

# Pour une détermination rationnelle de la longueur de travail en endodontie.

## Mots clés :

Longueur de travail  
Foramen  
Jonction cémento-dentinaire  
Constriction apicale  
Localisateurs d'apex électroniques  
Radiographie rétro alvéolaire

## Keywords:

Working length  
Foramen  
Dentinoemental junction  
Apical constriction  
Apex locator  
Retro alveolar radiography

## For a rational evaluation of working length in endodontics.

**MARIA FENNICH\*, MAJID SAKOUT\*\*, FAÏZA ABDALLAOUI\*\*\***

\*Professeur assistante en odontologie conservatrice.

\*\*Professeur de l'enseignement supérieur en odontologie conservatrice.

\*\*\*Professeur de l'enseignement supérieur en odontologie conservatrice – Chef du service d'odontologie conservatrice.

## RÉSUMÉ

La détermination de la longueur de travail est une étape clé en endodontie. Elle permet d'opérer strictement dans l'endodonte tout en respectant les structures périapicales au cours des phases de la mise en forme et de l'obturation canalair.

Ce travail se propose :

- de préciser le choix de la limite apicale en fonction de la situation clinique ;
- de passer en revue les différentes techniques dont dispose le praticien pour la détermination de la longueur de travail ;
- de proposer l'association de techniques permettant une détermination optimale de la longueur de travail au cours des différentes phases de la séquence endodontique.

## ABSTRACT

The determination of working length is a key step in endodontics. It allows to operate strictly within the endodontics space while respecting the periapical structures during the stages of shaping and filling.

This article will:

- specify the choice of the apical limit depending on the clinical situation;
- review the available techniques to determine the working length;
- and finally, select the combination of techniques for an accurate determination of working length during the different stages of the endodontic sequence.

## Introduction

L'objectif du traitement endodontique est de réaliser le nettoyage, la mise en forme et l'obturation du système canalaire tout en respectant les structures périapicales. Ceci n'est possible que grâce à une détermination précise de la longueur de travail.

Toutefois, deux questions se posent :

- quelle limite apicale choisir ?
- comment la localiser ?

Nous allons tenter de répondre à ces questions, tout en gardant à l'esprit que toute limite apicale est difficile à détecter en pratique et que les moyens dont nous disposons pour la localiser ne sont pas nombreux.

Mais tout d'abord, nous commencerons par passer en revue les structures anatomiques qui vont servir de repères pour la détermination de la longueur de travail.

## Structures anatomiques en présence

■ **Apex anatomique ou vertex de la racine** : c'est le dôme apical, à savoir le point culminant de la racine, qui est le point le plus éloigné de la couronne (Beer et coll., 2008 ; Dahan et coll., 2010).

■ **Apex radiographique** : c'est le point le plus apical de la racine apparaissant sur le cliché radiographique. Il peut être différent de l'apex anatomique dans les cas de courbures radiculaires apicales (Beer et coll., 2008).

■ **Foramen apical** : c'est l'orifice de sortie du canal principal au niveau de la surface radiculaire. Il serait situé à l'apex anatomique dans 27,7% des cas (Harran et coll., 2003), mais il est le plus souvent excentré à une distance de 0,48 mm de celui-ci chez le sujet jeune et de 0,6 mm chez le sujet âgé (Kuttler 1955).

■ **Jonction cémento-dentinaire** : c'est une structure histologique qui correspond au lieu de confluence du cément et de la dentine au niveau apical du canal radiculaire. Elle est constituée d'une part par la dentine intracanaulaire, d'autre part par le cément qui recouvre la surface radiculaire externe, s'invagine dans le canal à travers le foramen et remonte sur quelques centièmes de millimètres dans le canal ; sa situation est variable.

La jonction cémento-dentinaire sépare le canal radiculaire en deux cônes, s'opposant par leurs pointes : un cône dentinaire situé coronairement par rapport à cette jonction et un cône cémentaire situé apicalement (Simon et coll., 2009).

## Introduction

The aim of the endodontic treatment is to perform the cleaning, shaping and closing of the canal system while respecting the periapical structures. This goal is only achievable thanks to a precise determination of the working length.

However, two questions arise:

- Which apical limit should we choose?
- How can we localize it?

We are going to try to answer these questions, while keeping in mind that any apical limit is practically difficult to detect and that there are only a few ways of localizing it.

But first of all, we shall start with a review of the anatomical structures likely to be used as marks to determine the working length.

## Existing anatomic structures

■ **Anatomic apex or vertex of the root**: it is the apical dome, i.e the peak of the root, which is the most remote point from the crown (Beer and coll., 2008; Dahan et al., 2010).

■ **The radiographic apex** is the point where the root apex appears on the film. It can be different from the anatomic apex in case of apical root curvatures (Beer et al., 2008).

■ **The apical foramen** is the opening at or near the apex of the root, giving passage to the vascular, lymphatic, and neural structures supplying the pulp. In 27,7% of cases, the apical foramen is located next to the anatomic apex (Harran et al., 2003), but it is mostly off-centered at a distance of 0,48 mm of the anatomic apex in young patients and 0,6 mm in the elderly (Kuttler 1955).

■ **The dentinocemental junction**: it is the histological structure where the cementum and dentin of the root are joined. It is made on one hand of intracanal dentin and on the other hand of the cement which covers the external radicular surface, infolds the canal through the foramen and grows on some hundredths of millimeters in the canal; its location is variable.

