

مقارنة بين طريقتين لتحديد طول القناة الجذرية في الأسنان المؤقتة

د. خالد قبش *

(الإيداع: 15 آذار 2022، القبول: 1 تشرين الثاني 2022)

الملخص:

الهدف من البحث: الهدف من هذه الدراسة المخبرية هو المقارنة بين تحديد طول القناة الجذرية بواسطة محدد الذروة الإلكتروني (EAL) والتصوير الشعاعي التقليدي، ثم مقارنتها بالقياسات الحقيقية التي تم الحصول عليها عن طريق الرؤية المباشرة.

المواد والطرائق: تم اختيار 100 سن مؤقتة مقلوعة بسبب نخر أو رض أو القلع الدوري وتم ترقيم الأسنان وتحديد طول القناة الجذرية بالطرق البصرية والإلكترونية والشعاعية، وتم تسجيل كل هذه القياسات ومقارنتها مع بعضها. النتائج: كانت دقة محدد الذروة الإلكتروني وطرق التصوير الشعاعي في تحديد طول القناة الجذرية 94% و 74% على التوالي ضمن ± 0.5 مم.

الكلمات المفتاحية: محدد الذروة الإلكتروني - الأسنان المؤقتة- تحديد طول القناة الجذرية.

*مدرس في الجامعة الوطنية الخاصة، كلية طب الأسنان-حماة.

Comparison between two methods for the determination of root canal length in primary teeth

Dr. Khaled Kabbesh*

(Received:15 March 2022,Accepted:1 November 2022)

Abstract:

Aims and Objectives:The purpose of this in vitro study was to compare the root canal length determination by Electronic apex locator (EAL) and conventional radiography, and then compare them with the actual measurements obtained by direct visualization.

Materials and Methods: One hundred rooted primary teeth extracted due to extensive caries, trauma, serial extraction or unwillingness of the parent to save the teeth were selected. The teeth were numbered and root canal length was determined using the visual, electronic and the radiographic methods. The actual, electronic and the radiographic measurements were recorded. **Conclusion:** Using a criterion of ± 0.5 mm, the accuracy of the electronic apex locator was high and proved to be more accurate in determining the root canal length than the radiographic method.

Keywords: Electronic apex locator, primary teeth, root canal length determination.

* Teacher in Al-Wataniya Private University–Faculty of Dental medicine.

1-المقدمة ومراجعة الأدبيات:

تعتبر المعالجة اللبية للأسنان المؤقتة خيار علاجي للأسنان المصابة بالتهاب لب غير ردود. (Fuks and Eidelman, 1991)

حيث تعتبر هذه المعالجة اللبية إجراء علاجي للحفاظ على سلامة الأسنان المؤقتة ريثما يتم استبدالها فيزيولوجيا. (Dandashi et al., 1993)(Mente et al., 2002)(Takushige et al., 2004)

لتحقيق علاج لب ناجح في الأسنان المصابة بالتهاب لب غير ردود يجب معرفة طول القناة الجذرية، حيث تستخدم الصور الشعاعية بشكل تقليدي للحصول على معلومات حول تشريح القناة الجذرية والطول العامل لها بالإضافة للنسج المحيطة بالذروة. (Bodur et al., 2008)

فيجب تحديد طول العامل للقناة الجذرية لتقليل مخاطر التنظيف غير الكافي أو ضرر الأنسجة المحيطة بالذروة بسبب تجاوز الأدوات للطول العامل للقناة الجذرية. (Bernardes et al., 2007)(Plotino et al., 2006, D'Assunção et al., 2007)

من الطرق الأكثر شيوعا لتحديد طول العامل للقناة الجذرية في الأسنان المؤقتة هي التصوير الشعاعي، ومع ذلك غالبا ما يكون من الصعب تحديدها عند الأطفال بالتصوير الشعاعي لكثرة تحركهم أثناء التصوير، بالإضافة لذلك هناك اختلافات تشريحية وتراكب في الصور مثل تداخل براعم الأسنان الدائمة مع جذور الأسنان المؤقتة، مما يؤدي لصعوبة تحديد موقع الذروة والحصول على نتائج خاطئة خاصة في الحالات التي يوجد فيها امتصاص فيزيولوجي. (Angwaravong and Panitvisai, 2009)

ومن مساوئ التصوير الشعاعي صغر الحفرة الفموية عند الأطفال بالمقارنة مع حجم الفلم مما يجعل من تحديد طول القناة الجذرية أمرا صعبا. (Shabahang et al., 1996)(Hassanien et al., 2008)

