

Étude exploratoire *in vitro* de l'impact des variations de pression sur les obturations coronaires temporaires réalisées en interséance de traitement endodontique

Barotraumatisme dentaire
Fracture dentaire
Traitement endodontique
Plongée sous-marine
Obturation coronaire temporaire

Dental Barotrauma
Dental fracture
Endodontic treatment
Scuba diving
Temporary coronal filling

M. GUNEPIN, F. DERACHE, B. SCHMID, J.-É. BLATTEAU,
J.-J. RISSO, L. DYCHTER, Y. ZADIK

In vitro exploratory study on the impact of the pressure changes on the temporary coronal filling performed between sessions of endodontic treatment

MATHIEU GUNEPIN, DDS, FLORENCE DERACHE, DDS, BRUNO SCHMID, MD PhD, JEAN-ÉRIC BLATTEAU, MD PhD, JEAN-JACQUES RISSO, PhD, LEON DYCHTER, DDS, YEHUDA ZADIK, DMD MHA.

RÉSUMÉ

Objectif. L'objectif de notre étude est de déterminer si les variations de pression induites par la pratique de la plongée sous-marine peuvent entraîner la fracture de dents obturées temporairement en interséance de traitement endodontique et si le matériau d'obturation et les modalités de sa mise en place influent sur le risque de fracture dentaire. **Méthode.** 60 molaires maxillaires extraites porteuses de différents types d'obturations temporaires ont été exposées en caisson hyperbare à 12 cycles de variations de pression (de 1 à 2 ATA). **Résultats.** La pression du gaz dans la cavité créée par la mise en place d'une boulette de coton sous l'obturation temporaire ne peut pas s'équilibrer avec la pression de la cavité buccale. Le gradient de pression ainsi créé peut entraîner *in vitro* une fracture dentaire quel que soit le matériau d'obturation utilisé. **Conclusion.** Sur la base des résultats de notre étude exploratoire, il pourrait être recommandé, lorsqu'un patient doit plonger entre les séances d'un traitement endodontique, soit de ne pas placer de boulette de coton dans la cavité pulpaire, soit de limiter la présence de coton aux seuls orifices canalaires. En revanche, le choix du matériau d'obturation coronaire ne semble pas impacter le risque de survenue de fracture dentaire.

ABSTRACT

Objective. The objective of our study is to determine if the pressure changes generated by the practice of scuba diving can cause the fracture of teeth temporarily filled between two sessions of an endodontic treatment and if the filling material and the obturation techniques have an impact on the risk of dental fracture. **Method.** 60 extracted maxillary molars with various types of temporary filling were exposed in a hyperbaric chamber to 12 cycles of pressure changes (from 1 to 2 ATA). **Results.** The gas pressure in the cavity created by the placement of a cotton ball under the temporary obturation cannot balance with the pressure of the oral cavity. The pressure gradient thus created can generate *in vitro* a dental fracture whatever the type of filling material. **Conclusion.** Considering the results of our exploratory study, it could be recommended, when a patient must dive between the sessions of an endodontic treatment, either not to place a cotton ball in the pulp chamber, or to put cotton only in the root canal orifices. Besides, the choice of the coronal filling material does not seem to have any impact on the potential occurrence of dental fractures.

INTRODUCTION

La pratique de la plongée sous-marine implique l'exposition des plongeurs à des contraintes importantes, notamment du fait des variations de pression atmosphérique qu'ils subissent. Ces variations de pression appliquées à des cavités indéformables peuvent, lorsque les pressions ne peuvent s'équilibrer entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité, entraîner des barotraumatismes dentaires incluant la survenue de fractures dentaires ou barodontocrexis (Gunepin et coll., 2012). Dans la littérature, ces fractures ne sont décrites qu'en présence d'une cavité sous ou autour d'une obturation dentaire (Calder et Ramsey, 1984). Cette cavité peut résulter du développement d'une carie secondaire et/ou d'un défaut d'étanchéité de l'obturation (Calder et Ramsey, 1984).

Dans le cadre de la réalisation d'un traitement endodontique nécessitant plusieurs séances, le praticien peut être amené à placer une boulette de coton plus ou moins volumineuse à l'intérieur de la chambre pulpaire avant de la recouvrir avec un matériau d'obturation temporaire. La possibilité que la cavité ainsi créée au sein de la dent puisse être à l'origine de barodontocrexis n'apparaît pas, à notre connaissance, dans la littérature. L'objectif de notre étude est de déterminer *in vitro* l'impact des variations de pression sur des dents obturées provisoirement en interséance de traitement endodontique en simulant deux modalités de traitements (avec une petite boulette de coton au niveau de chaque entrée canalair et avec une boulette de coton remplissant la chambre pulpaire). Deux matériaux d'obturation temporaire (Clinicem Temp II de chez Clinix® et ciment oxyde de zinc-eugénol) sont utilisés afin de déterminer si le type de matériau impacte le risque de survenue de barodontocrexis.

LES BARODONTOCREXIS

DÉFINITION

La loi de Boyle et Mariotte stipule qu'à température constante le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression exercée (Brandt, 2004). Une augmentation de la pression entraîne donc une diminution du volume gazeux (lors de la phase de descente), alors qu'une diminution de la pression entraîne l'effet inverse (lors de la phase de remontée). Au cours de la plongée, les cavités dont les parois sont indéformables doivent s'adapter aux variations de la pression par la libre communication avec les voies aériennes. Si les orifices de communication sont obstrués ou très étroits, l'air ne peut y pénétrer et l'équilibration des pressions devient impossible, engendrant un barotraumatisme (Stewart, 1979 ; Gunepin et coll., 2010). Au niveau dentaire, les barotraumatismes peuvent notamment se manifester sous la forme de fractures d'odontes et de restaurations (ces deux types de fractures sont englobés sous le terme « fractures dentaires » ou « barodontocrexis ») (Holowatyj, 1996).

Ces fractures peuvent survenir :

- lors de la remontée. En présence d'une cavité dentaire en communication avec l'environnement buccal (exemple d'une carie secondaire sous une obturation), si l'équilibration des pressions n'est pas assez rapide entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité lors de la phase de remontée, la pression dans la cavité devient plus élevée qu'autour de la dent, ce qui peut entraîner son « explosion » (Jagger et coll., 1997). Il s'agit du cas le plus fréquent ;

INTRODUCTION

The practice of scuba diving involves the exposition of divers to considerable stress mainly due to the atmospheric pressure changes they are submitted to. These pressure changes applied to indeformable cavities can generate, when the pressures cannot find a balance between the inside and the outside of the cavity, dental barotrauma including dental fractures or barodontocrexis (Gunepin et al., 2012). In the literature, these fractures are only described in the presence of a cavity under or around a dental filling (Calder and Ramsey, 1984). This cavity can result from the development of a secondary caries and/or from a defect in the filling (Calder and Ramsey, 1984). Within the framework of the endodontic treatment requiring several sessions, the practitioner might need to place a more or less voluminous cotton ball inside the pulp chamber before covering it with temporary filling material. The possibility that this cavity created within the tooth can generate barodontocrexis does not appear, to our knowledge, in the literature. The objective of our study is to determine in vitro the impact of pressure changes on teeth temporarily filled between two sessions of an endodontic treatment by simulating two methods of treatment (with a small cotton ball placed at every root canal entrance and with a cotton ball filling the pulp chamber). Two temporary filling materials (Clinicem Temp II from Clinix® and zinc oxide eugenol cement) are used to determine if the type of material has an impact on the risk of occurrence of barodontocrexis.

BARODONTOCREXIS

DEFINITION

The Boyle-Mariotte law stipulates that in constant temperature the volume of a gas is inversely proportional to the applied pressure (Brandt, 2004). An increased pressure thus generates a decrease of the gas volume (during the phase of descent), while a decrease in the pressure generates the inverse effect (during the phase of ascent). During the dive, the cavities with indeformable walls must adjust to the pressure changes by the free circulation with the airways. If circulation entrances are obstructed or very narrow, the air cannot penetrate there and the pressures equilibration becomes impossible, generating a barotrauma (Stewart 1979; Gunepin et al., 2010). In the dental context, barotraumas can take the form of fractures of teeth and of restorations (these two types of fractures are included under the term "dental fractures" or "barodontocrexis") (Holowatyj, 1996).