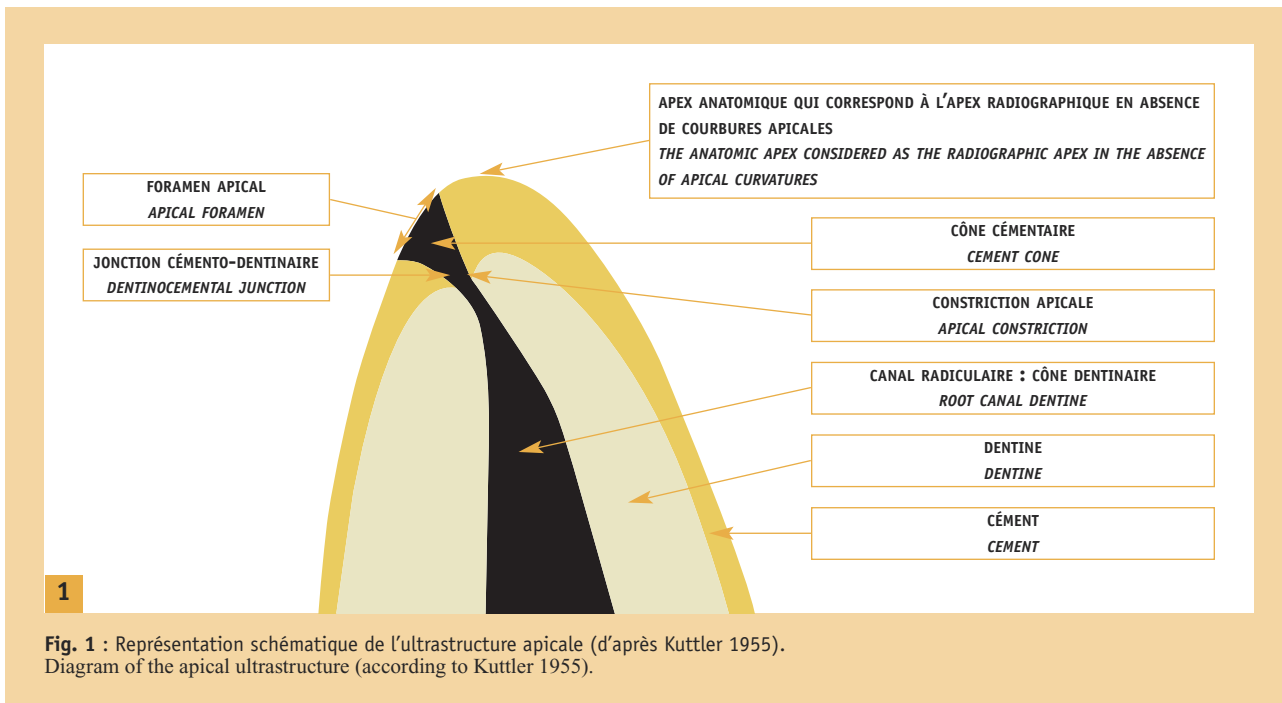
The dentinocemental junction divides the root canal into two cones, with opposite peaks: a dentine cone coronally placed to this junction and a cement cone, apically situated (Simon et al., 2009).

La situation de la jonction cémento-dentinaire serait située entre 0,5 et 0,75 mm coronairement par rapport au foramen apical (Ricucci et Langeland, 1998).

■ **Constriction apicale** : c'est la zone la plus étroite ou rétrécie de la section du canal (Dahan 2010). Elle se situerait à la jonction cémento-dentinaire ou très près de cette dernière et à une distance du foramen apical : de 0,5 mm chez le sujet jeune et de 0,8 mm chez le sujet âgé (in Hulsmann et Schaffer, 2009) et à 0,89 mm de l'apex anatomique (Dummer et coll., 1984).

The dentinocemental junction is coronally situated between 0.5 and 0.75 mm to the apical foramen (Ricucci and Langeland, 1998).

■ **The apical constriction**: it is the narrowest or shrunk point of the root canal (Dahan 2010). It is generally situated in the dentinocemental junction or very close to it and at the following distances of the apical foramen: 0,5 mm in the young patient and 0,8 mm in the senior (in Hulsmann and Schaffer, 2009) and at 0,89 mm of the anatomic apex (Dummer et al., 1984).



## Quelle limite apicale choisir ?

Le choix de la limite apicale est l'un des points les plus importants et les plus controversés en endodontie. En effet, le concept qui consiste à confiner la préparation à l'espace canalaire sans dépassement instrumental fait l'unanimité. En revanche, les opinions divergent en ce qui concerne la limite qu'il convient d'adopter.

■ **Jonction cémento-dentinaire** : de nombreux auteurs, notamment Kuttler (1955) et Harran Ponce. (2003), ont proposé de limiter les manœuvres endodontiques à la jonction cémento-dentinaire, car c'est à ce niveau que se termine l'endodonte et commence le parodonte. Il conviendrait donc d'arrêter la mise en forme à ce niveau et de laisser le cône cémentaire libre afin de permettre une réparation cémentaire après traitement endodontique.

## Which apical limit should we choose?

The choice of the apical limit is one of the most important and controversial matters in endodontics. Indeed, the concept consisting in sticking to the preparation for the root canal with no instrumental exceeding is unanimous. On the other hand, opinions diverge concerning the choice of the appropriate limit.

■ **Dentinocemental junction**: many authors - in particular: Kuttler (1955) and Harran Ponce (2003)- are in favor of limiting endodontic operations in the dentinocemental junction because it is where endodontic ends and periodontium begins. It would thus be appropriate to stop the shaping at this level and leave free the cement cone to allow a cement repair after the endodontic treatment.

■ **Constriction apicale** : il s'agit d'un rétrécissement du canal qui représente une barrière naturelle à ne pas franchir en direction apicale. De ce fait, la constriction apicale semble être une limite apicale idéale destinée à servir de matrice pour appuyer le matériau d'obturation et éviter tout dépassement de celui-ci. Cette structure pourrait coïncider avec la jonction cémento-dentinaire ou être située très près de cette dernière (Beer et coll., 2008 ; Hulsmann et Schaffer, 2009 ; Ricucci et Langeland, 1998).

La situation de ces limites apicales idéales est sujette à des variations qui peuvent être d'ordre anatomique, physiologique ou pathologique.

■ **Variations anatomiques** : la jonction cémento-dentinaire est une structure histologique qui ne peut être située cliniquement (Harran et coll., 2003).

■ **Variations physiologiques** : avec l'âge, l'épaisseur cémentaire augmente, ce qui éloigne la jonction cémento-dentinaire et la constriction apicale de l'apex (anatomique et radiographique).

■ **Variations pathologiques** : l'inflammation pulpaire totale et encore plus les parodontites apicales, s'accompagnent de résorption concernant l'os alvéolaire, le ciment et la dentine intracanalaires. La jonction cémento-dentinaire et la constriction apicale peuvent donc être touchées par la résorption.

Finalement, la jonction cémento-dentinaire ne pouvant être localisée, des structures détectables ont été proposées pour déterminer la longueur de travail. Il s'agit de l'apex radiographique mis en évidence à la radiographie et du foramen apical ou la constriction apicale détectés grâce au localisateur électronique (Beer et coll., 2008 ; Hulsmann et Schaffer, 2009).