لذلك يمكن أن يكون العلاج اللبي عند الأطفال تحديا للمختص نظرا لأنه يعتمد على تحديد طول العامل الحقيقي للقناة الجذرية ولما يوجد من أخطاء تقنية تؤدي لزيادة خطر تجاوز الأدوات للطول العامل أو الحشو الزائد أو التنظيف غير الكافي، مما يلعب دورا في ضرر براعم الأسنان الدائمة. (ElAyouti et al., 2002)

حاليا يتم استخدام الطريقة الالكترونية لتحديد طول العامل للقناة الجذرية بدقة لتسهيل وتقليل زمن العمل. (Leonardo et al., 2009)(Bodur et al., 2008)

ولكن دقة محدد الذروة الالكتروني (EALs) بعاملين: رطوبة القناة الجذرية، وقطر الثقبة الذروية. (Herrera et al., 2007)(Huang, 1987)(Saito and Yamashita, 1990)

تصنف أجهزة تحديد طول العامل الإلكترونية وفقا لـ:

1- نوع التيار ، 2- مقاومته ، 3- عدد الترددات.

ويوجد منها عدة أجيال: (Leonardo et al., 2002)(Kaufman et al., 2007)(Baldi et al., 2007)
(Shanmugaraj et al., 2009)

أجهزة الجيل الأول:

تعتمد على مبادئ Suzuki وهي أن قيمة المقاومة بين الغشاء المخاطي الفموي والرباط حول السني ثابتة وتساوي (6,5 كيلو أوم) أو ما يعادل (40 ميكرو أمبير). حيث تقيس هذه الأجهزة مقاومة التيار المباشر المتدفق من الجهاز إلى المبرد إلى الرباط فعندما يصل رأس الأداة اللبية إلى المنطقة يشير مؤشر الجهاز إلى قيمة المقاومة (6,5 كيلو أوم) ومن أجهزة هذا الجيل:

1-Ohmmeter والذي وصفه Cash

2-Endometer الذي وصفه على أنه جهاز يفيد أيضاً في معرفة الانتقابات في أرض الحجرة أو في جدران القناة إضافة لتوفير الوقت.

سيئة الجهاز: عدم الدقة في القراءات نتيجة رطوبة القناة حيث من الممكن أن تتغير القراءات ولكن تبقى القراءة التي تشير إلى الرباط هي نفسها.

أجهزة الجيل الثاني:

1- Apex finder وهو جامع ما بين محدد نروة وفاحص لحيوية اللب. دقته حسب Krell,Fouad 67% بمسافة 0,5مم عن الذروة الشعاعية.

2-Formatron دقته 65% حسب Himel يتميز بصغر حجمه وخفة وزنه وكلفته القليلة.

إن السيئة الرئيسية في أجهزة الجيل الثاني هو أن القناة الجذرية يجب أن تكون خالية إلى حد مقبول من المواد الموصلة كهربائياً للحصول على قراءات دقيقة، وإن وجود النسج وسوائل الإرواء الموصلة كهربائياً في القناة يؤدي إلى عدم الدقة والحصول على قياسات على أقصر.

أجهزة الجيل الثالث:

يمتلك نسبة نجاح عالية عندما يستعمل أثناء إجراء المعالجة اللبية، حيث يقيس القناة الجذرية إلى طول قريب من التضيق الذروي بمقدار (0,31) مم بنسب نجاح تتراوح بين (75-96) % حيث تمتلك كفاءة مجربة خصوصاً عندما تتم مقارنتها مع الأجيال الأولى والثانية.

الفائدة الأكثر أهمية لهذه الأجهزة هي امكانية استعمالها عندما تحتوي القناة على مواد ناقلة كهربائية كهيبوكولورايت، الكحول، EDTA.....

من ميزات هذه الأجهزة: الأداء الثابت والدقة إن قياس هذه الأجهزة الكهربائية للمقاومة الكهربائية لا للتردد وعند تحول المقادير النسبية للمقاومة الكهربائية إلى معلومات لتحديد الطول فقد أصبح تعبير المقاومة النسبية هو الأدق والأنسب. فهي تحسب المقاومة الكهربائية للقطب الكهربائي حسب قانون أوم لكل التيارات المستخدمة ومن ثم معالج الجهاز يحسب المقاومة النسبية بنسب كل المقاومات إلى بعضها.