These fractures may happen:

- during the ascent. In the presence of a dental cavity connected the oral environment (for example, a secondary caries under a filling), when the pressures equilibration is not fast enough between the inside and the outside of the cavity during the phase of ascent, the pressure inside the cavity gets higher than around the tooth, which can cause its "explosion" (Jagger et al., 1997). It is the most frequent case.*

– au cours de la descente. En présence d'une cavité étanche à l'intérieur d'une dent, l'air contenu dans cette cavité étant isolé de l'environnement buccal, sa pression reste constante au cours de la plongée. En revanche, l'« enceinte » autour de la cavité formée par les tissus et obturations dentaires subit un gradient de pression qui tend à l'écraser (« implosion »).

FACTEURS DE RISQUE DE SURVENUE DES BARODONTOCREXIS

Dans une étude menée *in vitro*, Calder et Ramsey ont exposé des dents extraites à une variation brutale de pression (de 10 à 1 ATA en 2 minutes) équivalant pour un plongeur à une remontée de 90 mètres de profondeur à la surface (Calder et Ramsey, 1984). Sur les 86 dents exposées, 5 ont présenté une fracture dentaire. Toutes ces dents étaient porteuses d'un amalgame défectueux (défaut d'étanchéité et/ou carie secondaire). Parmi les dents non fracturées se trouvaient des dents saines, des dents obturées sans défaut de l'obturation et des dents cariées (Calder et Ramsey, 1984). Pour Calder et Ramsey, seules les dents porteuses d'une obturation défectueuse peuvent être endommagées sous l'effet de variations répétées de la pression (Calder et Ramsey, 1984). Cette assertion ne prend pas en compte la possibilité de survenue de barodontocrexis au niveau d'une dent porteuse d'une obturation coronaire temporaire étanche mise en place sur une boulette de coton en interséance d'un traitement endodontique multiséances. Dans ce cas, la dent présente bien une cavité remplie d'air (chambre pulpaire avec boulette de coton) mais sans défaut (obturation provisoire étanche). Notre hypothèse est que l'exposition d'une dent ainsi traitée représente un risque de survenue de barodontocrexis.

ÉPIDÉMIOLOGIE

Dans le milieu civil, la prévalence des fractures dentaires varie selon les études de 0.8 à 6.6 %, avec une prévalence moyenne de 5.3 % (Jagger et coll., 2009 ; Zanotta et coll., 2014). Chez les plongeurs sous-marins militaires français, la prévalence des barodontocrexis est de 4.4 % (Gunepin et coll., 2015). Dans le cadre des études menées aussi bien dans le cadre civil que militaire, à notre connaissance, ni le type de restauration dentaire fracturée (temporaire/définitif), ni le matériau d'obturation (amalgame, composite, etc.), ni le contexte clinique (interséances de traitement endodontique, etc.) n'ont été recueillis (Gunepin et coll., 2015).

CONSÉQUENCES SUR LE DÉROULEMENT DE LA PLONGÉE

Au-delà de la nécessité de traitements bucco-dentaires, les barotraumas dentaires peuvent avoir comme conséquences :

- l'ingestion ou l'inhalation de débris dentaires ou d'obturations dentaires ayant quitté leur cavité (Peker et coll., Leitch 1985 ; Leitch 1985) ;
- des douleurs (Zadik et coll., 2006) qui peuvent conduire un plongeur à perdre ses capacités avec la nécessité éventuelle d'un arrêt prématuré de la plongée (Gross et Eliashar, 2008).

Chez les plongeurs sous-marins militaires français, dans 35,6 % des cas les barodontocrexis perturbent le déroulement de la plongée. Les fractures de matériaux d'obturation dentaire perturbent plus fréquemment le déroulement de la plongée (37,5 % des cas) que les fractures de tissus dentaires (27,2 % des cas) (Gunepin et coll., 2015).

– During the descent. In the presence of a tight cavity inside a tooth, as the air contained in this cavity is isolated from the oral environment, its pressure remains constant during the dive. On the other hand the "surrounding wall" around the cavity formed by tissues and dental filling is put under a pressure gradient which tends to crush it ("implosion").

RISK FACTORS FOR BARODONTOCREXIS

In a study conducted *in vitro*, Calder and Ramsey exposed extracted teeth to a brutal pressure change (from 10 to 1 ATA in 2 minutes) which would be equivalent, for a diver, to an ascent from 90 meters deep up to the surface (Calder and Ramsey, 1984). Among 86 exposed teeth, 5 had a fracture. All these teeth were filled with a defective filling (improper seal and/or secondary caries). Among the unbroken teeth were healthy teeth, properly filled teeth and decayed teeth (Calder and Ramsey, 1984). To Calder and Ramsey, only the teeth filled with a defective amalgam can be damaged by repeated pressure changes (Calder and Ramsey, 1984). This assertion does not take into account the possible appearance of barodontocrexis in a tooth restored with a temporary coronal filling placed on a small cotton ball between two sessions of a multiple-session endodontic treatment. In this case, the tooth does present a cavity filled with air (pulp chamber with cotton ball) which is however flawless (sealed temporary obturation). Our hypothesis is that the exposure of a tooth that was temporary treated with this technique generates a risk of occurrence of barodontocrexis.

EPIDEMIOLOGY

In the civilian sector, the prevalence of dental fractures ranges, according to studies from 0.8% to 6.6% with an average prevalence of 5.3% (Jagger et al., 2009; Zanotta et al., 2014). Among the French military scuba divers, the prevalence of barodontocrexis is 4.4% (Gunepin et al., 2015). To our knowledge, within the framework of the studies conducted both in the civilian and the military sectors, neither the type of broken dental restoration (temporary/definitive), nor the filling material (amalgam, composite, etc.), nor the clinical context (several sessions of endodontic treatment, etc.) have been collected (Gunepin et al., 2015).

CONSEQUENCES ON THE PROGRESS OF THE DIVE

Beyond the necessity of oral treatments, dental barotraumas may generate the following consequences:

- ingestion or inhalation of dental debris or dental filling having left their cavity (Peker et al., Leitch, 1985; Leitch, 1985);
- pains (Zadik et al., 2006) that can alter the diver's capacities and skills with the possible necessity of a premature interruption of the dive (Gross and Eliashar, 2008).

Concerning the French military scuba divers, barodontocrexis disrupts the progress of the dive in 35.6% of the cases. Fractures of the dental filling material alter the progress of the dive (37.5% of the cases) more frequently than fractures of the dental tissues (27.2% of the cases) (Gunepin et al., 2015).

OBTURATIONS CORONAIRES TEMPORAIRES EN INTERSÉANCE DE TRAITEMENTS ENDODONTIQUES

INDICATIONS DE MISE EN PLACE D'UNE OBTURATION CORONAIRE TEMPORAIRE EN INTERSÉANCE DE TRAITEMENT ENDODONTIQUE

En odontologie, de nombreuses situations cliniques nécessitent la réalisation d'un traitement endodontique notamment la pulpite irréversible et la nécrose pulpaire (HAS, 2009). À notre connaissance, il n'existe pas de données globales récentes concernant le nombre de traitements endodontiques réalisés annuellement en France. L'obtention de telles données résulte d'enquêtes nationales auprès des différents régimes d'assurance-maladie, or de telles enquêtes n'ont pas été menées récemment. Les données publiées dans les années 2000 sont quant à elles inhomogènes puisque, dans un rapport d'évaluation publié en 2008, la HAS indique que, selon deux sources différentes, le nombre de traitements endodontiques en France était de 7,5 millions en 2003 contre 6 millions en 2004 (HAS, 2008). Le traitement endodontique est réalisé en deux phases : la préparation, puis l'obturation canalair. Ces deux phases ne sont pas réalisées au cours de la même séance si les conditions suivantes ne sont pas réunies (HAS, 2009 ; HAS, 2008) :

- nettoyage chimio-mécanique optimal ;
- dent asymptomatique ;
- canal sec ;
- temps disponible suffisant.