■ **L'apex radiographique** : Gordon et Chandler (2004) préconisent une limite apicale située entre 1 et 2 mm de l'apex radiographique. Pour Trope et Debelian (2005), les taux de succès les plus élevés, suite aux traitements endodontiques seraient obtenus pour les dents vivantes, dont la limite apicale était située entre 1 et 2 mm de l'apex radiographique. En présence d'une résorption radiculaire, lorsque celle-ci est en biseau, on tient compte de la paroi la plus courte.

■ **Le foramen apical** : cette structure pourrait être localisée par une mesure électronique grâce à un localisateur d'apex (Root ZX de Morita). Toutefois, il existe deux courants de pensée concernant la limite apicale par rapport au foramen. En effet, on peut s'arrêter en deçà du foramen (à 0,5 mm) pour éviter de l'élargir et entraîner des dépassements du matériau d'obturation. On peut aussi choisir le foramen comme limite apicale et bâtir une conicité régulière à partir de celui-ci, à condition de maintenir le diamètre initial du

■ **Apical constriction**: it is a shrinkage of the canal which represents a natural barrier which must not be crossed in apical direction. Therefore, the apical constriction seems to be the ideal apical limit to be used as a matrix to support the closing material and avoid any overfilling. This structure could coincide with the dentinocemental junction or be situated very close to it (Beer et al., 2008; Hulsmann and Schaffer, 2009; Ricucci and Langeland, 1998).

The location of these ideal apical limits can vary depending on anatomic, physiological or pathological factors.

■ **Anatomic variations**: the dentinocemental junction is a histological structure which cannot be clinically situated (Harran et al., 2003).

■ **Physiological variations**: over the years, the cement thickness increases, and this phenomenon takes away the dentinocemental junction from the apical constriction of the apex (anatomic and radiographic).

■ **Pathological variations**: total pulp inflammation and above all apical periodontitis, come along with an alveolar bone, cement and intracanal dentin resorption. The dentinocemental junction and the apical constriction can thus be affected by the resorption.

Finally, as the dentinocemental junction cannot be located, detectable structures may help to determine the working length. Those are the radiographic apex shown by radiographs and the apical foramen or the apical constriction detected with the electronic apex locator (Beer et al., 2008; Hulsmann 2009).

■ **The radiographic apex**: Gordon and Chandler (2004), recommend an apical limit situated between 1 and 2 mm of the radiographic apex. For Trope and Debelian (2005), the highest success rates following endodontic treatments would be obtained on live teeth with apical limits between 1 and 2mm of the radiographic apex. In presence of a root resorption, when roots are beveled, we take into account the shortest dental wall.

■ **The apical foramen**: this structure could be localized by an electronic measure with the help of an apex locator (Root ZX from Morita). However, there are two trends concerning the apical limit related to the foramen. Indeed, we can stop below the foramen (at 0,5mm) to avoid widening it and cause an overfilling of the closing material. We can also choose the foramen as the apical limit and build a regular conicity from this one, provided that the initial foramen diameter is maintained. This attitude avoids us to leave a non-instrumented apical area

foramen. Cette attitude nous évite de laisser une zone apicale non instrumentée abritant des bactéries et des copeaux de dentine issus de la préparation et risquant de former un bouchon apical (Simon et coll., 2009).  
Finalement, une fois la structure qui va servir de limite apicale de préparation et d'obturation canalaire choisie, comment la localiser pour déterminer la longueur de travail ?

## De quelles techniques disposons-nous pour la détermination de la longueur de travail ?

La sensibilité apicale (basée sur la détermination du point de douleur apical) et la sensibilité tactile (basée sur la sensation de constriction ressentie, lors de la progression d'un instrument de cathétérisme, dans le canal, juste avant la sensation de chute ressentie dans la région du foramen) sont des méthodes non fiables. Nous retiendrons, pour déterminer la longueur de travail, les techniques radiographique et électronique.

### La détermination radiographique de la longueur de travail

#### ■ Principe

Le principe consiste à prendre une radiographie lime en place dans le canal et à situer la position de cette lime par rapport à l'apex radiographique. La technique des plans parallèles de Mac Cormak est préférable à la technique de la bissectrice car elle limite les déformations à condition d'utiliser un angulateur pour respecter le parallélisme (Nekoofar et coll., 2006). Concernant l'incidence, une incidence orthogonale doit être complétée par une autre excentrée de 15 à 20° en mésial ou en distal afin de détecter d'éventuelles variations du système canalaire tels les dédoublements, les racines courbes et superposées (Hulsmann et Schaffer, 2009).

#### ■ Radiographie analogique ou numérique ?

Avec une définition, actuellement *a priori* comparable, il est préférable d'opter pour la radiographie numérique qui permet, outre la réduction de la dose d'irradiation :

- un gain de temps avec l'affichage quasi instantané de l'image radiographique sur l'écran ce qui présente un intérêt pour l'étape de la radiographie lime en place ;
- des possibilités de traitements informatiques de l'image radiographique obtenue notamment par le réglage des contrastes pour mieux visualiser l'extrémité de l'instrument dans le canal (Lasfargues et coll., 2008).

sheltering bacteria and dentin shavings stemming from the preparation likely to form an apical stop (Simon et al., 2009).

Once the structure that is going to be used as the apical limit for preparation and canal closure has been chosen, how can we localize it to determine the working length?

## What are the existing techniques to determine the working length?

The apical sensibility (based on the determination of the apical point of pain) and tactile sensibility (based on the constriction sensation felt during the progress of an instrument for catheterization in the canal just before the sensation of fall felt in the foramen region) are not reliable methods. To determine the working length, we should rather stick to the radiographic and electronic techniques.

### Radiographic determination of the working length

#### ■ Theory

This method consists in taking a radiography with a file marker in the canal to determine the position of the file in relation to the radiographic apex. Mac Cormak's paralleling technique is more accurate than the bisecting angle technique because it reduces distortions provided that we use an angulator to respect the parallelism (Nekoofar et al., 2006). About the incidence: an orthogonal incidence must be completed by another one, off-centered from 15 to 20 ° mesial or distal to detect possible variations of the root canal system such as halved, curved and superimposed roots (Hulsmann and Schaffer, 2009).

#### ■ Analogical or digital radiography?

With a very similar resolution, it's however better to opt for the digital radiography which, besides the reduction in the radiation dose, allows:

- A saving of time with an almost immediate display of the radiographic image on the screen, which is quite interesting for the radiography with an endo file marker.
- Possibilities of processing the radiographic image thanks to the regulation of contrasts giving a better display of the instrument tip in the canal (Lasfargues et al., 2008).