من هذه الأجهزة Apex finder model 7005, Apex pointer، Rootzx،Endex

يستخدم التردد الثنائي ومبادئ المقاومة النسبية.

الطريقة الإلكترونية المستخدمة كانت طريقة النسبة (قياس مقاومتي التردد 0.4 و 8 KHZ) داخل القناة والمعالج يحسب النسبة بين المقاومتين وناتج القسمة يظهر على الشاشة) يعتمد بشكل رئيسي على اكتشاف التغير في السعة الكهربائية الذي يحدث بالقرب من التضيق الذروي

من حسنات الجهاز أنه لا يتطلب تعديل حتى عندما تمتلئ القناة بالمنحلات الفموية الكهربائية وكذلك عندما تكون القناة جافة أو رطبة.

في دراسة Dunlap كان جهاز RootZX يقيس بدقة طول القناة إلى (0,31مم) من التضيق الذروي بغض النظر عن محتوى القناة.

بلغت دقته 96,2% في الأسنان الحية حسب Alan

الجيل الرابع: يستخدم ترددتين أو أكثر غير متزامنين ويقاس الاختلاف بين التيارين.

الجيل الخامس: يقيس السعة الكهربائية ومقاومة التيار كل واحدة لوحدها.

الجيل السادس: يعتمد على خصائص رطوبة القناة ويسمى (adaptive type of apex locater).

تم تطوير محددات الذروة للحصول على قياسات أكثر دقة لطول القناة الجذرية، وتحديد الحدود الذروية للأدوات اللبية. (Plotino et al., 2006)

فتم استخدامها على نطاق واسع في الأسنان الدائمة، ومع ذلك لم يكتسب محدد الذروة رواجاً كبيراً للاستخدام في الأسنان المؤقتة لأنه قد تكون القياسات أقل دقة عندما تكون الثقبية الذروية غير مكتملة النمو أو يوجد امتصاص، وهو ما يحدث في الأسنان المؤقتة. (Shanmugaraj et al., 2007)

قام العديد من الباحثين بدراسات في استخدام محددات الذروة على الأسنان المؤقتة ووجدوا أنها آمنة وغير مؤلمة ودقيقة وتجنب تعرض الطفل للإشعاع غير الضروري. (Brunton et al., 2002)(Bodur et al., 2008)

2- الهدف من الدراسة:

الهدف من هذه الدراسة المخبرية هو مقارنة تحديد طول القناة الجذرية بواسطة محدد الذروة الإلكتروني والتصوير الشعاعي، ثم مقارنتها بالقياسات الحقيقية التي تم الحصول عليها عن طريق الرؤية المباشرة.

3- المواد والطرائق:

تم إجراء هذه الدراسة في عيادة طب أسنان الأطفال، كلية طب الأسنان – جامعة حماة، لتقييم دقة محدد الذروة الإلكتروني وتقنية التصوير الشعاعي في تحديد طول القناة الجذرية للأسنان المؤقتة ومقارنتهم مع طول القناة الجذرية الحقيقي لهذه الأسنان.

اشتملت عينة الدراسة 100 سن مؤقت تم قلعها بسبب نخر أو رض أو قلع دوري.

لم تظهر جميع الأسنان المختارة ضمن عينة البحث امتصاص أكثر من ثلث طول الجذر.

تم ترقيم الأسنان التي تم قلعها من 1 إلى 100، ثم تم قطع الأسنان حتى الملتقى المينائي الملاطي لإنشاء نقطة مرجعية قابلة للتكرار، الشكل رقم (1).

ثم تسجيل القياسات الحقيقية عن طريق إدخال مبرد K-15 ضمن القناة حتى يتم النقاء رأس المبرد بالثقبية الذروية، ثم نقل المحددة المطاطية إلى النقطة المرجعية التاجية لتحديد طول كل قناة.

تمت إزالة المبرد، وتحديد أطوال القناة الجذرية باستخدام المسطرة الرقمية، حيث اعتبر هذا المقياس هو المقياس الحقيقي الذهبي لطول القناة الجذرية ومقارنته مع قياسات محدد الذروة الإلكتروني والقياسات الشعاعية.

