

## إمكانية استخدام ظاهرة تسطح ذروة الجذر على المقاطع الطبقيّة المحورية المتتالية كمشعر شعاعي لامتنصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية

الدكتور يزن ججاج\*

الدكتور محمد يوسف\*\*

(تاريخ الإيداع 6 / 9 / 2011. قُبِلَ للنشر في 24 / 6 / 2012)

### □ ملخّص □

يدرس هذا البحث مدى إمكانية استخدام ظاهرة تسطح الذروة كمشعر لإنتشار الامتنصاص خلال الستة الأشهر الأولى من المعالجة التقويمية وذلك من خلال تقييم الامتنصاص على المقطعين المحوريين المتتاليين الأول والثاني للذروة المصابة بالامتصاص؛ تألفت مواد البحث من صور طبقية محورية وثلاثية الأبعاد ل 100 مريض (76 أنثى و 24 ذكراً) خضعوا لمعالجة تقويمية بتقانات مختلفة، حيث تم إجراء الصور المذكورة باستخدام جهاز طبقي محوري حلزوني و بمعدل ثلاث صور لكل مريض جميع الصور بحيث كانت الأولى (t1) قبل المعالجة والثانية (t2) بعد مضي 3 أشهر من المعالجة و الثالثة (t3) بعد مضي 6 أشهر؛ تمت مقارنة كل متغير شعاعي أصيبت به جذور الأسنان في المرحلة (t1) مع ما يقابلها في كلٍ من المرحلتين (t2) و (t3) وذلك باستخدام اختبار t الإحصائي عند مستوى الدلالة:  $P < 0.05$ ؛ أكدت هذه الدراسة إمكانية استخدام ظاهرة تسطح الذروة كمشعر لإنتشار الامتنصاص خلال الستة الأشهر الأولى من المعالجة التقويمية وذلك من خلال تقييم الامتنصاص على المقطع المحوري الأول ولكن ليس على المقطع المحوري الثاني، كما بينت هذه الدراسة أن عملية امتصاص الجذور تتطلق مبكراً خلال الأشهر الثلاثة الأولى من بداية المعالجة التقويمية.

الكلمات المفتاحية: امتصاص الجذور - ظاهرة تسطح الجذور - تصوير شعاعي طبقي محوري - مقاطع محورية.

\* مدرس - قسم تقويم الأسنان والفكين كلية طب الأسنان - جامعة تشرين

\*\* أستاذ - قسم تقويم الأسنان والفكين كلية طب الأسنان - جامعة دمشق

## **The Possibility of Using the Phenomenon of Root Apex Flattening on the Successive C.T. Axial Sections as a Radiographic Parameter of the Root Resorption during the Orthodontic Treatment.**

**Dr. Yazan Jahjah\***

**Dr. Mohamed Youssef\*\***

**(Received 6/ 9 / 2011. Accepted 24 / 6 / 2012)**

### **□ ABSTRACT □**

The aim of this study is to evaluate the possibility of using the phenomenon of extend of the resorption on sectional area on the first two successive c.t. axial sections of the apex of the teeth root as radiographic parameter of the root resorption during the orthodontic treatment; Axial CT-scans and C.T. reconstructed 3-D graphs of 76 females & 24 males were taken; patients were treated with different kinds of orthodontic techniques. All graphs were taken by a Spiral C.T. at the beginning (T1), after 3 (T2) and 6 months (T3) of the treatment; tooth length and extend of the resorption on sectional area on first and second axial slices were studied. Every variable in each stage was compared with the same variable in other stages using T-test( $P < 0.05$ ).

The current results reveal that the extend of the resorption on sectional area on the first axial slice on the successive C.T. axial sections of the apex of the teeth root can be used as an early radiographic index of root resorption at the beginning of orthodontic treatment, but not the second axial slice; in addition, most changes took place during the first 3 months of orthodontic treatment.

**Key Words:** Root Resorption, Phenomenon of Root Apex Flattening, Radiographic Axial C.T. Scan, Axial Slices.

---

\*Assistant Professor, Department, Dental School At Tishreenuniversity, Damascus, Syria.

\*\*Professor Department, Dental School at Damascus University, Damascus, Syria.