## ■ Limites de la radiographie

La principale limite de la radiographie est que la seule structure qu'elle peut déterminer est l'apex radiographique au niveau duquel le foramen n'est situé que pour des canaux parfaitement rectilignes. Dans les autres cas, il s'agit de foramen excentré dont la position latérale est à l'origine de difficultés d'interprétation à la radiographie. En effet, l'examen radiographique montre alors une longueur canalaire plus importante que la réalité (car le foramen est situé en position nettement plus coronaire que l'apex radiographique).

Ceci a été confirmé par l'étude de Palmer et collaborateurs en 1971 qui ont montré, à partir de 40 clichés radiographiques (sur lesquels la position de la lime paraissait légèrement en deçà de l'apex radiographique), que ces limes dépassaient en réalité le foramen apical dans 50% des cas (Hulsmann et Schaffer, 2009).

Ainsi, en présence de foramen excentré, la radiographie peut être à l'origine d'erreurs lors de la détermination de la longueur de travail (fig. 2 et 3).

De plus, la radiographie, du fait qu'il s'agit d'une projection bidimensionnelle d'une réalité tridimensionnelle, est à l'origine de déformations et de superpositions, notamment de structures anatomiques voisines.

D'autre part, en cas de résorption apicale externe, ces résorptions, parfois relativement régulières et horizontales, sont le plus souvent irrégulières et obliques en biseau. L'extrémité canalaire est alors très délicate à situer radiographiquement. Devant toutes ces difficultés, il est intéressant de se tourner vers une autre technique de détermination de la longueur de travail (Beer et coll., 2008; Hulsmann et Schaffer, 2009).

## ■ Radiography limits

The main limit of radiography is that the only structure it can determine is the radiographic apex where the foramen is situated only in perfectly rectilinear canals. Other cases show an off-centered foramen whose lateral position makes the radiographic interpretation difficult. Indeed, the radiography tends to show a canal longer than it is actually (because the foramen is situated in a much more coronary position than the radiographic apex).

This was confirmed by the study of Palmer and associates in 1971 which showed in 40 radiographs (where the position of the file appeared slightly below the radiographic apex), that these files actually exceeded the apical foramen in 50% of the cases (Hulsmann and Schaffer, on 2009).

When the foramen is off-centered, the radiography can thus lead to errors in the determination of the working length (fig. 2 and 3).

Furthermore, because it is a two-dimensional projection of a three-dimensional reality, the radiography may be the cause of distortions and superimposing, particularly of nearby anatomic structures.

On the other hand, in case of external apical resorptions, these resorptions, sometimes rather regular and horizontal, are in most cases irregular and beveled. The canal extremity is then very difficult to locate on a radiography. When facing all these difficulties, it may be interesting to turn to another technique of determination of the working length (Beer et al., 2008; Hulsmann and Schaffer, 2009).



2



3

**Fig. 2 :** Objectivant, un foramen excentré avec un dépassement instrumental au niveau du canal palatin. - Objectifying an off-centered foramen with an instrument exceeding in the the palatine canal zone.

**Fig. 3 :** Radiographiquement, le même instrument semble être à la « bonne longueur de travail ». On the radiography, the same instrument seems to be at "right working length".

## Détermination électronique de la longueur de travail

### ■ Principe

Toute substance oppose une certaine résistance au passage d'un courant électrique. S'appuyant sur cette idée, Custer (1918, in Ribeiro, 2012) propose une méthode électronique pour déterminer la longueur de travail. Par la suite, Suzuki (1942, in Ribeiro, 2012) a mesuré la résistance du ligament parodontal par rapport à la muqueuse buccale et a trouvé une valeur constante (6500 ohms pour une intensité de 40 mA). Ces constatations ont permis le développement du premier localisateur d'apex électronique par Sunada (1962, in Ribeiro, 2012). Ainsi, le principe des appareils de mesure électronique de la longueur de travail repose sur une diminution subite de la résistance électrique à l'approche du desmodonte (Ribeiro, 2012).

Les anciennes générations de localisateurs électroniques étaient en courant continu. La résistance subissait des variations en présence de saignement d'exsudats et d'électrolytes tels l'hypochlorite de sodium ce qui altérait la mesure (Simon et coll., 2009).

La seconde génération de localisateurs électroniques fut développée dans les années 1980. Il s'agit d'appareils qui mesuraient l'impédance suite au passage d'un courant alternatif (Kobayashi et Suda, 1994).

L'emploi du courant alternatif a permis d'améliorer la fiabilité de ces appareils même en présence des fluides (Simon et coll., 2009).

La troisième génération de localisateurs électroniques mesurait simultanément les valeurs de l'impédance à deux fréquences de courant électrique (8 kHz et 0,4 kHz) (Kobayashi et Suda, 1994).

La quatrième génération de localisateurs électroniques est la plus récente. Ces appareils mesurent, simultanément, la conductance, la capacité et la résistance électrique du courant alternatif de tension connue et d'intensité calculée en fonction de la position de la lime dans le canal. Ces appareils étant calibrés pour localiser spécifiquement la zone de la constriction apicale du canal, ils permettent de la localiser de façon reproductible (De Vaconcelos et coll., 2010).

Les appareils actuels appartiennent à cette génération. Bien que certains auteurs et surtout certains fabricants parlent de cinquième génération, le terme de génération ne serait pas approprié pour classer les localisateurs d'apex modernes, dont le principe de fonctionnement n'est pas fondamentalement différent; il s'agirait juste d'un argument commercial (Nekoofar et coll., 2006).

Concernant les structures détectées par les localisateurs d'apex, dans le canal radiculaire, l'impédance de l'électrode est élevée. Son maximum serait atteint au

## Electronic Determination of the working length

### ■ Theory

Any substance sets a certain resistance to the passage of an electric current. Starting from this idea, Custer (1918) (in Ribeiro 2012), suggests an electronic method to determine the working length. Suzuki (1942) (in Ribeiro 2012) then measured the resistance of the periodontal ligament to the oral mucous membrane and found a constant value (6500 ohms for an intensity of 40 my). These observations have led to the development of the 1<sup>st</sup> electronic apex locator by Sunada (1962) (in Ribeiro 2012). The use of electronic measuring devices to determine the working length thus relies on a sudden decrease in the electric resistance when coming close to the periodontium (Ribeiro 2012).

The former generations of electronic locators were in direct electric current. The resistance varied in the presence of exudate bleedings and electrolytes such as the sodium hypochlorite and these variations altered the measures (Simon et al., 2009).