تم استخدام محدد ذروة Raypex 5 وهو من محددات الذروة الإلكتروني من الجيل الرابع حيث تم تصنيعه من قبل شركة VDW في ميونخ، ألمانيا، لتحديد طول القناة الجذرية إلكترونياً، حيث يعطي قراءات دقيقة ويتمتع بالموثوقية والدقة وسهولة الاستخدام. (Jenkins et al., 2001)

تمت محاكاة الظروف كما في الحفرة الفموية من خلال وضع الأسنان في قالب الجينات كما وصفه Kaufman في دراسته، الشكل رقم (2). (Kaufman et al., 2002)

تم ادخال جزء معدني في الاجينات قبل أن يتم وصلها لتوفير رابط للقطب الكهربائي المعاكس، وتم غسل القناة بمحلول هيبوكلوريد الصوديوم ثم تم تجفيفها باستخدام أقماع ورقية، الشكل رقم (3).

تم توصيل مشبك الشفاه (القطب المعاكس) بالشرط المعدني وتم ربط حامل المبرد على المبرد K-15 تم دفع المبرد بشكل ذروي في القناة حتى يصدر صوت صفير وتظهر الإضاءة على شاشة الجهاز مشيراً إلى الوصول لذروة القناة، ثم تم وضع

المحددة المطاطية على النقطة المرجعية وسحب المبرد بعناية من القناة وتسجيل القياس باستخدام المسطرة الرقمية، تم إجراء جميع القياسات على فترات مع إبقاء الألبينات رطبة بدرجة كافية لهذه الفترة الزمنية، الشكل رقم (4).
ثم تم تحديد أطوال القناة الجذرية بطريقة التصوير الشعاعي بحيث يوضع فيلم الأشعة السينية موازيا للمحور الطولي للسن وتم التقاط الصور الشعاعية وفقا لتقنية التوازي لتقليل تشوه الصورة باستخدام جهاز الأشعة السينية الذي يعمل عند 7 ميلي أمبير و60 كيلو فولط، الشكل رقم (5).
كانت الخطوة الأخيرة مقارنة جميع القياسات الالكترونية، والقياسات الشعاعية بالمقياس الذهبي.



الشكل رقم (1): يظهر قطع السن لحد الملتقى المينائي الملاطي



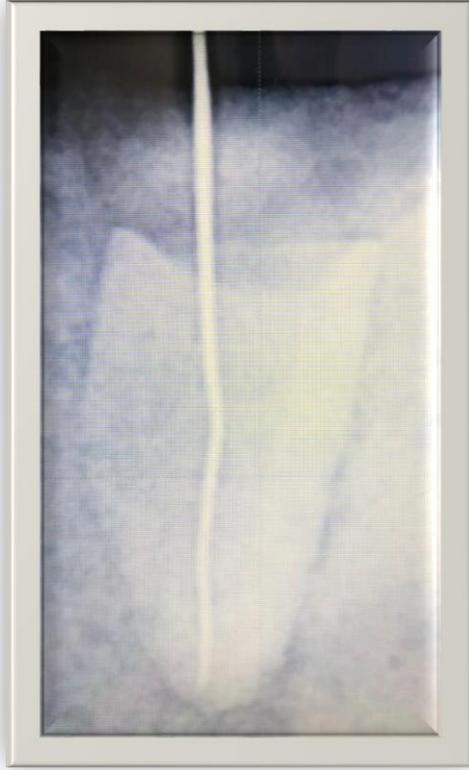
الشكل رقم(2) : صنع قالب من الألبينات



الشكل رقم (3): إدخال جزء معدني لتوفير قطب معاكس



الشكل رقم (4): يوضح وصل القطبين للحصول على قراءة الكترونية



الشكل رقم (5): يظهر صورة شعاعية مع مبرد k15

4-النتائج:

أظهرت كل من الطريقتين الإلكترونية، والتصوير الشعاعي التقليدي قيمة ارتباط وموافقة عاليين جداً (ICC = 0.99 و 0.98 على الترتيب) مع القياسات الحقيقية. أظهرت المقارنة فيما بين الطريقتين الإلكترونية والتصوير الشعاعي التقليدي قيمة ارتباط وموافقة عاليين (ICC = 0.97) [الجدول 1]. قَدّرت الطريقة الشعاعية التقليدية طول القناة الجذرية بشكل زائد في 95% من العينة، أظهرت الطريقة الشعاعية -بالرغم من تقدير طول القناة الزائد- دقة بنسبة 74% ضمن +0.5 ملم، وبنسبة 97% ضمن +1 ملم. أظهر جهاز تحديد الذروة الإلكتروني دقة بنسبة 94% ضمن +0.5 ملم، ودقة بنسبة 100% ضمن +1 ملم. أظهر تحليل الإنحدار أن جهاز تحديد الذروة الإلكتروني يمكنه أن يتنبأ بالقيمة الحقيقية بدقة 98.3% [الجدول 2] بينما الطريقة الشعاعية يمكنها أن تتنبأ بالقيمة الحقيقية بدقة 93.9% [الجدول 3].