Dans ces cas-là, une médication intracanalair et une obturation coronaire provisoire étanche, appelée également transitoire ou temporaire, sont requises. Cette obturation doit constituer une barrière étanche pour éviter la contamination du réseau canalair par les bactéries présentes dans la cavité buccale (Barthel et coll., 2006). Pour cela, le matériau d'obturation doit être résistant aux contraintes physiques générées par la mastication, le brossage, les variations thermiques, etc. (Koagel et coll., 2008).

LES MATÉRIAUX D'OBTURATION CORONAIRE TEMPORAIRE

Les deux matériaux d'obturation les plus fréquemment utilisés en interséance de traitement endodontique sont :

- les préparations oxyde de zinc-sulfate de calcium autodurcissantes à l'humidité (Cavit[®], 3M ESPE, Seefeld, Germany, et équivalents). Ces matériaux sont hydrophiles et présentent une expansion suite à leur mise en place (Yun et coll., 2012). Cette expansion favorise un joint de très bonne qualité entre le matériau et la dent, faisant de ces matériaux des produits de choix pour l'obturation temporaire en interséance de traitement endodontique (Jung et coll., 2008 ; Uctasli et Tinaz, 2000). Ces matériaux ont cependant une faible résistance mécanique (Martin, 2004) ;
- les ciments oxyde de zinc-eugénoles simples (eugénates) ou modifiés par adjonction de résine (Intermediate Restorative Material-IRM). Ces matériaux présentent de meilleures propriétés mécaniques que les préparations oxyde de zinc-sulfate de calcium, mais une moins bonne étanchéité marginale (Tronstad, 2000 ; Messer et Wilson, 1996). De plus, leurs propriétés mécaniques et leur étanchéité sont intimement liées à leur préparation (rapport poudre/liquide et temps de spatulation).

TEMPORARY CORONAL FILLING BETWEEN TWO SESSIONS OF ENDODONTIC TREATMENT

INDICATIONS FOR THE PLACEMENT OF A TEMPORARY CORONAL FILLING BETWEEN TWO SESSIONS OF AN ENDODONTIC TREATMENT

In odontology, numerous clinical situations require an endodontic treatment, such as for example irreversible pulpitis and pulp necrosis (HAS, 2009). To our knowledge, there are no recent global data concerning the number of endodontic treatments performed each year in France. Collecting such data results from national inquiries with the various health insurance schemes, yet such inquiries have not recently been carried out. The data published in the 2000s are inhomogeneous: in an evaluation report published in 2008, the HAS (the French High Authority of Health) indicated that, according to two different sources, the number of endodontic treatments in France was 7.5 millions in 2003 versus 6 millions in 2004 (HAS, 2008). The endodontic treatment is performed in two phases: first the root canal preparation and then the filling. These two phases cannot be performed during the same session if the following conditions are not filled (HAS 2009; HAS 2008):

- optimal chemomechanical cleaning,*
- asymptomatic tooth,*
- dry root canal,*
- sufficient available time.*

In these cases there, an intra-canal medication and a properly sealed provisional coronal filling, also called transitory or temporary, are required. This filling must be a tight barrier to avoid the contamination of the root canal network by the existing bacteria in the oral cavity (Barthel et al., 2006). Consequently, the filling material must be resistant to the physical strains generated by mastication, brushing, thermal changes, etc. (Koagel et al., 2008).

TEMPORARY CORONAL FILLING MATERIALS

The two filling materials most frequently used between two sessions of endodontic treatment are.

- Zinc oxide/calcium sulfate preparations that are self-hardening in humidity (Cavit[®] [3M ESPE, Seefeld, Germany] and equivalents). These materials are hydrophilic and expand after their placement (Yun et al., 2012). This expansion provides a high-quality seal between the material and the tooth, which explains why these materials are perfect for provisional filling between two sessions of endodontic treatment (Jung et al., 2008; Uctasli and Tinaz, 2000). However, these materials have a poor mechanical resistance (Martin 2004).*
- Simple zinc oxide eugenol (ZOE) cements (eugenates) or resin modified cements (Intermediate Restorative Material: IRM). These materials are fitted with better mechanical properties than zinc oxide/calcium sulfate preparations, but a poorer marginal sealing property (Tronstad, 2000; Messer and Wilson, 1996). Besides, their mechanical properties and their sealing performance are tightly connected to their preparation (powder/liquid ratio and duration of spatulation).*

De nombreuses études ont été publiées pour comparer les différents produits appartenant à la même catégorie de matériaux (Cavit® vs Clinitemp II) ou les différents types de matériaux entre eux (exemple IRM vs Cavit®). Les résultats de ces études divergent (Ciftci et coll., 2009 ; Teplitsky et Meimaris, 1988), notamment du fait d'absence de consensus quant aux protocoles expérimentaux (Shemesh et coll., 2008). C'est pourquoi il n'existe aucune recommandation claire concernant les matériaux et les techniques à mettre en œuvre pour la réalisation d'obturations temporaires en interséance de traitement endodontique (Jensen et coll., 2007).

MODALITÉS DE MISE EN PLACE DE L'OBTURATION CORONAIRE TEMPORAIRE EN INTERSÉANCE DE TRAITEMENT ENDODONTIQUE

Lorsque la réalisation du traitement endodontique d'une dent doit être temporisée, une boulette de coton peut être mise en place dans la chambre pulpaire avant l'obturation coronaire temporaire. Cette pratique est largement répandue chez les chirurgiens-dentistes car elle permet :

- de désobturer rapidement la dent (Tronstad et coll., 2000 ; Dillard et coll., 2002 ; Naoum et Chandler, 2002) ;
- de diminuer la quantité de matériau d'obturation temporaire coronaire à utiliser (Tronstad et coll., 2000 ; Dillard et coll., 2002 ; Naoum et Chandler, 2002) ;
- de prévenir l'obstruction des canaux radiculaires par le déplacement de petits fragments de matériau d'obturation temporaire dans les canaux (Tronstad et coll., 2000 ; Dillard et coll., 2002 ; Naoum et Chandler, 2002). Pourtant, la mise en place d'une boulette de coton dans la chambre pulpaire ne fait pas consensus (Dillard et coll., 2002 ; Gonzaga et coll., 2011) car, pour certains auteurs, elle entraîne :
- une diminution de l'épaisseur et donc de la résistance à la pression (mastication) du matériau d'obturation temporaire coronaire (Dillard et coll., 2002 ; Naoum et Chandler, 2002) ;
- une diminution de la stabilité de l'obturation coronaire et une moindre résistance aux forces masticatoires (Naoum et Chandler, 2002) ;
- une augmentation du risque de perte de l'obturation provisoire (Dillard et coll., 2002 ; A.A.E., 2002) ;
- un risque de contamination du système canalaire par les bactéries contenues dans la cavité buccale si des fibres de coton dépassent de l'obturation (Zmener et coll., 2004).

Pour ces auteurs, la mise en place de coton dans la chambre pulpaire devrait se limiter à une petite boulette au niveau de chaque orifice canalaire (Dillard et coll., 2002 ; A.A.E. 2002).

Les variations de pression atmosphérique intervenant lors de la pratique de la plongée sous-marine pourraient générer des contraintes mécaniques sur la dent du fait des variations du gradient de pression entre l'intérieur de la cavité créée par la mise en place de la boulette de coton et l'environnement buccal. Ces contraintes s'exerçant sur une dent fragilisée par la réalisation du traitement dentaire (diminution de la quantité de tissu dentaire et création d'une cavité au sein de la dent), elles pourraient entraîner une fêlure ou une fracture dentaire. À notre connaissance, cette possibilité n'a jusqu'à présent pas fait l'objet d'étude *in vitro*.

Numerous studies were published to compare the various products belonging to the same category of materials (Cavit® versus Clinitemp II) or the various categories of materials (example: IRM versus Cavit®). The results of these studies diverge (Ciftci et al., 2009; Teplitsky and Meimaris, 1988) particularly because there is no consensus concerning the experimental protocols (Shemesh et al., 2008). That is why there is no clear recommendation about materials and techniques that need to be used for a temporary filling between two sessions of endodontic treatment (Jensen et al., 2007).