The second generation of electronic locators was developed in the 1980s. Those devices measured the impedance to the passage of an alternating current (Kobayashi, 1994).

The use of alternating current enabled to improve the reliability of those devices even in the presence of fluids (Simon et al., 2009).

The 3<sup>rd</sup> generation of electronic locators simultaneously measured the impedance values to 2 frequencies of electric current (8 KHZ and 0.4 KHZ) (Kobayashi et al., 1994).

The 4<sup>th</sup> generation of electronic locators is the most recent one. Those devices simultaneously measure the conductance, capacity and electric resistance of the alternating current at a given tension, and the intensity calculated according to the position of the file in the root canal. Being calibrated to specifically locate the apical constriction zone of the canal, those devices can locate it in a reproducible way (Of Vaconcelos et al., 2010).

The current devices belong to this generation. Although a few authors and particularly some manufacturers speak about a 5th generation, the term "generation" is not really suited to classify the modern electronic apex locators, because the technology is not fundamentally different; it is rather a commercial argument (Nekoofar et al., 2006).

Concerning the structures detected by the apex locators in the root canal, the impedance of the electrode is high and reaches its maximum level in the apical constriction zone.

niveau de la constriction apicale. Si l'instrument est enfoncé plus profondément, elle diminue soudainement (Beer et coll., 2008). En fait, le localisateur d'apex déterminerait un point situé entre la constriction apicale et le foramen où le diamètre canalaire augmente et le flux de courant électrique devient élevé (Hulsmann et Schaffer, 2009).

Si on se réfère aux fabricants des localisateurs d'apex, pour la majorité des fabricants leurs appareils détecteraient la constriction apicale, alors que pour Morita le Root ZX détecterait le foramen apical (Simon et coll., 2009).

### ■ Utilisation des localisateurs d'apex

Le localisateur est relié à un câble électrique qui se divise en deux afin d'être connecté d'une part à l'électrode labiale, placée sur la commissure des lèvres d'autre part à l'électrode instrumentale accrochée à la lime manuelle 10/100 ou 15/100 mm.

L'appareil est d'abord mis sous tension, ce qui permet son autocalibrage avant de commencer la mesure. On fait alors progresser la lime dans le canal jusqu'au signal sonore ou visuel, qui confirme la coïncidence de la pointe de l'instrument et de la structure anatomique recherchée. Le stop silicone est ajusté par rapport à un repère coronaire horizontal stable et la longueur indiquée est mesurée en utilisant une règle millimétrée. Ensuite, on fait progresser l'instrument légèrement au-delà (0,5 mm), le localisateur doit alors indiquer un dépassement. Enfin l'instrument est remonté à la longueur indiquée précédemment. Le repère apical doit alors être détecté au même niveau (Pertot et Simon, 2004 ; Simon 2008).

Il est à signaler que seule l'indication « 0 » est fiable. Des indications numériques apparaissent à l'écran pendant la progression de la lime. Elles n'ont aucune valeur et ne font qu'indiquer que la lime progresse dans le canal (Dahan 2006 ; Simon 2008 ; Simon et coll., 2009).

Enfin, une mesure anormalement « courte » mais reproductible peut indiquer la présence d'une sortie de l'endodonte non apicale et permet, par exemple, de confirmer la présence d'une perforation ou d'une fracture (Golberg et coll., 2008 ; Simon 2008).

### ■ Localisateurs électroniques et précautions à prendre

Les localisateurs d'apex sont des appareils électroniques qui fonctionnent avec un courant électrique. Toute dérivation de ce courant, peut être à l'origine de fausses mesures. Il faudra donc :

- éviter la présence de salive : opérer sous champ opératoire étanche ;
- éliminer toute restauration métallique sur la dent à traiter ;
- éviter tout contact de la lime, mais aussi de l'électrode labiale et de l'électrode instrumentale avec un élément métallique ;

When the instrument is pushed deeper, the impedance abruptly decreases (Beer et al., 2008). In fact, the apex locator is supposed to determine a point situated between the apical constriction and the foramen where the canal diameter increases and the flow of electric current gets high (Hulsmann and Schaffer, 2009).

According to the majority of apex locators manufacturers, their devices detect the apical constriction; whereas for Morita, the Root ZX detects the apical foramen (Simon et al., 2009).

### ■ How to use the apex locators

The locator is connected with an electric cord divided in two, to be connected on one hand to the labial electrode, placed at the corner of the mouth, and on the other hand to the instrumental electrode hooked to the manual file 10/100 or 15/100 mm.

The device is first switched on to allow its auto-calibration before starting the measurement. Then, the file is pushed into the canal until the sound or visual signal confirming the coincidence of the instrument tip with the wanted anatomic structure goes off.

The silicone stop is adjusted to a stable horizontal coronary mark and the indicated length is measured with a graduated ruler. The instrument is then pushed slightly further (0,5 mm), and the locator thus indicates an overrun. The device is finally raised to the length previously indicated. The apical mark must then be detected at the same level (Pertot and Simon, 2004; Simon 2008).

It is important to mention that the indication "0" is the only reliable one. Digital indications appear to the screen during the progress of the file. They have no significant value and only show the file progress into the canal (Dahan, 2006; Simon 2008; Simon et al., 2009).

Finally, an abnormally "short" but reproducible measure can indicate the presence of a release of the non apical endodontis, and may for example confirm the presence of a perforation or a fracture (Golberg et al., on 2008; Simon 2008).

### ■ Electronic locators and precautions to take

The apex locators are electronic devices which work with an electric current. Any diversion of this current can lead to false measures. It will thus be necessary to:

- Avoid the presence of saliva: operate under tight surgical field;
- Eliminate any metallic restoration on the tooth to be treated;
- Avoid any contact of the file, but also of the labial and instrumental electrodes with a metallic element;



– éliminer toute prolifération gingivale dans la cavité (polype) (Pertot et Simon, 2004; Simon 2008).