الجدول رقم (1): يبين قيم معامل الارتباط الداخلي لطرائق الدراسة

المقارنة	متوسط قيم الـ ICC (ضمن مجال ثقة 95%)
الطريقة الشعاعية والقيمة الحقيقية	0.9851
الطريقة الإلكترونية والقيمة الحقيقية	0.9965
الطريقة الإلكترونية والطريقة الشعاعية	0.9785

ICC = معامل الارتباط الداخلي.

الجدول رقم (2): يبين تحليل الإنحدار للطريقة الإلكترونية

قيمة R	قيمة R مربع	قيمة R مربع المعدل	الانحراف المعياري لخطأ التقدير
0.992	0.983	0.983	0.2221

الجدول رقم (3): يبين تحليل الإنحدار للطريقة الشعاعية

قيمة R	قيمة R مربع	قيمة R مربع المعدل	الانحراف المعياري لخطأ التقدير
0.969	0.939	0.939	0.4117

5- المناقشة:

يعد تحديد الطول العامل الدقيق أثناء معالجة قناة الجذر للأسنان المؤقتة ضروريًا لتعزيز التنظيف والتطهير الكاملين للقناة الجذرية وكذلك لتجنب ضرر براعم الأسنان الدائمة. (Bernardes et al., 2007)

يتفوق استخدام محدد الذروة الإلكتروني على العديد من الصعوبات الملازمة لطرق التصوير الشعاعي، حيث تتمتع محددات الذروة الإلكترونية الحالية بموثوقية عالية ودقة عالية وإمكانية تكرار عالية في تحديد موقع الثقبية الذروية بغض النظر عن الوسط الناقل للكهرباء، بالإضافة إلى تحسين دقة قياس الطول العامل. (Jenkins et al., 2001, Nekoofar et al., 2006)

تجنبنا محددات الذروة الإلكترونية المخاوف المتعلقة بالإشعاع حيث أن لديها القدرة على تقليل عدد الصور الشعاعية المأخوذة أثناء معالجة القناة الجذرية.

في هذه الدراسة، أظهرت طريقة التصوير الشعاعي دقة تصل إلى 74% ضمن + 0.5 مم و 97% ضمن + 1 مم، بينما كانت دقة محدد الذروة الإلكتروني 94% ضمن + 0.5 مم و 100% ضمن + 1 مم .

ذكر ElAyout في دراسته أن تقنية التصوير الشعاعي تميل إلى المبالغة في تقدير طول قناة الجذر في حوالي 51% من الحالات. تتوافق هذه النتيجة أيضًا مع الدراسات التي أجراها Kaufman, Brunton, Mohammed وEhsan. (Brunton et al., 2002, Ehsan, 2011, Kaufman et al., 2002, Mohammed, 2009).

قد يكون التفسير هو أن الثقبية الذروية تقع إلى الأعلى من الذروة الشعاعية على الجانب الدهليزي أو اللساني من الجذر تجعل من الصعب بشكل عام تحديد موضع الثقبية الذروية في الصورة الشعاعية.

أظهرت بعض الأسنان المستخدمة في هذه الدراسة درجة طفيفة من الامتصاص، ففي كثير من الأحيان لا تنتهي قنوات الجذر بالقرب من قمة التصوير الشعاعي أو النقطة المرجعية الذروية. قد يؤدي هذا أيضًا إلى المبالغة في تقدير طول القناة بطريقة التصوير الشعاعي. لا تتطابق نتائج دراستنا مع الملاحظات التي قدمها Melo Santos and Neena et al. (Neena et al., 2011, Santos and dos Reis, 2009).

في هذه الدراسة، قدمت طريقة التصوير الشعاعي ICC 0.969 للقياس الفردي و0.9851 للقياس المتوسط مع القياسات الحقيقية، وهذه النتائج مماثلة لتلك التي حصل عليها Shanmugaraj (Shanmugaraj et al., 2007).

يقدم هذا ارتباطًا واتفاقًا عاليًا للغاية بين الطريقتين ويقترح أن طريقة التصوير الشعاعي تسجل بدقة طول قناة الجذر.

كانت نتائج القياسات الإلكترونية مرتبطة بشكل شبه كامل ($ICC = 0.99$) مع تلك الخاصة بالطريقة المباشرة. كان مقياس ICC الفردي 0.9920 وكان القياس المتوسط $ICC = 0.9965$.

