsi que la présence de calcifications dystrophiques (Alacam 1989 ; Berger 1965 ; Magnusson 1980). De plus, la toxicité du formocrésol fût bien prouvée (Lewis et Chester, 1981). Le formaldéhyde accumulé dans la pulpe radiculaire diffuse à travers la dentine et le ciment pour se retrouver dans le ligament parodontal et l'os alvéolaire, où il passe ensuite dans la voie systémique (Myers et coll., 1978) et est susceptible d'induire des réactions immunitaires, mutagéniques et carcinologiques (Lewis et Chester, 1981). Selon PRUSHS cité par KOPEL et coll. (1980) et PRABHU et MUNSHI (1997), il existe une relation entre le formocrésol utilisé dans la pulpotomie des dents temporaires et la présence de défauts amélaire au niveau des dents permanentes successives. Tous ces éléments ont induit la recherche d'autres matériaux de coiffage pulpaire biologiquement plus acceptables. Ainsi, le glutaraldéhyde a été étudié pour remplacer le formocrésol. Il est plus actif chimiquement et se lie rapidement aux protéines limitant de ce fait sa diffusion (Alacam 1989 ; Hill et coll., 1991).

Therapeutic pulpotomy, frequently used in pediatric dentistry, is indicated in cases of dental caries leading to an inflammatory coronary pulp, as well as accidental, traumatic or iatrogenic pulp exposure (Demars-Fremault et al., 1992). This therapeutic approach consists in amputation of the peri-radicular pulp and capping of the healthy root pulp with biocompatible elements (Mack Ronald and Dean Jeffrey, 1993; Trutaud et al., 1996). Different products have been used in temporary teeth pulpotomy (Cotes et al., 1997; Mack Ronald and Dean Jeffrey, 1993 ; Ranly 1994 ; Waterhouse 1995).

BUCKLEY introduced formocresol in the early 20th century, making it the most widely used drug for pulp treatment of teeth necrosis (Stewart et al., 1982). Its use at the level of temporary teeth was indebted to SWEET (Demars-fremault et al., 1992; Mack Ronald and Dean Jeffrey, 1993) who was responsible for its extended application. Short-term clinical success rates associated with formocresol use in pulpotomy was evaluated at 90 and 95 % (Wolff 1994 ; Yacobi et al., 1991). According to Rolling and THYLSTRUP who were cited by WOLFF (1994), clinical and radiographic results were reported at 91 %, 3 months following treatment, and dropped to 71 % after 36 months.

Histologically, the pulp showed chronic inflammation, necrosis and internal resorption, as well as dystrophic calcifications (Alacam 1989 ; Berger 1965 ; Magnusson 1980). Moreover, formocresol toxicity was clearly demonstrated (Lewis and Chester, 1981). When formaldehyde accumulates in the root pulp, it then passes through dentin and cement, reaching the parodontal ligament and alveolar bone, where it diffuses systemically (Myers et al., 1978), and can induce immune mutagenic and carcinogenic reactions (Lewis and Chester, 1981). According to PRUSHS who was cited by KOPEL (1980) and PRABHU (1997), there is a relation between formocresol used in temporary teeth pulpotomy and the presence of enamel lesions at successive permanent teeth. All these issues have led to the search of other capping elements, with better biological acceptability. Thus, glutaraldehyde was evaluated to replace formocresol. Glutaraldehyde is more active chemically and binds rapidly to proteins, limiting its systemic diffusion (Alacam 1989 ; Hill et al., 1991).

Le taux de succès clinique varie en fonction de la concentration utilisée et du temps d'application. FUKS et coll. (1990) ont rapporté 82 % de succès clinique avec un recul de 25 mois après traitement. Quant à TSAI et coll. (1993), ils ont rapporté 78,7 % de succès avec un recul de 36 mois après traitement sans pour autant observer de différence significative entre les différentes préparations de glutaraldéhyde tamponné ou non. Certaines études histologiques ont montré que la diffusion de ce produit vers le tissu pulpaire apical était plus limitée et était donc moins toxique que le formocrésol (Kopel et coll., 1980 ; Rusmah 1992).

L'utilisation de l'oxyde de zinc eugénol comme matériau de coiffage intracaméral dans la pulpotomie des dents temporaires est ancienne (Berger 1965), mais n'a pas connu un grand succès. En effet certaines études histologiques (Magnusson 1971 ; Magnusson 1980), ont montré que la pulpe radiculaire des dents temporaires présentait des signes d'inflammation et de résorption interne après l'application de ce produit. L'importance et la réversibilité de cette inflammation ne sont pas connues avec certitude, cependant elle serait moins sévère avec un eugénate à prise rapide (IRM de Caulk) (Fuks et coll., 1990 ; Trutaud et coll., 1996). Les résultats cliniques et radiographiques étaient statistiquement comparables à ceux du glutaraldéhyde (Portier et coll., 1997), c'est pourquoi la pulpotomie au ZOE est encore préconisée par certains (Adam et coll., 1990 ; Croll et Killian 1992 ; Trutaud et coll., 1996).

Nous aussi, nous avons adopté cette méthode depuis 1992 au service d'odontologie pédiatrique au centre de traitement dentaire de Casablanca. L'objectif principal de cette étude est de comparer **la réaction de la pulpe après pulpotomie des molaires temporaires et recouvrement avec de l'oxyde de zinc eugénol (+IRM) ou après exposition au glutaraldéhyde, puis recouvrement par de l'IRM.**

Matériels et méthodes

Notre matériel d'étude était composé de 30 molaires temporaires appartenant à 19 enfants âgés de 8 à 12 ans. Ces dents étaient réparties en 2 groupes, **le premier groupe constitué de 15 dents était recouvert après pulpotomie par un oxyde de zinc eugénol (+IRM) et le second de 15 dents également était traité au glutaraldéhyde avant recouvrement par l'IRM.**

Clinical success rates varied according to the concentration used and application time period. FUKS et al., (1990) reported 82 % success rate, 25 months following treatment; whereas TSAI et al., (1993) reported 78.7 % success rate after 36 months, but did not show any significant differences amongst the different forms of glutaraldehyde. Some histologic studies have shown that diffusion of this product through the apical pulp tissue was more limited and thus, less toxic than formocresol (Kopel et al., 1980; Rusmah 1992).

The technique using zinc oxyde eugenol as peri-radicular capping material in temporary teeth pulpotomy is an old technique (Berger 1965), however it did not meet any success. In fact, some histologic studies (Magnusson 1971; Magnusson 1980) have shown that this drug was associated with inflammation and internal resorption at temporary teeth root pulp. The magnitude and reversibility of this inflammatory reaction are not well understood, however it could be milder with fast-setting zinc oxyde eugenol (Caulk IRM) (Fuks et al., 1990; Trutaud et coll., 1996). Clinical and radiographic results were statistically comparable to glutaraldehyde (Portier et al., 1997), thus justifying ZOE pulpotomy in some cases (Adam et al., 1990 ; Croll and Killian 1992 ; Trutaud et al., 1996).