Par ailleurs :

– un localisateur d'apex ne peut fonctionner correctement si le canal est sec ou trop humide. Ainsi, il est recommandé d'éliminer l'excès d'hypochlorite dans la chambre pulpaire à l'aide d'une boulette de coton avant toute mesure électronique, car la présence de solution dans la cavité d'accès crée une dérivation du courant électrique en reliant tous les canaux entre eux (Dahan 2006; Hulsmann et Schaffer, 2009; Simon 2008);

– il convient aussi d'utiliser une lime dont le diamètre est proche de celui du canal dans le tiers apical. Ceci a été confirmé par Ebrahim et coll. (2006), qui ont démontré que les localisateurs d'apex, étaient inefficaces pour déterminer la longueur de travail au niveau des canaux à foramen large lorsqu'une lime fine était employée et que ces mêmes appareillages devenaient efficaces si on sélectionnait une lime adaptée au calibre du canal;

– l'élimination préalable des interférences coronaires est également importante; en effet elle permettrait d'améliorer l'efficacité de mesure (De Camargo et coll., 2009). Enfin, l'emploi des localisateurs était systématiquement contre-indiqué chez les porteurs de stimulateur cardiaque ou pacemaker. Cette idée a été remise en cause par certains auteurs (Garofalo et coll., 2002; Wilson et coll., 2006) qui ont étudié l'effet de localisateurs électroniques de la longueur de travail sur le fonctionnement du stimulateur cardiaque.

En fait, il semblerait que les anciens stimulateurs cardiaques, produits avant 1975, aient été sensibles aux radiations électromagnétiques émises par les localisateurs électroniques.

Garofalo et coll. (2002) ont étudié *in vitro* l'effet de cinq localisateurs électroniques de la longueur de travail sur le fonctionnement du stimulateur cardiaque : Root ZX (J. Morita Co., Tustin, CA, USA), Justwo (Toei Electric Co., Kanagawa, Japon), EIE (Analytic Endodontics, Orange, CA, USA), Neosono (Amadent, Cherry Hill, NJ, USA), et Bingo-1020 (Dent Corp, White Plains, NY, USA). Ils ont trouvé que seul un des localisateurs (Bingo-1020) interférait avec le fonctionnement du pacemaker employé et que les autres pourraient être utilisés en toute sécurité. Par ailleurs, les auteurs pensent que l'interférence constatée dans cette étude *in vitro*, pourrait s'expliquer notamment par la connexion directe entre les deux appareillages ce qui n'est pas le cas lors de l'utilisation sur le patient. L'interférence ne devrait donc pas avoir lieu en clinique.

- Eliminate any gingival proliferation in the cavity (polyp) (Pertot and Simon, 2004; Simon 2008).

Moreover:

- An apex locator cannot work correctly if the canal is dry or too wet. It is thus recommended to eliminate the excess of hypochlorite in the pulp chamber with a cotton ball before starting any electronic measurement, because the presence of solution in the access cavity creates a diversion of the electric current by connecting all the canals together (Dahan 2006; Hulsmann and Schaffer, 2009; Simon 2008).

- Finally, it is advisable to use a file with a diameter close to the one of the canal in the apical third. This was confirmed by Ebrahim et al. (2006), who showed that the apex locators could not determine the working length in canals with a wide foramen when a thin file was used whereas the same devices were efficient when a file adapted to the caliber of the canal was selected.

- The preliminary elimination of coronary interferences is also important; it may indeed improve the measurement efficiency (Of Camargo et al., 2009).

The use of such locators was systematically contraindicated in patients with pacemakers. However, this idea was questioned by a few authors (Garofalo et al., 2002; Wilson et al., 2006) who studied the effect of electronic locators of the working length on the pacemaker functioning.

It actually seems that the former pacemakers, manufactured before 1975, were sensitive to the electromagnetic radiations emitted by the electronic locators.

Garofalo et al. (2002) studied, *in vitro*, the effect of five electronic locators of the working length on the pacemaker functioning: Root ZX (J. Morita Co., Tustin, THAT, U.S.A.), Justwo (Toei Electric Co., Kanagawa, Japan), EIE (Analytic Endodontics, Orange, THAT, U.S.A.), Neosound system (Amadent, Cherry Hill, NJ, U.S.A.), and Bingo-1020 (Tooth Corp, White Plains, NY, U.S.A.). They found that only one of the locators (Bingo-1020) interfered with the functioning of the implanted pacemaker and that the others could be safely used. Besides, these authors think that the interference noticed in this *in vitro* study could be explained by the direct connection of the two devices which is not the case during the use on the patient. The interference should thus not take place in a clinic.

## ■ Intérêt du localisateur d'apex

Le localisateur d'apex serait utile pour pallier les difficultés de détermination radiographique de la longueur de travail, notamment en cas de foramen excentré (Gordon et Chandler, 2004).

L'usage d'un localisateur d'apex permet également de réduire la dose d'irradiation et de diminuer la durée totale du traitement (Kim et Lee, 2004; Ravanshad et coll., 2010; Smadi 2006).

Concernant l'efficacité dans la détermination de la longueur de travail, les localisateurs d'apex seraient plus précis que la radiographie (Kaufman et coll., 2002; Krajczar et coll., 2008).

## ■ Limites du localisateur d'apex

Le localisateur d'apex ne peut être utilisé :

- en cas de canaux calcifiés, car aucun signal ne s'affiche;
- en cas de canaux obturés : aucune mesure n'est possible si le foramen apical n'est pas perméable, donc dans les cas de retraitement le canal doit être entièrement désobturé afin de permettre une lecture électronique de la longueur de travail;
- en présence d'une fracture radiculaire horizontale, d'une perforation ou d'un canal latéral (la première sortie vers le desmodonte étant détectée comme étant le foramen); toutefois, si on désire déterminer le niveau de la fracture ou de la perforation, le localisateur d'apex peut se révéler utile (Moshonov et Slutzky-Goldberg, 2004);
- la mesure est moins fiable lorsque la constriction apicale a disparu, notamment dans le cas d'une dent immature ou de résorption apicale externe inflammatoire pouvant accompagner une lésion apicale;
- enfin, la mesure est moins précise en présence d'un abondant exsudat purulent en apical.

## Quelles techniques retenir pour déterminer la longueur de travail?

Lors de tout acte radiologique, il faut que l'exposition aux rayonnements ionisants soit la plus faible raisonnablement possible (principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable; Arbab-Chirani et Diemer, 2010).

En endodontie, le nombre de clichés peut être diminué par l'emploi du localisateur d'apex selon la HAS (2008). Toutefois, cela ne signifie pas l'absence totale d'examen radiographique. Le nombre de trois radiographies – une préopératoire pour évaluer la situation initiale, une peropératoire pour contrôler l'acte (notamment en cas de doute sur l'intégrité apicale), une postopératoire pour vérifier le résultat final – est considéré comme adéquat et justifié par la HAS (2009).