تم إجراء تحليل الانحدار الخطي بين القياسات الشعاعية والقياسات الحقيقية. بناءً على المتغير المستقل (القياس الشعاعي)، يوفر تحليل الانحدار الخطي للباحث معادلة يمكن استخدامها للتنبؤ بقيم المتغير التابع (الطول الفعلي). اقترح تحليل الانحدار أن طريقة التصوير الشعاعي يمكن أن تتنبأ بنسبة 93.2% من القيم الفعلية بدقة. يمكن أن تتوقع 98.2% من القياسات الفعلية بدقة. EALS

تم تطوير معادلة انحدار يمكن من خلالها التنبؤ بالقيم الفعلية باستخدام القيم الشعاعية أو الإلكترونية. معادلات الانحدار للطرق الشعاعية والإلكترونية هي كما يلي:

$$\text{القيمة الفعلية} = 0.415 + 0.999 (\text{القياس الشعاعي})$$

$$\text{القيمة الفعلية} = 0.07131 + 1.005 (\text{قياس إلكتروني})$$

في هذه الدراسة، لم يؤثر وجود الامتصاص على دقة EAL تم الاتفاق مع هذه النتيجة مع Katz et al و Mente et al (Kielbassa et al., 2003, Mente et al., 2002, Baldi et al., 2007).

كشفت دراسة أجراها ليوناردو وآخرون، حيث قيموا دقة محدد موقع الجذر ZX II ومعالجة الإشارات الرقمية، على التوالي، عدم وجود فرق كبير بين الأسنان أحادية الجذور أو متعددة الجذور وكذلك بين الجذور ذات الامتصاص والجذور بدون امتصاص (Leonardo et al., 2009).

6- الاستنتاجات:

تلغي محددات الذروة الإلكترونية من الجيل الخامس الحاجة إلى تصوير شعاعي إضافي أثناء إجراء استئصال اللب الكامل وبالتالي تقليل الإشعاع المؤين للطفل المريض وكذلك الطبيب. يمكن استخدام التصوير الشعاعي كأداة لاستكمال و / أو مساعدة الطريقة الإلكترونية لتحديد طول قناة الجذر. أظهر معامل الارتباط أن كلاً من الطرق الشعاعية والإلكترونية موثوقة في تحديد طول قناة الجذر ولا توجد حاجة لاستخدامهما معاً.

7- التوصيات والمقترحات:

المقترحات Suggestions:

بناءً على نتائج الدراسة نقترح ما يلي:

1- إجراء المزيد من الدراسات لتقييم فعالية محدد الذروة الإلكترونية بأجيال مختلفة لتحديد طول القناة الجذرية في الأسنان المؤقتة.

2- إجراء دراسات لتقييم فعالية محدد الذروة الإلكترونية لتحديد طول القناة الجذرية في الأسنان الدائمة الفتية.

التوصيات Recommendations:

في ضوء نتائج هذه الدراسة نوصي بما يلي:

1- يوصى باستخدام محدد الذروة الإلكترونية من الجيل الخامس لتحديد طول القناة الجذرية في الأسنان المؤقتة التي لم يتجاوز امتصاص الجذور فيها أكثر من الثلث.

2- لا حاجة لاستخدام التصوير الشعاعي مع محدد الذروة الإلكترونية من الجيل الخامس معاً في تحديد طول القناة الجذرية في الأسنان المؤقتة التي لم يتجاوز الامتصاص فيها أكثر من ثلث الجذر.