We have adopted this technique since 1992 at the pediatric odontology department in Casablanca dental treatment centre. **The primary objective of our study is to compare pulpal reaction following temporary molar teeth pulpotomy and capping with zinc oxyde eugenol (+IRM) or exposure to glutaraldehyde followed by capping with IRM.**

Materials and methods

Our study consisted of 30 temporary molar teeth in 19 children aged 8 to 12 years old. The teeth were included in 2 groups, a first group constituted of 15 teeth and covered with zinc oxyde eugenol after pulpotomy (+IRM), and a second group with the remaining 15 teeth treated with glutaraldehyde and IRM.

Selection des dents

Les critères de sélection des dents étaient les suivants :

- premières ou deuxièmes molaires temporaires cariées mais sans atteinte pulpaire, c'est à dire que les signes cliniques ne montraient ni pulpite, ni parulie ou trace de fistule ni mobilité et à la radiographie, il n'y avait pas d'image suspecte radioclaire au niveau péri-radiculaire ou inter-radiculaire,
- toutes les dents étaient résorbées, mais la résorption ne dépassait pas la moitié de la hauteur radicaire (Rodde et Moret, 1988),
- possibilité de restaurer la dent,
- hémostase assurée au bout de 3 à 5 minutes après éviction de toute la pulpe camérale. Si l'hémorragie de la pulpe radicaire persistait, la pulpotomie était contre indiquée (Magnusson 1980).

Technique opératoire

Les pulpotomies ont été pratiquées par le même opérateur selon le protocole suivant. Après avoir administré l'anesthésie locale et posé la digue, toute la dentine cariée a été enlevée. Puis la cavité d'accès a été réalisée à l'aide d'une fraise Zekrya Endo (Maillefer, Dentsply), un excavateur permettait l'éviction de la pulpe camérale. Pour marquer l'entrée des canaux, une section nette du tissu pulpaire radicaire était faite avec une fraise boule stérile montée sur micromoteur à grande vitesse accompagnée d'un jet de sérum physiologique. La cavité était ensuite lavée avec du sérum physiologique et séchée à l'aide de petites boulettes de coton stérile. Après contrôle de l'hémostase, le matériau de coiffage intracanal était mis en place, deux produits ont été utilisés. Pour le premier groupe, l'oxyde de zinc eugénol a été placé directement dans la cavité et pour le deuxième, une petite boulette de coton imprégnée de glutaraldéhyde (dilué à 2 % et à Ph 4) a été placée dans la cavité pendant 3 minutes puis enlevée. Toutes les dents ont été restaurées à l'aide d'un eugénate à prise rapide (IRM de Caulk)*.

Le contrôle clinique et radiographique était réalisé juste avant l'extraction dentaire à la recherche de signes tels que la douleur, la présence de fistule, de résorption interne ou de destruction osseuse péri ou inter-radiculaire. La présence d'un de ces signes signifiait l'échec de la thérapeutique.

Les dents étaient extraites par groupe de trois pour chaque type de produit immédiatement après la

Teeth selection

Teeth selection criteria were as follows :

- first or second temporary molar teeth with caries, but without pulpal lesion, with absence of clinical signs indicating any pulp inflammation, abscess formation, fistulae or mobility, and a radiographic exam excluding any suspicious peri or inter-radicular radioluscent image,
- resorbed teeth, but resorption should not exceed half of root height (Rodde and Moret, 1988),
- possibility of tooth restoration,
- hemostasis obtained 3 to 5 minutes after removal of periradicular pulp. If haemorrhage of the root pulp persisted, then pulpotomy is contra-indicated (Magnusson 1980).

Surgical technique

Pulpotomies were performed by the same surgeon following a determined protocol. After local anesthesia and rubber dam placement, all caried dentin is removed. A Zekrya Endo bur was used to obtain the access cavity with an excavator allowing to evict the peri-radicular pulp. In order to mark the canals entry, a neat incision at the parenchymal pulp root is done with a sterile round bur with a high speed microengine. The cavity is then cleansed with physiologic serum and dried with small sterile cotton buds. After hemostasis control, the capping material is placed, and two products are used. In the first group, zinc oxyde eugenol is inserted directly into the cavity. In the second group, a glutaraldehyde impregnated cotton ball (2 % dilution , Ph 4) is placed in the cavity for 3 minutes then removed. All the teeth are then restored using fast-setting zinc oxyde eugenol (Caulk IRM)*.

Clinical and radiographic control is performed just prior to dental extraction for the evaluation of signs such as pain, presence of a fistula, internal resorption or peri or inter-radicular osseous destruction. The detection of any of these signs meant failure of the therapeutic approach.

Teeth were extracted by groups of 3 for each of the products immediately after pulpotomy at 2 weeks,



pulpotomie, à 2 semaines, 1 mois, 2 mois et 3 mois puis étaient fixées dans du formol à 10 %. **Dans cette étude, le recul était de 90 jours seulement, puisque l'échantillon au départ était supérieur à 30 dents et qu'il y a eu absence de suivi par un certain nombre de patients (il y a eu déperdition d'une quinzaine de cas).** La préparation histologique consistait en une déminéralisation de la dent avec une solution d'acide nitrique puis une déshydratation à l'alcool et enfin une imprégnation et une inclusion dans la paraffine. Ensuite des sections de 7 μ étaient réalisées et la coloration était faite à l'éosine hématoxyline.

Evaluation de l'état pulpaire

La réaction de la pulpe était évaluée selon les critères modifiés par HORSTED et coll, décrits par FUKS et coll (1997) comme suit :

0. Pulpe vitale avec absence d'inflammation ou présence de quelques cellules inflammatoires limitées au site de la pulpotomie.
1. Inflammation modérée limitée au 1/3 coronaire de la pulpe radiculaire.
2. Inflammation sévère affectant la majeure partie de la pulpe.
3. Nécrose (partielle ou totale).
4. Abscess péri ou inter-radiculaire.
5. Résorption radiculaire pathologique.

En plus de ces paramètres, la présence de dentine de réparation et de fibrose pulpaire étaient également notées.

Pour la comparaison de deux pourcentages, nous avons utilisé le test du X2 Fisher Exact. Le seuil de signification retenu était de 5 %.