TECHNIQUES OF PLACEMENT OF THE TEMPORARY CORONAL FILLING BETWEEN TWO SESSIONS OF ENDODONTIC TREATMENT

When the endodontic treatment of a tooth must be performed in several sessions, a cotton ball can be placed in the pulp chamber before the temporary coronal filling. This method is widely spread among dental surgeons because it allows:

- A quick disobturation of the tooth (Tronstad et al., 2000; Dillard et al., 2002; Naoum and Chandler, 2002).
 - To use a smaller quantity of the temporary coronal filling material (Tronstad et al., 2000; Dillard et al., 2002; Naoum et al., 2002).
 - To prevent the obstruction of root canals due to small debris of the temporary filling material going into the canal (Tronstad et al., 2000; Dillard et al., 2002; Naoum and Chandler, 2002).
- Nevertheless, there is no consensus about this method consisting in placing a cotton ball in the pulp chamber (Dillard et al., 2002; Gonzaga et al., 2011). To some authors indeed, it generates:
- A decrease of the thickness and thus of the resistance to pressure (mastication) of the temporary coronal filling material (Dillard et al., 2002; Naoum and Chandler, 2002).
 - A decrease of the stability of the coronal filling and a smaller resistance to masticatory strengths (Naoum and Chandler, 2002).
 - A greater risk of loss of the temporary filling (Dillard et al., 2002; A.A.E. 2002).
 - A risk of contamination of the root canal system by the oral cavity bacteria if cotton fibers go through the filling (Zmener et al., 2004).

To these authors, placing a cotton ball in the pulp chamber should be limited to a small ball in every root canal orifice (Dillard et al., 2002; A.A.E. 2002). The atmospheric pressure changes occurring during the practice of scuba diving might generate mechanical stress on the tooth because of the changes of the pressure gradient between the inside of the cavity created by the placement of the cotton ball and the oral environment. As this stress is applied on a tooth which is already weakened by the dental treatment (smaller quantity of dental tissue and creation of a cavity within the tooth), it may provoke a crack or a dental fracture. To our knowledge, this possibility has not been the object of an *in vitro* study yet.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

MATÉRIEL

L'échantillon de l'étude est composé de 60 dents naturelles. Les critères d'inclusion et d'exclusion des dents de l'échantillon sont les suivants :

- pour être incluses dans l'étude, les dents doivent être des molaires permanentes maxillaires matures ayant au moins trois murs (vestibulaire et palatin plus le mur mésial ou distal) indemnes de soins et de pathologies ;
- sont exclues de l'étude les dents n'ayant pas de mur lingual et/ou vestibulaire indemne de soins et de pathologies et les dents dont la couronne et/ou la racine sont fissurées ou fracturées. La présence de ces fractures ou fissures est objectivée sur des clichés radiographiques pris pour chaque dent selon deux incidences (vestibulo-palatin et mésio-distal) et à l'inspection visuelle. Cette inspection concerne la surface externe des dents, mais également les murs et le plancher de la cavité d'accès endodontique une fois celle-ci réalisée. En cas de perforation du plancher de la cavité d'accès endodontique lors de sa préparation, la dent est exclue de l'étude.

Dès l'extraction réalisée, la dent est inspectée par l'opérateur afin de déterminer si elle répond aux critères d'éligibilité de l'étude. Si tel est le cas, la dent est stockée dans un environnement se rapprochant de celui de la cavité buccale (37 °C et 90 % d'humidité).

MÉTHODE

Afin d'étudier l'impact des variations de pression sur les obturations temporaires réalisées en interséance de traitement endodontique, les 60 dents sont soumises à un protocole standardisé incluant une préparation de la dent et l'exposition à des variations de pression. Le critère de jugement est la présence de fractures dentaires objectivées par des photographies réalisées de manière standardisée pour chaque dent avant et après l'exposition aux variations de pression.

PRÉPARATION DES DENTS

La préparation des dents est réalisée dans les heures qui suivent leur extraction. Elle consiste, que la dent présente ou non du tissu carieux et/ou une restauration dentaire, en la réalisation d'une cavité occluso-mésiale ou occluso-distale (en fonction du mur disponible indemne de soins et de pathologies) et de la cavité d'accès endodontique. En présence d'une dent dont les deux murs sont sains et indemnes de soin et de pathologie, une cavité occluso-mésiale est réalisée. Lors de la réalisation de la cavité d'accès, l'opérateur vérifie l'absence de fissures et/ou de fractures des murs et du plancher pulpaire. En cas de fracture et/ou de fissure, la dent est exclue de l'étude. La préparation canalaire est ensuite réalisée conformément aux recommandations de la Haute Autorité de santé, de l'analyse du cliché radiographique préopératoire jusqu'au séchage après rinçage final à l'hypochlorite (HAS, 2009). Une médication intracanalair à l'hydroxyde de calcium est ensuite mise en place puis recouverte par une petite boulette de coton conformément aux recommandations (Messer et Wilson, 1996). Les 60 dents sont alors séparées aléatoirement en trois groupes et six sous-groupes (**tableau 1**).

EXPERIMENTAL STUDY

MATERIAL

The sample of the study includes 60 natural teeth. The inclusion and exclusion criteria are:

- To be included in the study, teeth have to be mature maxillary permanent molars with at least three walls (vestibular and palatal plus the mesial or distal wall), never treated and healthy.
- Teeth excluded from the study are those with no untreated and healthy lingual and/or vestibular wall as well as teeth with a cracked or broken crown and/or root. The presence of these fractures or cracks can be seen on X-rays taken for every tooth according to two incidences (vestibular palatal and mesial-distal) and during the examination which focuses on the external surface of teeth but also on the walls and the floor of the endodontic access cavity once this one has been made. In case of perforation of the floor of the cavity access during the preparation, the tooth was excluded from the study.

After the extraction, the tooth was inspected by the operator to determine whether it met or not the eligibility criteria of the study. When that was the case, the tooth was stored in an environment similar to the oral cavity environment (37°C and 90% of humidity).

METHOD

To study the impact of pressure changes on the temporary filling placed between two sessions of an endodontic treatment, 60 teeth are the object of a standardized protocol including a preparation of the tooth and the exposure to pressure changes. The assessment criterion is the presence of dental fractures visualized on standardized images taken for every tooth before and after the exposure to the pressure changes.

PREPARATION OF TEETH

Teeth are prepared during the hours following their extraction. Whether or not the tooth has carious tissue and/or a dental restoration, an occlusal-mesial or occlusal-distal cavity (according to the available healthy and untreated wall) as well as an endodontic access cavity are prepared. When a tooth has two healthy and untreated walls, an occlusal-mesial cavity is prepared. During the preparation of the access cavity, the operator checks the absence of cracks and/or fractures of the walls and of the pulp floor. In case of fracture and/or in case of crack, the tooth is excluded from the study. The root canal preparation is then performed according to the recommendations of the High Authority of Health, from the analysis of the preoperative radiographic image up to drying after a final rinsing with hypochlorite (HAS on 2009). An intra-canal medication with calcium hydroxide is then applied and covered by a small cotton ball according to the recommendations (Messer and Wilson, 1996). 60 teeth are then randomly separated into three clusters and six subclusters (**Chart 1**).

TABLEAU 1 – CHART 1

Description des groupes et sous-groupes de l'échantillon.
Description of clusters and sub-clusters of the sample.

GROUPES MODALITÉ D'UTILISATION DU COTON CLUSTERS MODALITIES OF USE FOR COTTON	SOUS-GROUPES MATÉRIAU D'OBTURATION TEMPORAIRE UTILISÉ SUB-CLUSTERS TEMPORARY FILLING MATERIAL	NOMBRE DE DENTS ESTHETIC RISK FACTOR
I Absence de boulette de coton <i>No cotton ball</i>	a – Clinicem Temp II	10
	b – Eugénate	10
II Mise en place d'une boulette de coton dans la chambre pulpaire <i>Placement of a cotton ball in the pulp chamber</i>	a – Clinicem Temp II	10
	b – Eugénate	10
III Mise en place de coton uniquement au niveau des orifices canaux <i>Placement of cotton only in root canal orifices</i>	a – Clinicem Temp II	10
	b – Eugénate	10

Le Clinicem Temp II de chez Clinix est une préparation d'oxyde de zinc-sulfate de calcium de type Cavit[®]. Il s'agit d'un ciment mono-composant, fluoré, autdurcissant, prêt à l'emploi. L'eugénate est un ciment oxyde de zinc-eugénol ou eugénate. L'eugénate est obtenu par malaxage d'oxyde de zinc (Zinc oxyde lourd de chez Cooper) avec de l'eugénol (Eugénol de chez Septodont[®]). Conformément aux recommandations, l'épaisseur de l'obturation temporaire mise en place pour les dents des groupes II et III est supérieure à 4 mm (HAS, 2009 ; Barthel et coll., 2006 ; Tronstad et coll., 2000).