- 1-ANGWARAVONG, O. & PANITVISAI, P. 2009. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *International endodontic journal*, 42, 115–121.
- 2-BALDI, J. V., VICTORINO, F. R., BERNARDES, R. A., DE MORAES, I. G., BRAMANTE, C. M., GARCIA, R. B. & BERNARDINELI, N. 2007. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal of endodontics*, 33, 476–479.
- 3-BERNARDES, R. A., DUARTE, M. A., VASCONCELOS, B. C., MORAES, I. G., 4-BERNARDINELI, N., GARCIA, R. B., BALDI, J. V., VICTORINO, F. R. & BRAMANTE, C. 4-M. 2007. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104, e91–e94.
- 5-BODUR, H., ODABAŞ, M., TULUNOĞLU, Ö. & TINAZ, A. C. 2008. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clinical Oral Investigations*, 12, 137–141.
- 6-BRUNTON, P. A., ABDEEN, D. & MACFARLANE, T. V. 2002. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *Journal of Endodontics*, 28, 524–526.
- 7-D'ASSUNÇÃO, F. L. C., DE ALBUQUERQUE, D. S., SALAZAR-SILVA, J. R., DE QUEIROZ FERREIRA, L. C. & BEZERRA, P. M. 2007. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104, e50–e53.
- 8-DANDASHI, M. B., NAZIF, M. M., ZULLO, T., ELLIOTT, M. A., SCHNEIDER, L. G. & CZONSTKOWSKY, M. 1993. An in vitro comparison of three endodontic techniques for primary incisors. *Pediatric dentistry*, 15, 253–253.
- 9-EHSAN, S. 2011. Comparative role of radiographs and electronic apex locator in working length determination. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 31.
- 10-ELAYOUTI, A., WEIGER, R. & LÖST, C. 2002. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *Journal of endodontics*, 28, 116–119.
- 11-FUKS, A. & EIDELMAN, E. 1991. Pulp therapy in the primary dentition. *Current opinion in dentistry*, 1, 556–563.
- 12-HASSANIEN, E. E., HASHEM, A. & CHALFIN, H. 2008. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured

with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. *Journal of endodontics*, 34, 408–412.

13–HERRERA, M., ÁBALOS, C., PLANAS, A. J. & LLAMAS, R. 2007. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *Journal of endodontics*, 33, 995–998.

14–HUANG, L. 1987. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *Journal of endodontics*, 13, 60–64.

15–JENKINS, J. A., WALKER III, W. A., SCHINDLER, W. G. & FLORES, C. M. 2001. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*, 27, 209–211.

16–KAUFMAN, A., KEILA, S. & YOSHPE, M. 2002. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *International endodontic journal*, 35, 186–192.

17–KIELBASSA, A. M., MULLER, U., MUNZ, I. & MONTING, J. S. 2003. Clinical evaluation of the measuring accuracy of ROOT ZX in primary teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 95, 94–100.

18–LEONARDO, M. R., SILVA, L. A. B. D., NELSON–FILHO, P., SILVA, R. A. B. D. & LUCISANO, M. P. 2009. Ex vivo accuracy of an apex locator using digital signal processing in primary teeth. *Pediatric dentistry*, 31, 320–322.

19–MENTE, J., SEIDEL, J., BUCHALLA, W. & KOCH, M. 2002. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *International Endodontic Journal*, 35, 447–452.

20–MOHAMMED, A. G. 2009. An in vitro comparison of root canal length measurements in primary teeth. *Al-Rafidain Dental Journal*, 9, 77–82.

21–NEENA, I., ANANTHRAJ, A., PRAVEEN, P., KARTHIK, V. & RANI, P. 2011. Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in root length determination of primary teeth. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 29, 300.

22–NEKOOFFAR, M., GHANDI, M., HAYES, S. & DUMMER, P. 2006. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal*, 39, 595–609.

23–PLOTINO, G., GRANDE, N., BRIGANTE, L., LESTI, B. & SOMMA, F. 2006. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *International Endodontic Journal*, 39, 408–414.

- 24–SAITO, T. & YAMASHITA, Y. 1990. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dentistry in Japan*, 27, 65–72.
- 25–SANTOS, L. D. M. S. & DOS REIS, J. I. L. 2009. Comparative analysis of the electronic and radiographic determination of root canal length of primary molars—an ex vivo study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 8, 189–192.
- 26–SHABAHANG, S., GOON, W. W. & GLUSKIN, A. H. 1996. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 22, 616–618.
- 27–SHANMUGARAJ, M., NIVEDHA, R., MATHAN, R. & BALAGOPAL, S. 2007. Evaluation of working length determination methods: An in vivo/ex vivo study. *Indian journal of dental research*, 18, 60.
- 28–TAKUSHIGE, T., CRUZ, E., ASGOR MORAL, A. & HOSHINO, E. 2004. Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *International endodontic journal*, 37, 132–138.
- 29–ANGWARAVONG, O. & PANITVISAI, P. 2009. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *International endodontic journal*, 42, 115–121.
- 30–BALDI, J. V., VICTORINO, F. R., BERNARDES, R. A., DE MORAES, I. G., BRAMANTE, C. M., GARCIA, R. B. & BERNARDINELI, N. 2007. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal of endodontics*, 33, 476–479.
- 31–BERNARDES, R. A., DUARTE, M. A., VASCONCELOS, B. C., MORAES, I. G., BERNARDINELI, N., GARCIA, R. B., BALDI, J. V., VICTORINO, F. R. & BRAMANTE, C. M. 2007. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D–30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104, e91–e94.
- 32–BODUR, H., ODABAŞ, M., TULUNOĞLU, Ö. & TINAZ, A. C. 2008. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clinical Oral Investigations*, 12, 137–141.
- 33–BRUNTON, P. A., ABDEEN, D. & MACFARLANE, T. V. 2002. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *Journal of Endodontics*, 28, 524–526.
- 34–D’ASSUNCÃO, F. L. C., DE ALBUQUERQUE, D. S., SALAZAR–SILVA, J. R., DE QUEIROZ FERREIRA, L. C. & BEZERRA, P. M. 2007. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX–II: an evaluation in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104, e50–e53.