Résultats

Cliniques et radiographiques

Ils étaient favorables pour les deux produits puisqu'il y avait un silence clinique. L'interprétation radiographique de la résorption radiculaire plus difficile au maxillaire supérieur (Naulin Ifi 2001 ; Portier et coll., 1997), ne nous a pas permis de bien déterminer

1 month, 2 months and 3 months and were stored in 10 % formol. **In our study, the length of follow-up was 90 days only, since the study sample was superior to 30 teeth at the start and some children were lost to follow-up (for fifteen cases).** Histologic study consisted in demineralisation of the tooth with a nitric acid solution, dehydration with alcohol, and impregnation and embedding in paraffin. Seven (7) μ sections were obtained and coloration with haematoxylin eosin was done.

Evaluation of pulp condition

Pulpal reaction is assessed according to the modified criteria of HORSTED and coll, described by FUKS and coll (1997) as follows :

0. Vital pulp without inflammation or with the presence of some inflammatory cells limited only at the pulpotomy site
1. Moderate inflammation, limited to the coronal third of the root pulp
2. Severe inflammation affecting the major pulp part
3. Necrosis (partial or total)
4. Peri or inter-radicular abscess
5. Pathologic radicular resorption

In addition to the above parameters, the presence of reparative dentin and pulp fibrosis were equally reported.

A X2 Fisher Exact test was used for the comparison of both groups. A 5 % significance cut-off was chosen in this analysis.

Results

Clinical and radiographic

Results observed in both groups were favourable in the absence of any clinical sign. Difficult radiographic reading of root resorption at the superior maxilla (Naulin Ifi 2001 ; Portier et al., 1997) did not allow precise determination of root length. This could explain the



la longueur radulaire. C'est ce qui explique que certaines dents après extraction avaient une de leur racine avec une résorption dépassant la moitié de la hauteur radulaire. Pour ces dents, l'étude histologique n'a concerné que les racines peu ou pas résorbées.

Histologiques

28 dents ont été retenues pour l'étude histologique dont 15 appartenant au 1er groupe (ZOE) et 13 appartenant au 2ème groupe (glutaraldéhyde). 2 dents ont été supprimées de l'étude du fait de la mauvaise préparation histologique.

Les résultats histologiques sont résumés dans les tableaux 1, 2, 3, 4 et 5. L'inflammation pulpaire modérée à sévère a été retrouvée dans 33,33 % (5/15) des dents traitées à l'oxyde de zinc eugénol contre 38,46 % (5/13) des dents exposées au glutaraldéhyde (Fig 1, 2). Les cellules inflammatoires étaient absentes ou peu nombreuses dans 53,33 % des molaires du groupe 1 et dans 53,85 % des molaires du groupe 2 (Fig 3), mais à l'exception de 2 dents pour chaque produit qui révélaient une pulpe normale et vitale, toutes les autres dents montraient la présence d'une

reason why after extraction, some of the teeth had root resorption exceeding half of the root length. For these teeth, the histologic study consisted only of the non-resorbed, or very slightly resorbed roots.

Histologic

Twenty-eight (28) teeth were included in the histologic analysis ; 15 from the first group (ZOE) and 13 from the second group (glutaraldehyde). Two teeth were excluded from the analysis due to a poor histologic set-up.

Histologic results are summarised in tables 1, 2, 3, 4 and 5. Moderate to severe pulp inflammation was reported in 33.33 % (5/15) of teeth treated with zinc oxide eugenol versus 38.46 (5/13) with glutaraldehyde (Fig 1, 2). Inflammatory cells were absent or very scarce in 53.33 % of molars in group 1 versus 53.85 of group 2 (Fig 3); all the teeth showed a fibrous pulp except one tooth in each group with a normal and vital pulp.

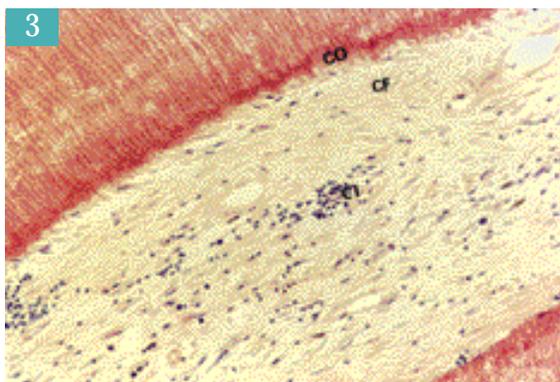
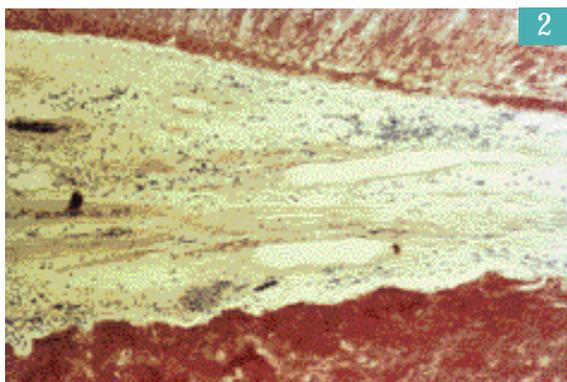


Fig. 1 : Inflammation pulpaire sévère dans la partie coronaire de la 54 après exposition pendant 3 mn au glutaraldéhyde et recouvrement à l'IRM. Recul : 1 mois après traitement (E-H x 2).

Severe pulp inflammation in the coronal part of the 54 following application of glutaraldehyde for 3 minutes and capping with IRM : 1 month post-therapy (E-H x 2).

Fig. 2 : Inflammation pulpaire modérée dans le reste du canal au niveau de la même dent (E-H x 10).

Moderate pulp inflammation in the remaining canal of the same tooth (E-H x 10).

Fig. 3 : 2 semaines après traitement. Pulpe d'aspect presque normal au niveau de la 84 après coiffage de la pulpe camérale par du ZOE (E-H x 20). CF : cellules fibroblastiques, CI : quelques cellules inflammatoires, CO : couche odontoblastique.

2 weeks post treatment. Pulpal aspect close to normal at the 84 following capping of peri-radicular pulp with ZOE (E-H x 20).

CF : Fibroblastic cells, CI : A few inflammatory cells, CO : Odontoblastic layer.