À l'issue de cette première phase, chaque dent est :

- photographiée en lumière du jour et en transillumination. Les photographies se font pour chaque type de lumière en vue occlusale, vestibulaire, mésiale, distale et linguale ;
- radiographiée à l'aide d'un appareil de radiographie numérique. Deux clichés sont réalisés par dent : une incidence vestibulaire et une incidence mésiale.

Une fois les traitements réalisés, les dents sont conservées 24 heures dans un environnement simulant la cavité buccale (37 °C et 90 % d'humidité) avant d'être soumises aux variations de pression. La réalisation des différentes étapes de l'étude dans un délai court (quelques jours) a pour but de pallier l'augmentation dans le temps du risque de fracture de la dent inhérent à la déshydratation de la dentine et aux effets délétères des solutions d'irrigation et des médications intracanaux sur la dentine (Gonzaga et coll., 2011).

EXPOSITION AUX VARIATIONS DE PRESSION

Les cycles de variations de pression, simulant des plongées sous-marines successives, sont réalisés dans le caisson hyperbare du laboratoire de recherche de l'équipe résidente de recherche subaquatique opérationnelle

Clinicem Temp II by Clinix is a preparation of calcium zinc/sulfate oxide such as Cavit's[®]. It is a ready-to-use, fluoride, self-hardening mono-component cement. Eugenate is zinc-eugenol oxide cement. Eugenate is the result of the mixing of zinc oxide (heavy oxide zinc heavy from Cooper) with eugenol (Eugenol from Septodont[®]). According to the recommendations, the thickness of the temporary filling prepared for teeth of groups II and III is superior than 4 mm (HAS, 2009; Barthel et al., 2006; Tronstad et al., 2000).

At the end of this first phase, every tooth is:

- photographed in daylight and in trans-illumination. For each kind of light, pictures are made in occlusal, vestibular, mesial, distal and lingual views.*
- X-rayed with a digital X-ray machine. Two images are taken per tooth: a vestibular view and a mesial view.*

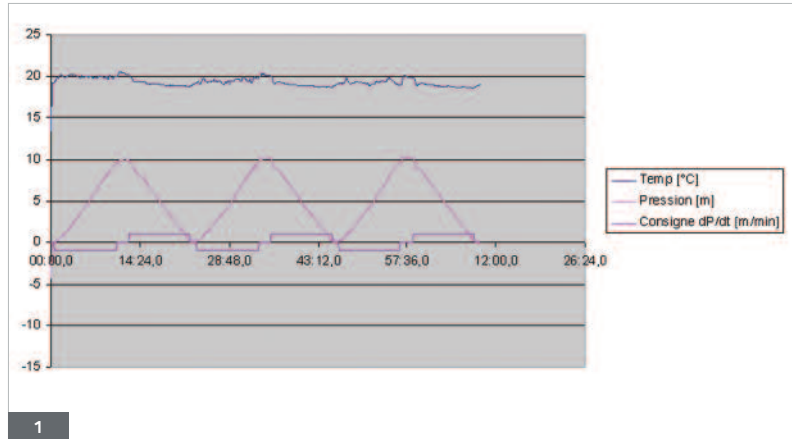
Once the treatments are completed, teeth are kept 24 hours in an environment reproducing the oral cavity (37° and 90% of humidity) before being submitted to pressure changes. Carrying out the various stages of the study within a short deadline aims at making up for the increase, in time, of the risk of tooth fracture inherent to the dentin dehydration and to the noxious effects of irrigation solutions and intra-canal medication on the dentin (Gonzaga et al., 2011).

EXPOSURE TO PRESSURE CHANGES

The cycles of pressure changes, simulating successive scuba dives, are made in the hyperbaric chamber of the team of underwater therapeutic and operational research of the armed forces biomedical research institute. At a constant temperature, each tooth is subjected to the

de l'Institut de recherche biomédicale des armées. Chaque dent est soumise à température constante aux variations de pression suivantes (fig. 1) :

- 12 plongées successives ;
- profondeur des plongées : 10 mètres (2 ATA) ;
- durée à 10 mètres : 1 minute ;
- intervalle entre les plongées : 1 minute ;
- vitesse de descente et de remontée : 10 mètres/minute.



following pressure changes (fig. 1):

- twelve successive dives,
- depth of the dives: 10 meters (2 ATA),
- time length at 10 meters: one minute,
- interval between dives: one minute,
- descent and ascent speed: 10 meters/minute.

Fig. 1. Profil des plongées.

Fig. 1. Profile of the dives.

Le profil des plongées a été choisi pour que les dents soient exposées à des variations de pression comparables à celles subies au cours d'une pratique normale de la plongée sous-marine tant en termes de profondeur que de vitesse de descente et de remontée. La pratique de variations d'immersion ou « yo-yo » est également fréquente lors de plongée à faible profondeur. À l'issue du passage en caisson hyperbare, chaque dent est photographiée et radiographiée dans les mêmes conditions et selon les mêmes incidences que lors de la phase de préparation des dents.

RÉSULTATS

Au total, 8 fractures dentaires sont survenues lors de l'exposition de dents de l'échantillon aux variations de pression (tableau 2). La caractéristique commune de l'intégralité des dents fracturées est la présence d'une boulette de coton dans la chambre pulpaire (dents du groupe II). Les fractures ont concerné les matériaux d'obturation dentaire (fig. 2) et/ou les tissus dentaires (fig. 3). En cas de survenue de ces deux types de fracture sur une même dent, la dent est considérée comme présentant une fracture dentaire. Ceci explique que le nombre total de fractures dentaires (6) est inférieur à la somme des fractures de tissu et de restauration dentaires (8).

The dives pattern was chosen so that teeth are exposed to pressure changes comparable to those occurring during a normal practice of scuba diving both in terms of depth and of descent and ascent speed. The immersion variations, called "yo-yo", is also frequent during shallow dives. After being removed from the hyperbaric chamber, each tooth is photographed and X-rayed in the same conditions and in the same views as in the phase of preparation.

RESULTS

8 dental fractures occurred during the exposure of teeth to pressure changes (chart 2). The common characteristic of all the broken teeth is the presence of a cotton ball in the pulp chamber (teeth of group II). Fractures affected the dental filling materials (fig. 2) and/or the dental tissues (fig. 3). In case both types of fracture appeared on the same tooth, the tooth is considered as presenting one dental fracture. This explains that the total number of dental fractures (six) is smaller than the amount of dental fractures of tissues and restorations (eight).

TABLEAU 2 – CHART 2

Fractures dentaires objectivées après 12 plongées.
Dental fractures visualized after 12 dives.

GROUPES ET SOUS-GROUPES CLUSTERS AND SUB-CLUSTERS		FRACTURES DENTAIRES - DENTAL FRACTURES			
		NOMBRE DE FRACTURES DE TISSU DENTAIRE (% DE L'ÉCHANTILLON) NUMBER OF DENTAL TISSUES FRACTURES (% OF THE SAMPLE)	NOMBRE DE FRACTURES D'OBTURATION DENTAIRE (% DE L'ÉCHANTILLON) NUMBER OF FRACTURES OF DENTAL FILLING (% OF THE SAMPLE)	NOMBRE TOTAL DE FRACTURES DENTAIRES (% DE L'ÉCHANTILLON) TOTAL NUMBER OF DENTAL FRACTURES (% OF SAMPLE)	
				AU SEIN DU SOUS-GROUPE WITHIN THE SUB-CLUSTER	AU SEIN DU GROUPE WITHIN THE CLUSTER
I Sans boulette de coton Without cotton ball	a – Avec Clinicem a – With Clinicem	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	b – Avec eugénate b – With eugenate	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	
II Avec boulette de coton dans la chambre pulpaire With cotton ball in the pulp chamber	a – Avec Clinicem a – With Clinicem	2 (20 %)	2 (20 %)	3 (30 %)	6 (30 %)
	b – Avec eugénate b – With eugenate	2 (20 %)	2 (20 %)	3 (30 %)	
III Avec coton uniquement au niveau des orifices canaux With cotton ball only in root canal orifices	a – Avec Clinicem a – With Clinicem	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	b – Avec eugénate b – With eugenate	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	