## ■ Advantages of the apex locator

The apex locator should be useful to overcome the difficulties of radiographic determination of the working length, particularly in case of an off-centered foramen (Gordon and Chandler, 2004).

The use of an apex locator also allows to reduce the radiation dose and the global treatment duration (Kim and Lee, 2004; Ravanshad and coll., 2010; Smadi 2006);

- Concerning the efficiency in the determination of the working length: the apex locator tends to be more accurate than radiography (Kaufman et al., 2002; Krajczar et al., 2008).

## ■ Limits of the apex locator

The apex locator cannot be used in case of:

- calcified canals because no signal shows;
- filled canals: no measure is possible if the apical foramen is not permeable; thus, in cases of reprocessing, the canal has to be completely re-opened to allow an electronic reading of the working length;
- in case of a horizontal root fracture, a perforation or a lateral canal (the 1st exit to the periodontium being detected as the foramen); if we wish however to determine the level of the fracture or the perforation, the apex locator can be useful (Moshonov and Slutzky-Goldberg, 2004);
- the measure is less reliable when the apical constriction has disappeared, in particular in the case of an immature tooth or an external inflammatory apical resorption which may come along with an apical lesion;
- finally the measure is less accurate when there is an abundant purulent exudation.

## Which techniques should we use to determine the working length?

During any radiological act, the exposure to the ionizing radiations definitely has to be the lowest (principle ALARA: Have Low As Reasonably Achievable) (Arbab-Chirani and Diemer, 2010).

In the field of endodontics, the number of X-rays can be reduced with the use of the apex locator according to the HAS (2008). However it does not imply a total absence of radiographic examinations. The number of 3 radiographies is considered as adequate and justified by the HAS (2009): a preoperative one to estimate the initial situation, a peroperative one to check the act (in particular when there is a doubt about the apical integrity), and a post-operative one to check the final result.

Ainsi nous retiendrons une séquence combinant plusieurs techniques pour déterminer la longueur de travail.

Dans un premier temps, la radiographie préopératoire en technique parallèle (avec emploi d'un angulateur) fournit de renseignements sur l'anatomie endodontique : nombre des canaux, leurs éventuelles divisions, leur degré de courbure, ainsi que leur longueur approximative.

L'élimination des interférences canalaire pariétales dans le 1/3 coronaire (preflaring) est alors réalisée. Il s'agit d'une phase importante avant toute mesure électronique. En effet, elle permettrait non seulement une insertion plus facile des instruments mais aussi une augmentation de la précision de la détermination de la longueur de travail (De Camargo et coll., 2009 ; Ibarrola et coll., 1999).

Par la suite, une première mesure électronique nous permet la détermination de la longueur de travail au cours de l'étape du cathétérisme.

Puis une radiographie peropératoire lime en place peut être prise afin de matérialiser les instruments à la longueur donnée par le localisateur d'apex, de visualiser la trajectoire canalaire, le degré de courbure et de minimiser le risque de canaux oubliés (Cohen et Hargreaves, 2006). La mise en forme instrumentale peut entraîner un redressement des courbures canalaire. La rectification de ces courbures a pour conséquence une diminution de la longueur de travail qui peut parfois dépasser le millimètre. Il est ainsi conseillé de vérifier la longueur de travail à la fin de la préparation par une seconde mesure électronique.

La radiographie cône en place en préobturation permet à son tour de visualiser l'extrémité du cône par rapport à l'apex radiographique ;

Enfin, les cônes en papier absorbant, lors du séchage canalaire, représentent la dernière vérification avant l'obturation, et leur extrémité doit être sèche, indemne de tout saignement ou exsudat. Dans le cas contraire, la longueur de travail sera réévaluée (Dahan 2006 ; Hulsmann et Schaffer, 2009 ; Pertot et Simon, 2004).

In the end, we shall retain a sequence combining several techniques to determine the working length.

- As a first step, the preoperative parallel technique radiography (with the use of an angulator instrument) gives information on the endodontic anatomy: the number of canals, their possible divisions, their degree of curvature, as well as their approximate length.

- The elimination of the parietal canal interferences in the 1/3 coronal (preflaring) is then performed. It is an important step before any electronic measurement. It should indeed allow not only an easier insertion of the instruments but also a more accurate determination of the working length (Of Camargo et al., 2009; Ibarrola et al., 1999).

- After that, a first electronic measure gives a determination of the working length during the stage of catheterization.

- Once the file inserted, a peroperative radiograph can be taken, in order to materialize the instruments according to the length indicated by the apex locator, visualize the canal trajectory, the degree of curvature and minimize the risk of forgotten canals (Cohen and Hargreaves, 2006).

- The instrumental shaping can entail a straightening of canal curvatures. The rectification of these curvatures will cause a decrease in the working length which can sometimes exceed a millimeter. It is thus recommended to check the working length with a 2<sup>nd</sup> electronic measure at the end of the preparation.

The radiography with the cone ready in the preclosing phase allows to visualize the extremity of the cone in relation to the radiographic apex;

- Finally the absorbent paper cones, during the root canal drying, are the last check before closing; their extremity must be dry, free of any bleeding or exudation. Should this not be the case, the working length will be reassessed (Dahan 2006; Hulsmann and Schaffer, 2009; Pertot and Simon, 2004).

## Conclusion

**Actuellement, la méthode électronique reste le moyen le plus fiable de détermination de la longueur de travail. Toutefois, l'utilisation conjointe de la radiographie (lime en place et/ou cône en place) et du localisateur d'apex, ainsi qu'une dernière vérification avec les cônes en papier absorbants minimise le risque d'erreur.**

**The electronic method currently remains the most reliable means of determination of the working length. However, the joint use of radiography (with a file and/or a cone) and the apex locator, as well as a last check with the absorbent paper cones reduce the risk of error.**