Tableau I - Critères d'inflammation pulpaire et de nécrose

Table I - Parameters of pulpal inflammation and necrosis

Critères d'évaluation de l'état pulpaire <i>Evaluation criteria of pulpal state</i>	Immédiat <i>immediate</i>	2 semaines <i>2 weeks</i>	1 mois <i>1 month</i>	2 mois <i>2 months</i>	3 mois <i>3 months</i>	Total	%
Inflammation :							
Absente à légère / <i>to mild</i>	3	1	2	1	1	8	53,33 %
Modérée / <i>moderate</i>			1	1	1	3	20,00 %
Sévère			1	1		2	13,33 %
Nécrose / <i>necrosis</i>		1			1	2	13,33 %
T O T A L							100,00 %

Tableau II - Autres critères associés à l'inflammation ou à la nécrose

Table II - Different parameters of inflammation or necrosis

Critères d'évaluation de l'état pulpaire <i>Evaluation criteria of pulpal state</i>	Immédiat <i>immediate</i>	2 semaines <i>2 weeks</i>	1 mois <i>1 month</i>	2 mois <i>2 months</i>	3 mois <i>3 months</i>	Total	%
Abcès / <i>abscess</i>			1	1	1	3	20,00 %
Résorption radiculaire pathologique <i>Pathologic radicular resorption</i>			2	1	1	4	26,67 %
Réparation dentinaire <i>Reparative dentin</i>			1	1	2	4	26,67 %

pulpe fibreuse. En fait, dans cette étude, l'aspect pulpaire fibreux (beaucoup de fibres et peu de cellules) était fréquent et était de l'ordre de 66,60 % (10/15) dans le groupe 1 et de 61,54 % (8 /13) dans le groupe 2 (tableau 5). Cet état de fibrose pulpaire était parfois associé à d'autres réactions pulpaires et était observé à différents intervalles de temps, immédiatement, à 2 semaines ainsi qu'à 1, 2 et 3 mois (Fig 4a, 4b, 5). La nécrose pulpaire et la présence d'abcès intra pulpaire étaient rares : seulement 2 dents (13,33 %) traitées à l'oxyde de zinc eugénol et 1 dent exposée au glutaraldéhyde (7,69 %) montraient une nécrose pulpaire partielle (Fig 6a). Quant à l'abcès intra pulpaire, 3 dents (20 %) appartenant au premier groupe contre 1 dent (7,69 %) du second groupe étaient affectées par cette formation. La résorption pathologique (interne) existait pour les 2 groupes. Elle était à raison de 26,67 % pour le ZOE et de 46,15 % pour le glutaraldéhyde (Fig 6b, 7). La réparation dentinaire était observée dans les 2 groupes à raison de 26,67 % pour le groupe 1 et de 15,38 % pour le groupe 2 (Fig 8).

In fact, in this study, fibrous pulp was frequent (fibrous tissue of increased quantity with very few cells) at 66.6 % (10/15) in group 1 and 61.54 % (8/13) in group 2 (table 5). This fibrous pulp was occasionally combined with other pulpal reactions and observed at different time periods, immediate, at 2 weeks as well as 1, 2 and 3 months (Fig 4a, 4b, 5). Pulp necrosis and the detection of abscesses inside the pulp were rare : only 2 teeth (13.33 %) treated with zinc oxyde eugenol and one teeth treated with glutaraldehyde (7.69 %) showed partial pulp necrosis (Fig 6a). Abscesses inside the pulp were seen in 3 teeth (20 %) in the first group versus 1 tooth in (7.69 %) in the second group. Pathologic internal resorption occurred in both groups, and was of 26.67 % in the ZOE group versus 46.15 % in glutaraldehyde (Fig 6b, 7). Dentin restoration was observed in both groups, 26.67 % for group 1 versus 15.38 % for group 2 (Fig 8).

Résultats histologiques de la pulpotomie au Glutaraldéhyde

Histologic result of pulpotomy with Glutaraldehyde

Tableau III - Critères d'inflammation pulpaire et de nécrose

Table III - Parameters of pulpal inflammation and necrosis

Critères d'évaluation de l'état pulpaire <i>Evaluation criteria of pulpal state</i>	Immédiat <i>immediate</i>	2 semaines <i>2 weeks</i>	1 mois <i>1 month</i>	2 mois <i>2 months</i>	3 mois <i>3 months</i>	Total	%
Inflammation :							
Absente à légère / <i>to mild</i>	3	2	1		1	7	53,85 %
Modérée / <i>moderate</i>		1		1	1	3	23,08 %
Sévère			1	1		2	15,38 %
Nécrose / <i>necrosis</i>			1			1	7,69 %
T O T A L							100,00 %

Tableau IV - Autres critères associés à l'inflammation ou à la nécrose

Table IV - Different parameters of inflammation or necrosis

Critères d'évaluation de l'état pulpaire <i>Evaluation criteria of pulpal state</i>	Immédiat <i>immediate</i>	2 semaines <i>2 weeks</i>	1 mois <i>1 month</i>	2 mois <i>2 months</i>	3 mois <i>3 months</i>	Total	%
Abcès / <i>abscess</i>					1	1	7,69 %
Résorption radiculaire pathologique <i>Pathologic radicular resorption</i>		1	2	2	1	6	46,15 %
Réparation dentinaire <i>Reparative dentin</i>			1		1	2	15,38 %

Tableau V - Fibrose pulpaire

Table V - Fibrosis of the pulp

Critères d'évaluation de l'état pulpaire <i>Evaluation criteria of pulpal state</i>	Immédiat <i>immediate</i>	2 semaines <i>2 weeks</i>	1 mois <i>1 month</i>	2 mois <i>2 months</i>	3 mois <i>3 months</i>	Total	%
ZOE	2	1	2	2	3	10	66,60 %
Glutaraldéhyde	2	2	2	1	1	8	61,54 %

Concernant tous ces critères étudiés, nous n'avons décelé aucune différence statistiquement significative entre les 2 groupes. Souvent au niveau de la même dent, on pouvait avoir, plusieurs manifestations pulpaire, par exemple une réaction inflammatoire qui pouvait être associée à une résorption pathologique et ou à un abcès.

Statistical analysis did not demonstrate any statistically significant difference between both treatment groups. We observed frequently several clinical pictures at the pulp level of the same tooth, for instance, an inflammatory reaction could be observed simultaneously with a pathologic resorption or an abscess.



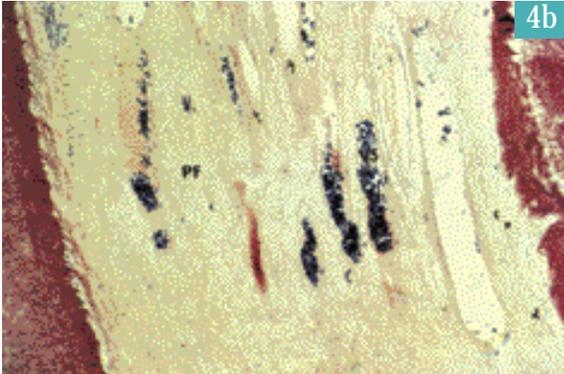
4a

Fig. 4a : Immédiatement après traitement, nous notons une pulpe fibreuse dans la partie apicale de la dent suite à une exposition de 3 mn au glutaraldéhyde (E-H x 20).

PF : Pulpe fibreuse, Absence de cellules.