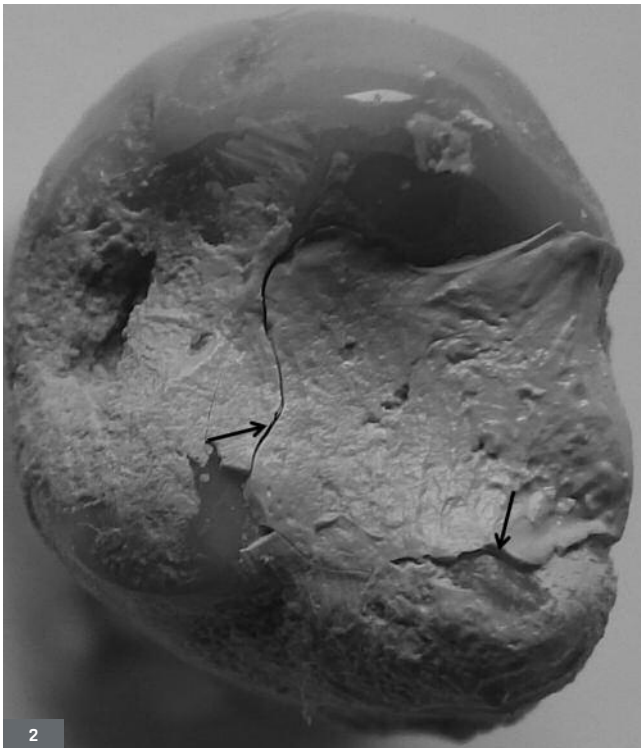


Fig. 2. Fracture et délogement du matériau d'obturation dentaire temporaire d'une dent du groupe IIb.

Fig. 2. Fracture and dislodgement of the temporary filling material in a tooth of group IIb.



Fig. 3. Fracture de tissu dentaire d'une dent du groupe IIa. (à gauche, avant passage au caisson hyperbare ; à droite, après).

Fig. 3. Fracture of the dental tissue of a tooth in group IIa. (On the left before going into the hyperbaric chamber, on the right after).

La réalisation de tests exacts de Fisher montre :

- qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p = 1$) en termes de fréquence des fractures dentaires entre les dents obturées avec un eugénate (30 %) et celles obturées avec la préparation oxyde de zinc-sulfate de calcium (30 %) ;
- qu'il y a une différence statistiquement significative ($p = 0,0008$) en termes de fréquence des fractures dentaires entre les dents préparées avec la mise en place d'une boulette de coton (30 %) et celles préparées sans boulette de coton ou avec du coton uniquement au niveau des orifices canaux (0 %).

DISCUSSION

CONFRONTATION DES RÉSULTATS AVEC LES DONNÉES DE LA LITTÉRATURE

Les résultats de notre étude montrent que la réalisation chez un plongeur sous-marin d'une obturation coronaire temporaire avec mise en place préalable d'une boulette de coton dans la chambre pulpaire d'une molaire maxillaire augmente le risque de fracture de la dent. En revanche, le choix du matériau d'obturation coronaire ne semble pas impacter le risque de survenue de fracture dentaire. Des études similaires n'ayant pas, à notre connaissance, été menées jusqu'à ce jour, ces résultats ne peuvent pas être confrontés aux données de la littérature. Cependant, ces résultats sont en adéquation avec le principe même de survenue des barotraumas, puisque la cavité créée par la mise en place de la boulette de coton est indéformable et qu'elle contient un volume de gaz à une pression ne pouvant pas s'équilibrer avec celle de la cavité buccale. De même, les données de la littérature concernant les biomatériaux montrent que la capacité des obturations provisoires à résister aux contraintes mécaniques, notamment liées aux variations de pression, est directement liée à l'épaisseur du matériau d'obturation. Plus l'épaisseur du matériau est importante, plus il sera résistant. De ce fait, la mise en place d'une boulette de coton volumineuse dans la chambre pulpaire induit à la fois la création d'une cavité au sein de la dent (sensible aux variations de pression) et une diminution de l'épaisseur, et donc de la résistance, de l'obturation venant la recouvrir.

LIMITES DE L'ÉTUDE

Une étude sur dent naturelle présente comme inconvénient le caractère unique de chaque dent (morphologie, volume) qui peut compromettre la reproductibilité des résultats (pression exercée sur des volumes de tissu dentaire et de matériau d'obturation plus ou moins importants). Cependant, cet inconvénient a été en partie comblé par l'inclusion dans l'échantillon, grâce aux critères d'inclusion et d'exclusion, de dents morphologiquement comparables. La standardisation du protocole de préparation des dents a également contribué à homogénéiser la taille de la cavité coronaire. De plus, le recours à des dents naturelles présente comme avantage par rapport à des simulateurs endodontiques en plastique de se rapprocher de conditions *in vivo* puisque les contraintes mécaniques sont appliquées sur des tissus dentaires (Stoetzer et coll., 2012). D'autres études seront cependant nécessaires pour évaluer le risque de fracture dentaire au niveau de dents présentant des chambres pulpaires plus petites que celles des molaires.

The results of the Fisher's exact test show that:

- There is no statistically significant difference ($p = 1$) in terms of frequency of dental fractures between teeth filled with eugenate (30%) and those filled with the zinc oxide/calcium sulfate preparation (30%).*
- There is a statistically significant difference ($p = 0.0008$) in terms of frequency of dental fractures between teeth prepared with the placement of a cotton ball (30%) and those prepared with no cotton ball or with some cotton placed only in the root canal orifices (0%).*

DISCUSSION

COMPARISON OF THE RESULTS WITH THE DATA FOUND IN THE LITERATURE

The results of our study show that performing in a scuba diver a temporary coronal filling with preliminary placement of a cotton ball in the pulp chamber of a maxillary molar increases the tooth fracture risk. On the other hand, the choice of the filling material does not seem to have any impact on the risk of occurrence of dental fractures. Since no other similar studies have been conducted yet to our knowledge, these results cannot be compared with data of the literature. However, these results match the very principle of barotraumas because the cavity created by the placement of the cotton ball is indeformable and because it contains a gas volume with a pressure which can not balance with the oral cavity pressure. Also, the data of the literature concerning biomaterials show that the capacity of the temporary filling to resist the mechanical stress, particularly due to pressure changes, is directly connected to the thickness of the filling material. The thicker the material is, the more resistant it will be. Therefore, placing a voluminous cotton ball in the pulp chamber results both in the creation of a cavity within the tooth (sensitive to pressure changes) and in a reduction of the thickness, and thus of the resistance, of the filling capping the cavity.

LIMITATIONS OF THE STUDY

*A study on natural teeth must take into account the unique specificity of every tooth (morphology, volume) which can compromise the reproducibility of the results (pressure applied on more or less important volumes of dental tissues and filling material). However, this inconvenience was partially compensated by the inclusion in the sample, thanks to the inclusion and exclusion criteria, of morphologically similar teeth. The standardization of the protocol for the preparation of teeth also contributed to homogenize the size of the coronal cavity. Besides, using natural teeth has the advantage, compared with endodontic plastic models, to better reproduce *in vivo* conditions since mechanical constraints are applied to dental tissues (Stoetzer et al., 2012). Other studies will however be necessary to*

Le nombre restreint de matériaux d'obturation utilisés constitue également une limite de l'étude. Cependant, les deux types de matériaux testés sont les plus fréquemment utilisés en interséance de traitement endodontique (Gonzaga et coll., 2011). D'autres études seront à mener en incluant notamment les ciments verre ionomère conventionnels (CVIC) et ceux modifiés par adjonction de résine (CVIMAR). Ces matériaux ont des propriétés mécaniques, notamment la résistance à la compression, nettement supérieures à celles des eugénates et des ciments type CAVIT (5 Mpa pour le CAVIT, contre 24 à 200 pour les CVIMAR) (Uranga et coll., 1999; Zaia et coll., 2002).