- 35-DANDASHI, M. B., NAZIF, M. M., ZULLO, T., ELLIOTT, M. A., SCHNEIDER, L. G. & CZONSTKOWSKY, M. 1993. An in vitro comparison of three endodontic techniques for primary incisors. *Pediatric dentistry*, 15, 253–253.
- 36-EHSAN, S. 2011. Comparative role of radiographs and electronic apex locator in working length determination. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 31.
- 37-ELAYOUTI, A., WEIGER, R. & LÖST, C. 2002. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *Journal of endodontics*, 28, 116–119.
- 38-FUKS, A. & EIDELMAN, E. 1991. Pulp therapy in the primary dentition. *Current opinion in dentistry*, 1, 556–563.
- 39-HASSANIEN, E. E., HASHEM, A. & CHALFIN, H. 2008. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. *Journal of endodontics*, 34, 408–412.
- 40-HERRERA, M., ÁBALOS, C., PLANAS, A. J. & LLAMAS, R. 2007. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *Journal of endodontics*, 33, 995–998.
- 41-HUANG, L. 1987. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *Journal of endodontics*, 13, 60–64.
- 42-JENKINS, J. A., WALKER III, W. A., SCHINDLER, W. G. & FLORES, C. M. 2001. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*, 27, 209–211.
- 43-KAUFMAN, A., KEILA, S. & YOSHPE, M. 2002. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *International endodontic journal*, 35, 186–192.
- 44-KIELBASSA, A. M., MULLER, U., MUNZ, I. & MONTING, J. S. 2003. Clinical evaluation of the measuring accuracy of ROOT ZX in primary teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 95, 94–100.
- 45-LEONARDO, M. R., SILVA, L. A. B. D., NELSON-FILHO, P., SILVA, R. A. B. D. & LUCISANO, M. P. 2009. Ex vivo accuracy of an apex locator using digital signal processing in primary teeth. *Pediatric dentistry*, 31, 320–322.
- 46-MENTE, J., SEIDEL, J., BUCHALLA, W. & KOCH, M. 2002. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *International Endodontic Journal*, 35, 447–452.

- 47-MOHAMMED, A. G. 2009. An in vitro comparison of root canal length measurements in primary teeth. *Al-Rafidain Dental Journal*, 9, 77-82.
- 48-NEENA, I., ANANTHRAJ, A., PRAVEEN, P., KARTHIK, V. & RANI, P. 2011. Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in root length determination of primary teeth. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 29, 300.
- 49-NEKOO FAR, M., GHANDI, M., HAYES, S. & DUMMER, P. 2006. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal*, 39, 595-609.
- 50-PLOTINO, G., GRANDE, N., BRIGANTE, L., LESTI, B. & SOMMA, F. 2006. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *International Endodontic Journal*, 39, 408-414.
- 51-SAITO, T. & YAMASHITA, Y. 1990. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dentistry in Japan*, 27, 65-72.
- 52-SANTOS, L. D. M. S. & DOS REIS, J. I. L. 2009. Comparative analysis of the electronic and radiographic determination of root canal length of primary molars—an ex vivo study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 8, 189-192.
- 53-SHABAHANG, S., GOON, W. W. & GLUSKIN, A. H. 1996. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 22, 616-618.
- 54-SHANMUGARAJ, M., NIVEDHA, R., MATHAN, R. & BALAGOPAL, S. 2007. Evaluation of working length determination methods: An in vivo/ex vivo study. *Indian journal of dental research*, 18, 60.
- 55-TAKUSHIGE, T., CRUZ, E., ASGOR MORAL, A. & HOSHINO, E. 2004. Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *International endodontic journal*, 37, 132-138.