Following immediate exposure for 3 minutes to glutaraldehyde, we observe fibrous pulp in the apical part of the tooth (E-H x 20).

PF : Fibrous pulp, Lack of cells.



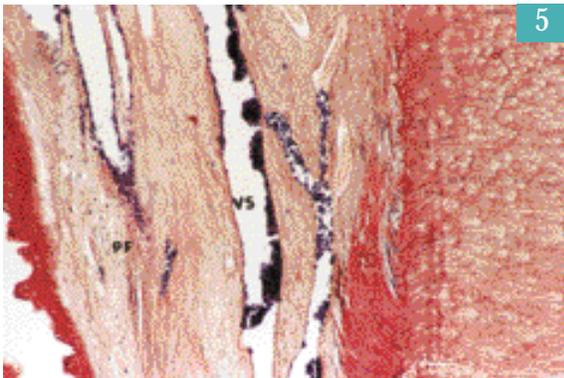
4b

Fig. 4b : 3 mois après traitement, nous notons là aussi une pulpe fibreuse au niveau de la partie médiane du canal distal de la dent ayant subi une exposition de 3 mn au glutaraldéhyde et un recouvrement à l'IRM (E- H x 10).

PF : Pulpe fibreuse, Absence de cellules, VS : Vaisseaux.

3 months following treatment, we still observe fibrous pulp at the median part of the distal canal ? of the teeth exposed to glutaraldehyde for 3 minutes and capped with IRM (E-H x 10).

PF : Fibrous pulp, Lack of cells, VS : Vessels.



5

Fig. 5 : Pulpe d'aspect fibreux au niveau de la 75 après 3 mois de traitement par le ZOE (E-H x 10).

Absence de cellules, VS : Vaisseaux.

Pulp of fibrous aspect at the 75 3 months post treatment with ZOE (E-H x 10).

Lack of cells, VS : Vessels.

Discussion

La pulpotomie est une thérapeutique qui consiste à amputer la pulpe camérale et à poser au contact des filets radiculaires une substance médicamenteuse capable de maintenir la pulpe résiduelle dans son état physiologique normal (Mack Ronald et Dean Jeffrey, 1993 ; Wolff 1994). L'objectif principal de ce traitement étant la conservation sur l'arcade de ces dents temporaires jusqu'à leur exfoliation.

Si les résultats cliniques de certains médicaments utilisés sont satisfaisants ou même excellents,

Discussion

Pulpotomy is a therapeutic technique aiming at amputating the peri-radicular pulp and capping root filaments with a drug substance with the capacity to maintain residual pulp in its normal physiologic state (Mack Ronald and Dean Jeffrey, 1993 ; Wolff 1994). The primary objective of this therapy is to conserve temporary teeth on the arch until their loss.

Where clinical results obtained with some drugs are satisfactory or even excellent, histologic results are

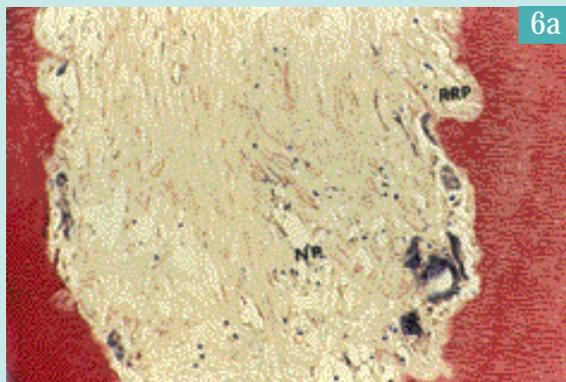


Fig. 6a : 1 mois après traitement. Nécrose pulpaire partielle au niveau du 1/3 apical de la dent après exposition au glutaraldéhyde (E-H x 20).

Nous notons aussi une résorption radiculaire pathologique.

1 month post treatment. Partial pulp necrosis at the 1/3 apical level of the tooth following exposure to glutaraldehyde (E-H x 20).

We note also pathologic root resorption.

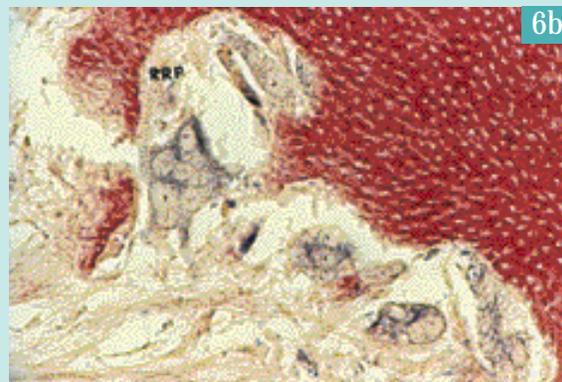


Fig. 6b : A un plus fort grossissement sur la même coupe, nous pouvons constater la présence d'un ostéoclaste plurinucléé (E-H x 50).

At higher magnification of the same section, we observe a multinucleated osteoclast (E-H x 50).

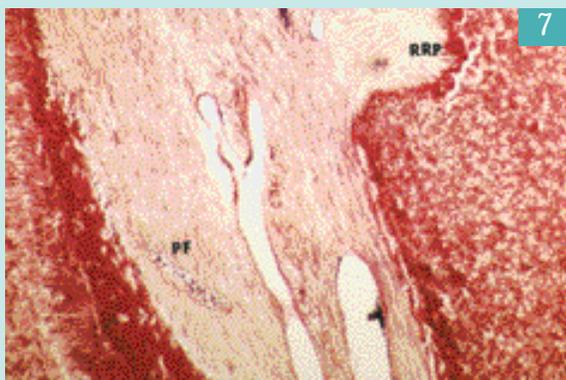


Fig. 7 : 3 mois après traitement par ZOE. Au niveau du 1/3 apical, il existe une résorption radiculaire pathologique et une trame pulpaire fibreuse (E-H x 10).

3 months post treatment with ZOE. There is pathologic root resorption and a fibrous pulpal thread at the third apical level. (E-H x 10).

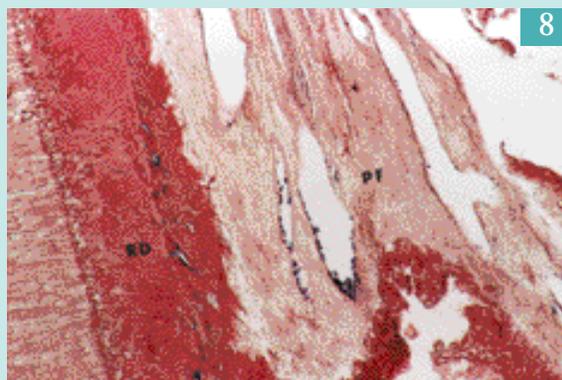


Fig. 8 : Réparation dentinaire à l'entrée canalaire de la 75, 3 mois après traitement au ZOE (E-H x 10).