RECOMMANDATIONS POUR LES PLONGEURS SOUS-MARINS

De nombreux traitements et pathologies dentaires peuvent impacter la capacité des plongeurs sous-marins à pratiquer leur activité en toute sécurité (Zadik et Drucker, 2002). Dans le domaine de l'endodontie, les performances du plongeur peuvent être altérées par les douleurs pré- et postopératoires, par l'anesthésie locale ou locorégionale, par la prise de traitements médicamenteux, etc. (Zadik et Drucker, 2011). C'est pourquoi certains auteurs recommandent de ne pas pratiquer la plongée sous-marine dès la pose du diagnostic justifiant le traitement endodontique jusqu'à 24 heures après la disparition des symptômes après traitement définitif (Rossi, 1995). Cette restriction de plongée peut s'avérer pénalisante pour les plongeurs professionnels. C'est pourquoi, concernant les obturations provisoires utilisées en interséance de traitement endodontique, il pourrait être recommandé, sur la base des résultats de notre étude :

- de mettre en place sous l'obturation temporaire une petite boulette de coton uniquement au niveau de chaque orifice canalaire lorsque les canaux ne sont pas obturés définitivement ;
- de placer le matériau d'obturation temporaire directement au contact de la gutta lorsque les canaux sont obturés définitivement.

Les chirurgiens-dentistes pourraient également informer leurs patients pratiquant la plongée sous-marine de l'importance de vérifier l'intégrité de leurs obturations temporaires en bouche avant et après chaque plongée (Sivakumar et coll., 2013). En cas de détérioration de l'obturation (fracture, délogement, etc.), le patient devrait surseoir à sa plongée et consulter son chirurgien-dentiste (Sivakumar et coll., 2013).

CONCLUSION

La mise en place d'une boulette de coton dans la chambre pulpaire sous une obturation coronaire temporaire se traduit par la création d'une cavité remplie d'air. Cette cavité étant indéformable, la pression du gaz contenu dans cette cavité ne peut pas s'équilibrer avec la pression de la cavité buccale qui varie au cours de la plongée sous-marine. Dans le cadre de notre étude, ce gradient de pression s'est traduit par la fracture de 6 dents (6/20, 30 %) alors qu'aucune fracture n'a été relevée au niveau des dents ne présentant pas de cavité (0/40, 0 %). Sur la base des résultats de cette étude exploratoire, il apparaîtrait licite de recommander, lorsque le patient doit plonger entre les séances d'un traitement endodontique, de limiter la mise en place de coton dans la chambre pulpaire aux seules entrées

assess the risk of dental fracture on teeth with smaller pulp chambers than molars. The small number of tested filling materials is also a limitation of the study. However, both types of tested materials are the most frequently used between sessions of endodontic treatment (Gonzaga et al., 2011). Other studies need to be conducted, including conventional glass ionomer cements (GIC) and resin modified glass ionomer cements (RMGIC). These materials have mechanical properties, particularly the compression resistance, considerably superior to those of eugenates and cements like CAVIT (5Mpa for CAVIT versus 24 - 200 for RMGIC (Uranga et al., 1999; Zaia et al., 2002).

RECOMMENDATIONS TO SCUBA DIVERS

Many treatments and dental pathologies can have an impact on the scuba divers' capacity to practice their activity in complete safety (Zadik and Drucker, 2011). In the field of endodontics, the performances of the diver can be altered by pre- and post-operative pains, by local or locoregional anesthetics, by the administration of medicinal treatments, etc. (Zadik et Drucker, 2011). That is why several authors recommend to avoid scuba diving from the day of the diagnosis justifying the endodontic treatment until 24 hours after the disappearance of the symptoms following the final treatment (Rossi in 1995). This restriction may be difficult for professional divers. That is why, concerning the temporary filling used between sessions of endodontic treatment, it might be recommended, considering the results of our study:

- to place under the temporary restoration a small cotton ball only in each root canal orifice when canals are not definitively filled.*
- to place the material of temporary filling directly in contact with the gutta-percha when canals are definitively filled.*

Dental surgeons could also inform their patients practicing scuba diving of the importance to check the integrity of their temporary fillings in mouth before and after every dive (Sivakumar et al., 2013). In case of a deteriorated obturation (fracture, dislodgement, etc.), the patient should postpone his/her dive and consult his/her dental surgeon (Sivakumar et al., 2013).

CONCLUSION

Placing a cotton ball in the pulp chamber under a temporary coronal filling creates a cavity filled with air. As this cavity is indeformable, the gas pressure contained in this cavity cannot compensate for the pressure in the oral cavity which varies during scuba diving. Within the framework of our study, this pressure gradient provoked the fracture of 6 teeth (6/20 (30%)) while no fracture was found on teeth presenting no cavity (0/40 (0%)). On the basis of the results of this exploratory study, it would seem wise to recommend, when the patient must dive between two sessions of an endodontic treatment, to place the cotton ball in the pulp chamber only in the

canalaires ou de ne pas utiliser de coton. En revanche, le choix du matériau d'obturation (Clinicem® ou eugénate) n'impacterait pas le risque de survenue de fractures dentaires. Des études complémentaires permettront d'affiner ces recommandations en incluant d'autres types de dents et de matériaux d'obturation provisoire et de déterminer si elles devraient également être appliquées aux patients exposés à des variations de pression en milieu hypobare (aéronautique).

Demande de tirés-à-part :

Mathieu Gunepin

**Équipe résidente de recherche subaquatique opérationnelle
de l'Institut de recherche biomédicale des armées**

BP 600

83800 Toulon Cedex 9

canal orifices or even to avoid using cotton. The choice of the filling material (Clinicem® or eugenate) does not seem to have an impact on the risk of dental fractures. Further studies will allow to specify these recommendations by including other types of teeth and temporary filling materials and to determine if they should also be applied to patients exposed to pressure changes in hypobaric environment (aeronautics).

Traduction : Marie Chabin

Bibliographie

ÉTUDE EXPLORATOIRE *IN VITRO* DE L'IMPACT DES VARIATIONS DE PRESSION SUR LES OBTURATIONS CORONAIRES TEMPORAIRES RÉALISÉES EN INTERSÉANCE DE TRAITEMENT ENDODONTIQUE