**Demande de tirés-à-part :**

**Dr. Maria FENNICH – secteur 22 K13, Hay Riad, Rabat – MAROC**

*Traduction : Marie-Grace Poblete-Michel*

- ARBAB-CHIRANI R., DIEMER F.  
Imagerie radiologique le point en 2010.  
*Inform Dent* 2010;**22**:27-34. Cat 3
- BEER R., BAUMANN M.A., KIELBASSA A.M.  
Atlas de poche d'endodontie, *Ed. Médecine-sciences Flammarion*, Paris, 2008. Cat 3
- COHEN S., HARGREAVES K.M.  
Pathways of the pulp (9th edition),  
*Ed: Mosby Elsevier* St Louis, 2006. Cat 3
- DAHAN S.  
Détermination de la longueur de travail.  
*Inform Dent* 2006;**42**:2687-2693. Cat 3
- DAHAN S., Aronis D., Martin D.  
Zone apicale attention danger !  
*Inform Dent* 2010;**22**:71-75. Cat 3
- DE CAMARGO E.J., ZAPATA R.O., MEDEIROS P.L.,  
BRAMANTE C.M., BERNARDINELLI N., GARCIA R.B.,  
DE MORAES I.G., DUARTE M.A.  
Influence of preflaring on the accuracy of length  
determination with four electronic apex locators.  
*J Endod* 2009;**35**(9):1300-1302. Cat 1
- DE VASCONCELOS B.C., DO VALE T.M.,  
DE MENEZES A.S., PINHEIRO-JUNIOR E.C.,  
VIVACQUA-GOMES N., BERNARDES R.A.  
An ex vivo comparison of root canal length determination by  
three electronic apex locators at positions short of the apical  
foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol  
Endod* 2010;**110**:57-61. Cat 2
- DUMMER P.M., MCGINN J.H., REES D.G.  
The position and topography of the apical canal constriction  
and apical foramen. *Int Endod J* 1984;**17**:192-198. Cat 2
- EBRAHIM A.K., WADACHI R., SUDA H.  
Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic  
apex locators to determine the working length in teeth with  
various foramen diameters.  
*Aust Dent J* 2006;**51**(3):258-262. Cat 1
- GAROFALO R.R., EDE E.N., DORN S.O., KUTTLER S.  
Effect of electronic apex locators on cardiac pace maker  
function. *J Endod* 2002;**28**:831-833. Cat 2
- GOLDBERG F., FRAJLICH S., KUTTLER S., MANZUR  
E., BRISENO-MARROQUIN B.  
The evaluation of four electronic apex locators in teeth with  
simulated horizontal root fractures.  
*J Endod* 2008;**34**(12):1497-1499. Cat 2
- GORDON M.P., CHANDLER N.P.  
Electronic apex locators.  
*Int Endod J* 2004;**37**(7):425-437. Cat 1
- HARRAN PONCE E., VILLAR FERNANDEZ J.A.  
The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and  
the apical constriction: evaluation by optical microscopy.  
*J Endod* 2003;**29**(3):214-218. Cat 2
- HAS DGSNR IRSN.  
Guide des indications et des procédures des examens  
radiologiques en odontostomatologie. Recommandations  
pour les professionnels de santé. Sainte-Denis-la-Plaine,  
2008. Cat 1
- HAS.  
Traitement endodontique. Rapport d'évaluation  
technologique. Service évaluation des actes professionnels  
Sainte-Denis-la-Plaine, 2009. Cat 1
- HULSMANN M., SCHAFFER E.  
Problems in endodontics, *Ed: Quintessence publishing*, New  
Malden, 2009. Cat 3
- IBARROLA J.L., CHAPMAN B.L., HOWARD J.H.,  
KNOWLES K.I., LUDLOW M.O.  
Effect of preflaring on Root ZX apex locators.  
*J Endod* 1999;**25**:625-626. Cat 1
- KAUFMAN A.Y., KEILA S., YOSHPE M.  
Accuracy of a new apex locator: an in vitro study.  
*Int Endod J* 2002;**35**(2):186-192. Cat 2
- KIM E., LEE S.J.  
Electronic apex locator.  
*Dent Clin North Am* 2004;**48**(1):35-54. Cat 3
- KOBAYASHI C., SUDA H.  
New electronic canal measuring device based on the ratio  
method. *J Endod* 1994;**20**:111-114. Cat 3
- KRAJCZÁR K., MARADA G., GYULAI G., TÓTH V.  
Comparison of radiographic and electronic working length  
determination on palatal and mesio-buccal root canals of  
extracted upper molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol  
Oral Radiol Endod* 2008;**106**(2):90-93. Cat 2
- KUTTLER Y.  
Microscopic investigation of root apexes.  
*J Am Dent Assoc* 1955;**50**:544-552. Cat 2
- LASFARGUES J.J., BONTE E., BUSH D.  
De l'argentique au numérique un pari gagné.  
*Real Clin* 2008;**19**(2):125-137. Cat 3
- MOSHONOV J., SLUTZKY-GOLDBERG I.  
Apex locators: update and prospects for the future.  
*Int J Comput Dent* 2004;**7**(4):359-370. Cat 3
- NEKOOFAR M.H., GHANDI M.M., HAYES S.J.,  
DUMMER P.M.  
The fundamental operating principles of electronic root canal  
length measurement devices.  
*Int Endod J* 2006;**39**(8):595-609. Cat 1
- PERTOT W.J., SIMON S.  
Le traitement endodontique, *Ed: Quintessence international*,  
Paris, 2004. Cat 3
- RAVANSHAD S., ADL A., ANVAR J.  
Effect of working length measurement by electronic apex  
locator or radiography on the adequacy of final working  
length: a randomized clinical trial.  
*J Endod* 2010;**36**(11):1753-1756. Cat 1
- RIBEIRÃO PRETO  
An in vivo radiographic evaluation of the accuracy of Apex  
and iPex electronic Apex locators.  
*Braz Dent J* 2012;**23**(1). Cat 1
- RICUCCI D., LANGELAND K.  
Apical limit of root canal instrumentation and obturation,  
part 2. A histological study.  
*Int Endod J* 1998;**31**:394-409. Cat 2
- SIMON S.  
Endodontie, volume 1 : Traitements, *Ed: CdP Paris*, 2008.  
Cat 3
- SIMON S., MACHTOU P., ADAMS N., TOMSON P.,  
LUMLEY P.  
Apical limit and working length in endodontics.  
*Dent update* 2009;**36**:146-153. Cat 3
- SMADI L.  
Comparison between two methods of working length  
determination and its effect on radiographic extent of root  
canal filling : a clinical study.  
*BMC Oral Health* 2006;**6**:4. Cat 1
- TROPE M., DEBELIAN G.  
Endodontics : manual for the general dentist,  
*Ed: Quintessence New Malden*, 2005. Cat 3
- WILSON B.L., BROBERG C., BAUMGARTNER J.C.,  
HARRIS C., KRON J.  
Safety of electronic apex locators and pulp testers  
in patients with implanted cardiac pacemakers or  
cardioverter/defibrillators.  
*J Endod* 2006;**32**(9):847-852. Cat 1