Reparative dentin at canal entry of the 75, 3 months post treatment with ZOE (E-H x 10).

les résultats histologiques le sont moins (Berger 1965). Ainsi, dans cette étude, nous n'avons noté sur le plan clinique aucun échec que ce soit avec le glutaraldéhyde ou avec l'oxyde de zinc eugénol, par contre les résultats histologiques montraient pour chaque produit, une inflammation pulpaire que presque un tiers des dents présentait. La présence de fibrose pulpaire et de résorption radiculaire pathologique était fréquente sans différence significative entre les deux substances médicamenteuses. Le pourcentage élevé de fibrose pulpaire observé à différents intervalles de temps était probablement lié au vieillissement pulpaire des tempo-

less convincing (Berger 1965). Thus, in this study, we did not report any clinical failure with either treatment group, glutaraldehyde versus zinc oxyde eugenol, whereas histologic results showed in each group, pulp inflammation up to a third of the studied tooth. Pulp fibrosis and root resorption were frequently observed without any clinically significant difference between the 2 drug substances. The elevated frequency of pulp fibrosis observed at different time intervals was probably related to pulp ageing of resorbed temporary teeth (Dermars-Fremault et al., 1992 ; Trutaud et al., 1996). Some authors (Prabhu and Munshi, 1997; Rusmah

raires résorbées (Dermars-Fremault et coll., 1992 ; Trutaud et coll., 1996). Cette manifestation fibreuse est considérée par certains auteurs (Prabhu et Munshi, 1997 ; Rusmah 1992) comme une réaction pulpaire normale. La nécrose pulpaire, la présence d'abcès et de dentine de réparation bien que rares étaient également retrouvées au niveau de quelques dents avec d'autres réactions pulpaires telles que l'inflammation ou la fibrose. Enfin d'après cette étude, l'oxyde de zinc eugénol et le glutaraldéhyde produisent à peu près les mêmes réactions pulpaires.

En ce qui concerne l'oxyde de zinc eugénol, nos résultats sont différents de ceux de BERGER (1965) et de MAGNUSSON (1980). Selon ces auteurs, toutes les dents humaines traitées au ZOE avaient un mauvais pronostic, puisqu'elles présentaient de l'inflammation pulpaire au bout de 3 à 38 semaines de traitement d'après l'étude de BERGER (1965) et de 1 à 39 mois d'après l'expérience de MAGNUSSON (1980). Dans la majorité des cas, la résorption interne était présente et MAGNUSSON (1980) a rapporté un taux moins élevé de résorption interne au niveau des dents recouvertes d'hydroxyde de calcium en comparaison avec celles recouvertes d'oxyde de zinc eugénol après pulpotomie. Les résultats de ces deux études sont moins favorables que les nôtres et ces différences peuvent être expliquées d'abord par la courte durée de notre étude (maximum 3 mois) par rapport aux expériences précédemment citées et aussi par la consistance de la pâte d'oxyde de zinc eugénol employée. En effet, pour le coiffage pulpaire des moignons radiculaires, nous avons utilisé une pâte de consistance dure, alors que dans l'étude de MAGNUSSON (1980), la pâte utilisée était molle et l'eugénol libre pouvait donc diffuser et avoir une action, nocive sur le tissu pulpaire. De même d'autres études (Fuks et coll., 1991 ; Fuks et coll., 1997) ont montré qu'avec l'utilisation d'oxyde de zinc eugénol à prise rapide (IRM de Caulk) où il y a moins de diffusion d'eugénol, la réponse pulpaire était meilleure avec moins d'inflammation que celle observée avec le ZOE.

L'utilisation de glutaraldéhyde dans la pulpotomie des molaires temporaires a été envisagée et étudiée. Si certaines études ont émis des réserves quant à son efficacité à long terme (Fuks et coll., 1990 ; Tsai Tsong et coll., 1993) et quant à sa toxicité qui n'est pas tout à fait nulle, d'autres (Garcia-Godoy 1986 ; Kopel et coll., 1980 ; Rusmah 1992), ont montré des résultats satisfaisants. Ainsi RUSMAH (1992), dans son investigation histologique a rapporté que le glutaraldéhyde dilué à 2 %, appliqué pendant 3 minutes était un matériau biologiquement acceptable dans la pulpotomie des molaires temporaires humaines. Cette discordance entre

1992) view this fibrous condition as a normal pulp reaction. Pulp necrosis, presence of abscesses and reparative dentin, although rare, were equally found at the level of a few teeth with other pulp reactions such as inflammation or fibrosis. Finally after the results of this study, zinc oxyde eugenol and glutaraldehyde led to similar pulp reactions.

Our result with zinc oxyde eugenol are different than those seen by BERGER (1965) and MAGNUSSON (1980). These authors stated that human teeth treated with ZOE had a poor prognosis since they showed signs of pulp inflammation between 3 and 38 weeks of treatment in BERGER study (1965) and 1 to 39 months in MAGNUSSON's (1980). Internal resorption was present in most cases and MAGNUSSON (1980) reported a lower rate of resorption of teeth covered with calcium hydroxide in comparison with zinc oxyde eugenol following pulpotomy. Results seen in both studies were less favourable than ours and these differences could be explained by a shorter study period (3 months maximum) with respect to the others as well as the consistency of the used zinc oxyde eugenol paste. In fact, we have used a hard paste for pulp capping of root abutment, whereas MAGNUSSON (1980) used a soft paste, thus free eugenol could diffuse and have a harmful effect on pulp tissue. Similarly, other studies (Fuks et al., 1991; Fuks et al., 1997) using fast-setting zinc oxyde eugenol (IRM, Caulk) with less eugenol diffusion, have shown better results than ZOE with less inflammation.