- GUNEPIN M., DERACHE F., ZADIK Y., RISSO J.J., BLATTEAU J.E., RIVIÈRE D. – Sport des profondeurs : fractures dentaires induites par des variations de pression. *Information dentaire* 2012;94(22):41-5. Cat 1
- CALDER I.M., RAMSEY J.D. – Odontocrexis – The effects of rapid decompression on restored teeth. *Journal of Dentistry*. 1984;11(4):318–23. Cat 2
- BRANDT M.T. – Oral and maxillofacial aspects of diving medicine. *Mil Med* 2004;169:137–41. Cat 1
- STEWART JR T.W. – Common otolaryngologic problems of flying. *Am Fam Physician* 1979;19:113–9. Cat 1
- GUNEPIN M., AUDOUAL T., DERACHE F., ZADIK Y. – Barotraumatismes dentaires en milieu hypobare – étiologies et prévention. *Inf Dent* 2010;11:24–8. Cat 1
- HOLLOWATYJ R.E. – Barodontalgia among flyers: a review of seven cases. *J Can Dent Assoc* 1996;62:578–84. Cat 4
- JAGGER R.G., JACKSON S.J., JAGGER D.C. – In at the deep end - an insight into scuba diving and related dental problems for the GDP. *Br Dent J* 1997;183:380–2. Cat 1
- JAGGER R.G., SHAH C.A., WEERAPPERUMA I.D., JAGGER D.C. – The prevalence of orofacial pain and tooth fracture (odontocrexis) associated with SCUBA diving. *Prim Dent Care* 2009;16:75–8. Cat 1
- Zanotta C., Dagassan-Berndt D., Nussberger P., Walimo T., Filippi A. – Barodontalgias, dental and orofacial barotraumas: a survey in Swiss divers and caisson workers. *Swiss Dent J* 2014;124(5):510-9. Cat 1
- Gunepin M., Derache F., Blatteau J.E., Dychter L., Nakdimon I., Zadik Y. – Dental barotrauma in French military divers: results of the POP study. *Journal of Aviation Medicine and Human Performance*. 2015;86(7):652-5. Cat 1
- PEKER I., ERTEN H., KAYAAGLU G. – Dental restoration dislodgment and fracture during scuba diving: a case of barotrauma. *J Am Dent Assoc* 2009;140(9):1118–21. Cat 4
- KLECHAK T.L. – Dental barotraumas of diving. *Fla Dent J* 1987;58:10–1. Cat 3
- MELIET J.L. – Éléments de médecine de la plongée. Barotraumatismes de l'oreille moyenne. Les odontalgies barotraumatiques. *Med Sub Hyp* 1989;8:8–18. Cat 3
- LEITCH D.R. – Complications of saturation diving. *J R Soc Med* 1985;78:634–7. Cat 3
- ZADIK Y., EINY S., POKROY R., BAR DAYAN Y., GOLDSTEIN L. – Dental fractures on acute exposure to high altitude. *Aviat Space Environ Med* 2006;77:654–7. Cat 1
- GROSS M., ELIASHAR R. – Otolaryngological aspects of orofacial pain. In: Sharav Y, Benoliel R, editors. *Orofacial pain and headache*. Edinburgh: CV Mosby; 2008. p. 91–107. Cat 3
- HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ. – Bon usage des technologies de santé. Traitements endodontiques. Novembre 2008. Accessible le 8 mai 2016 sur http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009_01/fiche_butm_traitement_endodontique.pdf. Cat 1
- HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ. – Service évaluation des actes professionnels. Traitement endodontique. Rapport d'évaluation technologique. Septembre 2008. Accessible le 8 mai 2016 sur http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport_traitement_endodontique.pdf. Cat 1
- BARTHEL C., ZARITKI F., RAAB W., ZIMMER S. – Bacterial leakage in roots filled with different medications and sealed with caviti. *J Endod* 2006;32(12):127–9. Cat 2
- KOAGEL S.O., MINES P., APICELLA M., SWEET M. – *In vitro* study compare to coronal microleakage of tempit ultraf. tempit, irm, and caviti by using the fluid transport model. *J Endod* 2008;34(4):442–4. Cat 2
- YUN S.M., KARANXHA L., KIM H.J., JUNG S.H., PARK S.J., MIN K.S. – Coronal microleakage of four temporary restorative materials in Class II-type endodontic access preparations. *Restorative dentistry and endodontics*. 2012. ISSN 2234-7658 (print). Accessible le 5 mars 2016 sur <http://dx.doi.org/10.5395/rde.2012.37.1.29>. Cat 2
- JUNG D.H., NOH Y.S., LEE H.D., CHANG H.S., RYU H.W., MIN K.S. – Microleakage of endodontic temporary restorative materials under dynamic loading. *J Korean Acad Cons Dent* 2008;33:198–203. Cat 2
- LEE Y.C., YANG S.F., HWANG Y.F., CHUNG K.H. – Microleakage of endodontic temporary restorative materials. *J Endod* 1993;19:516–520. Cat 2
- LAI Y.Y., PAI L., CHEN C.P. – Marginal leakage of different temporary restorations in standardized complex endodontic access preparations. *J Endod* 2007;33:875–878. Cat 2
- CRUZ E.V., SHIGETANI Y., ISHIKAWA K., KOTA K., IWAKU M., GOODIS H.E. – A laboratory study of coronal microleakage using four temporary restorative materials. *Int Endod J* 2002;35:315–320. Cat 2
- UCTASLI M.B., TINAZ A.C. – Microleakage of different types of temporary restorative materials used in endodontics. *J Oral Sci* 2000;42:63–67. Cat 2
- MARTIN D. – La temporisation endoprothétique : aspects cliniques. *Réalités cliniques* 2004;15(1):55–66. Cat 3
- TRONSTAD L., ASBJOR NSEN K., DOVING L., PEDERSEN I., ERIKSEN H.M. – Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 2000;16:218–221. Cat 1
- MESSER H.H., WILSON P.R. – Preparation for restoration and temporization. In : *Principles and practice of endodontics*. 2nd ed. W.B. Saunders Co, Philadelphia, USA, 260–276, 1996. Cat 3
- CIFTCI A., VARDARLI D.A., SONMEZ I.S. – Coronal microleakage of four endodontic temporary restorative materials: an *in vitro* study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e67–70. Cat 2
- MADARATI A., REKAB M.S., WATTS D.C., QUALTROUGH A. – Time dependence of coronal seal of temporary materials used in endodontics. *Aust Endod J* 2008;34:89–93. Cat 2
- BURROW M.F., NOPNAKEEPPONG U., PHRUKKANON S. – A comparison of microtensile bond strengths of several dentine bonding systems to primary and permanent dentine. *Dent Mater* 2002;18:239–245. Cat 2
- ANDERSON R.W., POWELL B.J., PASHLEY D.H. – Microleakage of temporary restorations in complex endodontic access preparations. *J Endod* 1989;15:526–529. Cat 2
- CRUZ E.V., SHIGETANI Y., ISHIKAWA K., KOTA K., IWAKU M., GOODIS H.E. – A laboratory study of coronal microleakage using four temporary restorative materials. *Int Endod J* 2002;35:315–320. Cat 2
- UCTASLI M.B., TINAZ A.C. – Microleakage of different types of temporary restorative materials used in endodontics. *J Oral Sci* 2000;42:63–67. Cat 2
- TEPLITSKY P.E., MEIMARIS I.T. – Sealing ability of Caviti and TERM as intermediate restorative materials. *J Endod* 1988;14:278–282. Cat 2
- SHEMESH H., SOUZA E.M., WU M.K., WESSELINK P.R. – Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model. *Int Endod J* 2008;41:869–872. Cat 2
- JENSEN A.L., ABBOTT P.V., CASTRO SALGADO J. – Interim and temporary restoration of teeth during endodontic treatment. *Australian Dent J Supp* 2007;52(1Suppl):S83–99. Cat 1
- DILLARD C.R., BARFIELD R.D., TILASHALSKI K.R., CHAVERS L.S., ELEAZER P.D. – Comparison of endodontist versus generalist regarding preference for postendodontic use of cotton pellets in pulp chamber. 2002 Sep;28(9):656–7. Cat 1
- NAOUM H.J., CHANDLER N.P. – Temporization for endodontics. *Int Endod J* 2002;35(12):964–78. Cat 1
- GONZAGA C.C., DE CAMPOS E.A., BARATTO-FILHO F. – Restoration of endodontically treated teeth. *RSBO*. 2011 Jul-Sep;8(3):e33–46. Cat 1
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. – Coronal Leakage: Clinical and Biological Implications in Endodontic Success Endodontics: Colleagues for Excellence. Fall/Winter 2002. Cat 3
- ZMENER O., BANEGAS G., PAMEIZER C. – Coronal microleakage of three temporary restorative materials: an *in vitro* study. *J Endod* 2004;30(8):582–4. Cat 2
- STOETZER M., RUECKER M., KOCH A., ZIEBOLZ D., KOKEMÜLLER H., KAEMPF C., GELLRICH N.C., VON SEE C. – *In vitro* effects of external pressure changes on the sealing ability under simulated diving conditions. *ISRN Dentistry*. Volume 2012. Article ID 418609. 5 pages doi:10.5402/2012/418609. Cat 2
- URANGA A., BLUM J.Y., ESBER S., PARAHY E., PRADO C. – A comparative study of four coronal obturation materials in endodontic treatment. *J Endod* 1999;25:178–180. Cat 2
- ZAIA A.A., NAKAGAWA R., DE QUADROS I., GOMES B.P., FERRAZ C.C., TEIXEIRA F.B., SOUZA-FILHO F.J. – An *in vitro* evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. *Int Endod J* 2002;35:729–734. Cat 2
- ZADIK Y., DRUCKER S. – Diving dentistry: a review of the dental implications of scuba diving. *Aust Dent J* 2011;56:265–71. Cat 1
- ROSSI D.G. – Health Policy Directive No. 411. Aviation and diving – dental considerations. Surgeon General, Australian Defence Force. 1995. Cat 1
- SIVAKUMAR J.S., SURESH KUMAR B.N., SHYAMALA P.V. – Role of provisional restorations in endodontic therapy. *J Pharm Bioallied Sci* 2013 Jun; 5(Suppl 1): S120–S124. Cat 1