The use of glutaraldehyde in pulpotomies has been considered and studied. Where some studies have reached guarded conclusions as to long term efficacy of glutaraldehyde (Fuks et al., 1990 ; Tsai Tong et al., 1993) and its non-negligible toxicity, other authors (Garcia-Godoy 1986 ; Kopel et al., 1980 ; Rusmah 1992), have shown satisfactory results. RUSMAH, for instance, (1992), have performed histologic investigations and reported that a 2 % dilution of glutaraldehyde, applied for 3 minutes, was a biologically acceptable material in pulpotomy of human temporary molars. Those discordant results and those seen in our study

ces résultats et ceux de notre étude peut être due au fait que RUSMAH (1992) n'a utilisé que des dents saines et que le glutaraldéhyde qu'il a employé était tamponné à pH 7,5. **Or, dans notre étude et pour des raisons de commodité (le glutaraldéhyde tamponné doit être fraîchement préparé (Davis et coll., 1982 ; Fuks et coll., 1990 ; Fuks et coll., 1991), nous avons utilisé du glutaraldéhyde non tamponné à pH 4 ; d'autant plus que les travaux de GARCIA GODOY (13) et de TSAI et coll. (34), n'ont pas montré de différence significative entre les préparations tamponnées et non tamponnées. Mais, il semble finalement qu'à pH élevé (7.8 ou plus) le glutaraldéhyde posséderait une action fixatrice et une activité antimicrobienne plus intéressantes que lorsqu'il est à pH acide (Davis et coll., 1982 ; Wolff 1994).**

La concentration et le temps d'application de ce médicament sont également sujets à controverse. **A 2 % et appliqué pendant 3 minutes, le glutaraldéhyde donne de bons résultats (Garcia-Godoy 1986 ; Rusmah 1992).** FUKS et coll. (11) ont rapporté que le glutaraldéhyde à 2 % appliqué pendant 5 minutes donnait de meilleurs résultats histologiques que lorsqu'il était placé pendant 1 minute ou lorsqu'il était incorporé dans la pâte d'oxyde de zinc eugénol. RANLY cité par WOLFF (1994) et TSAI et coll. (34) a recommandé, quant à lui, l'utilisation du glutaraldéhyde à concentration plus élevée (4 et 8 %) et avec un temps d'application plus long (4 mn), cela permettait une meilleure fixation tissulaire.

Il est par ailleurs certain que l'état pulpaire des dents temporaires cariées est très difficile à évaluer (Fuks et coll., 1990 ; Laurent et coll., 1989 ; Magnusson 1980) et que la corrélation entre la pathologie et la clinique chez l'enfant reste délicate (Portier et coll., 1997). Dans notre expérience, les dents choisies étaient cariées mais ne présentaient aucune symptomatologie clinique ou radiographique et cela ne permet pas pour autant d'exclure la possibilité d'une atteinte pulpaire radulaire sur certaines dents avant le traitement. Le diagnostic en per-opératoire (temps de saignement et couleur) bien que fiable sur le plan clinique, ne permet pas non plus de déterminer avec précision l'état du tissu pulpaire canalaire (Fuks et coll., 1990).

could be due to the fact that RUSMAH (1992) used healthy teeth only and a 7.5 Ph glutaraldehyde. **In our study and for convenience, (glutaraldehyde was freshly prepared) (Davis et al., 1982 ; Fuks et al., 1990 ; Fuks et al., 1991) we have used pH4 glutaraldehyde ; more so GARCIA GODOY (1986) and TSAI (1993), did not show any significant difference between buffered and unbuffered preparations. It seems however that at higher pH levels (≥ 7.8) would favour glutaraldehyde fixating action and an antimicrobial effect which seems more interesting than at a more acidic pH (Davis et al., 1982 ; Wolff 1994).**

Concentration and application time of this drug are also controversial issues. **A 2 % glutaraldehyde applied for 3 minutes have demonstrated good results (Garcia-Godoy 1986 ; 1980 ; Rusmah 1992).** FUKS (1991) reported that 2 % glutaraldehyde, applied for 5 minutes, gave better histologic results than when applied for 1 minute or when it was incorporated in the zinc oxide eugenol paste. As cited by WOLFF (1994) and TSAI (1993), RANLY recommended that glutaraldehyde be used at higher concentrations (4 and 8 %) with longer application duration (4 mn), leading to improved fixing of tissue.

It is otherwise certain that pulpal condition of caried temporary teeth is very hard to evaluate (Fuks et al., 1990 ; Laurent et al., 1989 ; Magnusson 1980) and that correlation between pathology and clinical practice in the pediatrics population still remains on difficult grounds (Portier et al., 1997). In our experience, selected teeth were caried but did not show any clinical or radiographic sign, still not allowing the exclusion of any possible radicular pulpal lesion of some of the teeth before treatment. Intra-operative diagnosis (bleeding time and colour), although clinically valid, does not permit to assess precisely the condition of root pulpal tissue (Fuks et al., 1990).



Conclusion

Certes, d'après cette présente étude, ni l'oxyde de zinc eugénole ni le glutaraldéhyde (dilué à 2 %, non tamponné, appliqué pendant 3 mn) ne semblent constituer des médicaments biologiquement acceptables pour la pulpe des molaires temporaires cariées et résorbées. Le silence clinique ne signifie pas toujours le succès thérapeutique, puisque les résultats histologiques ont montré des réactions d'inflammation, de résorption radiculaire pathologique et d'abcédation qui n'ont pas été décelables cliniquement et radiographiquement. D'autres produits à l'essai (Fadavi et Anderson, 1996 ; Ranly 1994), le BMP (bone morphogenetic protein) et le FDB (freeze dried bone) ont permis une stimulation dentinogénétique et semblent plus compatibles avec le tissu pulpaire des dents temporaires. Le sulfate ferrique, matériau qui fait actuellement l'objet de nombreuses études (Burnett et Walker, 2002 ; Ibricevic et Al Jame, 2000 ; Smith et coll., 2000) donne des résultats cliniques similaires au formocrésol mais sans les effets toxiques de ce dernier. Si, dans l'avenir l'expérience clinique et histologique humaine le prouve, ces derniers matériaux pourraient constituer une alternative aux autres produits dans la pulpotomie des dents lactéales.

This study has demonstrated that neither zinc oxide eugenol nor glutaraldehyde (at 2 % dilution, unbuffered, applied for 3 minutes) did seem acceptable biocompatible medicaments for caried and resorbed temporary molar teeth pulp. The lack of clinical signs does not always mean therapeutic success, since histologic analysis has shown inflammatory reactions, pathologic root resorption and abscess formation that were not diagnosed clinically or radiographically. Other experimental drugs (Fadavi and Anderson, 1996 ; Ranly 1994), such as BMP (bone morphogenetic protein) or FDB (freeze dried bone) have led to a dentinogenetic stimulation and seem more compatible with pulpal tissue of temporary molars. Ferrous sulfate is currently being investigated in several studies (Burnett and Walker, 2002 ; Ibricevic and Al Jame, 2000 ; Smith et al., 2000) and shows similar results to formocresol, but without its toxicities. If clinical and histologic experience proves their utility in the future, those materials could constitute an alternative to the current products used in lacteal teeth pulpotomy.

Traduction : Zeina ANTOUN

Demande de tirés-à-part :
Docteur B. BOUSFIHA - 16, impasse du Roitelet - Oasis - Casablanca

- ADAM C., CORPECHOT MC., KLAPIZ-WOLIKOWM.
Pulpotomie des dents temporaires. *Inform dent* (Paris) 1990;**40**(15):3805-3815.
- ALACAM A.
Pulpal tissue changes following pulpotomies with formocresol, glutaraldehyde-calcium hydroxide, glutaraldehyde-zinc oxide eugenol pastes in primary teeth. *J Pedodont* 1989;**13**:123-132.
- BERGER J. E.
Pulp tissue reaction to formocresol and Zinc Oxide Eugenol. *J Dent Child* 1965;**32**:13-28.
- BURNETTS., WALKER J.
Comparison of ferric sulfate, formocresol, and a combinaison of ferric sulfate/formocresol in primary tooth vital pulpotomies : a retrospective radiographic survey. *ASDC J Dent Child* 2002;**69**(1):44-48.
- CROLL Theodore P., KILLIAN CM.
Zinc oxide eugenol pulpotomy and stainless steel crown restoration of a primary molar. *Quintess Int* 1992;**23**:383-388.
- COTES O., BOJ JR., CANALDAC., CARRERAS M.
Pulpal tissue reaction to formocresol vs. Ferric sulfate in pulpotomized rat teeth. *J clin Pediat Dent* 1997;**21**:247-253.
- DAVIS MJ., MYERS R., SWITKES MD.
Glutaraldehyde : an alternative to formocresol for vital pulp therapy. *J Dent Child* 1982;**49**:176-180.
- DEMARS-FREMAULT CH., PILIPILI M.CH., ROUPA M.
Approche des lésions pulpaire et pulpo-parodontales des dents temporaires par thérapeutiques endodontiques. *Rev belge Med Dent* 1992;**1**:31-47.
- FADAVI SH., ANDERSON AW.
A comparison of the pulpal response to freeze dried bone, calcium hydroxide, and Zinc oxide eugenol in primary teeth in two cynomolgus monkeys. *Pediat Dent* 1996;**18**(1):52-56.
- FUKS AB., BIMSTEIN E., GUELMANN M., KLEIN H.
Assessment of a 2 % buffered glutaraldehyde solution in pulpotomized primary teeth of schoolchildren. *J Dent Child* 1990;**57**:371-375.
- FUKS AB., CLEATON JP., MICHAELI Y., BIMSTEIN E.
Pulp response to collagen and glutaraldehyde in pulpotomized primary teeth of baboons. *Pediat Dent* 1991;**13**:142-150.
- FUKS AB., EIDELMAN E., CLEATON JP., MICHAELI Y.
Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *J Dent Child* 1997;**64**:254-259.
- GARCIA-GODOY F.
A 42 month clinical evaluation of glutaraldehyde pulpotomies in primary teeth. *J Pedodont* 1986;**10**:148-153.
- HILL Sh D., BERRY Chw., SEALE NS., KAGAM.
Comparison of antimicrobial and cytotoxic effects of glutaraldehyde and formocresol. *Oral Surg* 1991;**71**:89-95.
- IBRICEVIC H., ALJAME Q.
Ferric sulfate as pulpotomy agent in primary teeth : twenty month clinical follow-up. *J Clin Pediatr Dent* 2000;**24**(4):269-272.
- KOPEL Hugh M., BERNIK S., ZACHRISSON E., DEROMERO S.A.
The effects of glutaraldehyde on primary pulp tissue following coronal amputation : an in vivo histologic study. *J Dent Child* 1980;**47**:425-430.
- LAURENT MAQUIN D., GROSGEORGE S., BOUTHORS S.
La dent temporaire. Le diagnostic en pédiodontie et ses difficultés : Apport de l'histopathologie. *Rev Odonto stomat* 1989;**18**:309-318.
- LEWIS B.B., CHESTER S.B.
Formaldehyde in dentistry. A review of mutagenic and carcinogenic potential. *J Amer dent Ass* 1981;**103**:429-434.
- MACK RONALD B., DEAN JEFFREYA.
Electrosurgical pulpotomy : A retrospective human study. *J Dent Child* 1993;**60**:107-114.
- MAGNUSSON B.
Therapeutic pulpotomy in primary molars : clinical and histological follow up - Zinc oxide eugenol as wound dressing - *Odont Revy* 1971;**22**:45-54.
- MAGNUSSON B.O.
Pulpotomy in primary molars : long term clinical and histological evaluation. *Int Endod J* 1980;**13**:143-155.
- MYERS DR., SHOAF H.K., DIRKSEN T.R.
Distribution of ¹⁴C formaldehyde after pulpotomy with formocresol. *J Amer dent Ass* 1978;**96**:805-813.
- NAULIN IFI Ch.
Traitements endodontiques des dents temporaires. *Réalités Clin* 2001;**12**:73-82.
- PORTIER R., BANDON D., BRUN C., TARDIEU C.
Thérapeutiques dentino-pulpaire des dents temporaires. *Encycl Med Chir* (Elsevier, Paris). Odontologie;23410 G 10, 1997.
- PRABHU Neeta T., MUNSHI AK.
Clinical, radiographic and histological observations of the radicular pulp following « feracrylum » pulpotomy. *J clin Pediat Dent* 1997;**21**(2):151-156.
- RANLY D.M.
Glutaraldehyde purity and stability : implications for preparation, storage and use as a pulpotomy agent. *Pediat Dent* 1984;**6**:83-87.
- RANLY Don M.
Pulpotomy therapy in primary teeth : new modalities for old rationales. *Pediat Dent* 1994;**16**:403-409.
- RODDE J., MORETS.
La pulpotomie sur les dents temporaires. *Inform dent* (Paris) 1988;**43**:4405-4410.
- RUSMAH M.
Pulpal tissue reaction to buffered glutaraldehyde. *J clinic Pediat Dent* 1992;**16**:101-105.
- STEWART E., BARBER KT., TROUTMAN KC.
Pediatric dentistry. Scientific foundations and clinical practice. Ed: C.V.Mosby Co, St Louis, 1982
- SMITH N.L., SEALE N.S., NUNN M.E.
Ferric sulfate pulpotomy in primary molars : a retrospective study. *Pediatr Dent* 2000;**22**(3):192-199.
- TRUTAUD DS., LIGHTAB., GESLIN C., FRAYSSE C.
Thérapeutiques endodontiques de la dent temporaire. *J Odont Stomat Pédiat* 1996;**6**:53-79.
- TSAI TSONG P., SU H., TSENG LH.
Glutaraldehyde preparations and pulpotomy in primary molars. *Oral Surg* 1993;**76**:346-350.
- WATERHOUSE P.J.
Formocresol and alternative primary molar pulpotomy medications : a review. *Endod dent Traumat* 1995;**11**:157-162.
- WOLFF Gerald K.
Glutaraldehyde : An alternative to formocresol ? *Gen Dent* 1994;**260**-263.
- YACOBI R., KENNY DJ., JUDD PL.
Evolving primary pulp therapy techniques. *J Amer dent Ass* 1991;**122**:83-85.