## مقدمة:

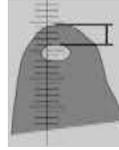
تتجم الإصابات بامتصاص الجذور عن تصافر عدة عوامل يمكن تقسيمها إلى بيولوجية وميكانيكية [12] إلا أنه ما يزال دور كل منها مثار جدل ودراسة حتى الآن (30,59,66,63,61,9,12,55,54, 29, 33, 34, 36, 37, 92, 14, 81, 87, 86, 4, 71, 49,) وذلك على الرغم من مرور أكثر من قرن ونصف على أول دراسة حول العلاقة ما بين المعالجة التقويمية ومشكلة امتصاص الجذور (13)، (67) ومن خلال العدد الكبير للدراسات التي تناولت مشكلة امتصاص الجذور والأسباب المؤدية لها في الأدب الطبي، يمكن تلخيص هذه الأسباب كما في الجدول (1):

جدول 1 العوامل الرئيسية التي من الممكن أن تسبب امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية

أهم العوامل التي من الممكن أن تسبب امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية	
بيولوجية	العمر [60,80,50]، الجنس [77,40,39,86]، العامل الوراثي [6,5,1,42]، الأمراض، الأدوية [24]، الرضوض [62,7777]، الخلل الوظيفي والعادات السيئة [70,68,48,91]، شكل الجذر [57,6993]، ترتيب وموقع السن [79,72,985]، إنطمار الأسنان [2759].
ميكانيكية	القوى التقويمية الزائدة [23,17,1682]، التواتر المتسارع في تطبيق القوة التقويمية [74,53,3,7575]، المعالجة التقويمية الطويلة [2828,21, 35]، نوع الحركة التقويمية [45,43,19, 59]، نوع التقنية التقويمية المطبقة [30,33,54, 55,12,9,63,66,59,29].

نسيجياً ، وبحسب (1988Tronstad) فإن الامتصاص الذي يحدث في بداية تطبيق القوة التقويمية غالباً ما يكون (امتصاص إتهابي أي) وقابلاً للترميم الذاتي بوساطة النسيج الشبيه بالملاط شرط أن يكون مسبب الضرر في الحدود الدنيا ولفترة قصيرة، ولذلك غالباً لا يمكن كشف هذا الامتصاص الآني شعاعياً في بداية تطبيق القوى التقويمية ولكن ما أن يتدخل عامل ما من العوامل المسببة لامتنصاص الجذور تبدأ عملية الاستحالة الزجاجية للرباط التي تسبق ظهور امتصاص الجذور كاختلاط يصعب على العضوية ترميمه ذاتياً ويمكن كشفه شعاعياً (16)، (17) وبعد امتصاص الجذور الناجم عن المعالجة التقويمية امتصاصاً سطحياً خارجياً [2,56,8080] كونه عملية التهابية تصيب المحيط الخارجي لجذر السن [87] وقد يصيب الامتنصاص ذروة السن فينقص طوله مما يدل على انتشار الامتنصاص في الاتجاه العمودي، وهو ما اعتمده معظم الدراسات كمشعر أساسي لتشخيص الامتنصاص، كما قد يتجلى الامتنصاص على شكل (فجوات امتصاص) قد تصيب الذروة (46) أو عنق السن (32)، وتعتبر الفجوات هي المرحلة المبكرة لاختلاط امتصاص الجذور [97,95,45] إلا أن كل من الحركة الجسمية وحركة الإماله (بما في ذلك حركة الإماله الناجمة عن التوسيع الحنكي) تسببان نشوء قوى أكثر ما تتركز عند القنزعة السنخية وليس عند ذرى الجذور ما يجعل نشوء فجوات الامتنصاص عند عنق السن هو الشكل الشعاعي المميز الناجم عن تطبيق هاتين الحركتين (85)، ويرى (Reitan 1974) أن توزع الضغط على مدى سطح الجذر الذي يحصل في أثناء تطبيق الحركة الجسمية يجعل الحركة الجسمية أقل خطراً من حركة الإماله، وهو أمر لم يوافق عليه (L12007) الذي وجد أن تطبيق الحركة الجسمية سيركز الضغط في منطقة عنق الجذر مما يعني زيادة فرصة إصابة تلك المنطقة بالامتصاص (58)، لتشخيص اختلاط امتصاص الجذور يمكن اللجوء إلى التصوير الشعاعي الذروي للكشف عن النقص في طول الجذر، ولكنها وسيلة تشخيصية غير دقيقة في هذا المضمار (1). (3) لأن الصور الذروية لا

تستطيع دائماً كشف امتصاص الجذور خصوصاً إذا ما توضع الإصابة على السطح الدهليزي أو الحنكي لجذور الأسنان العلوية، وعلى السطح الدهليزي أو اللساني لجذور الأسنان السفلية (15)، كما لا يستطيع التصوير الشعاعي الذروي كشف فجوات ذات قطر أقل من 0.6 ملم وذات عمق أقل من 0.3 ملم [22] ولذلك تعجز هذه التقنية الشعاعية عن الكشف المبكر للإصابة بامتصاص الجذور (52)، وكذلك الأمر بالنسبة للتصوير البانورامي الذي يعجز أيضاً عن الكشف المبكر والدقيق لامتناص الجذور [10، 86، 20]، على عكس التصوير الطبقي المحوري (وتعدلاته) الذي يمكن من خلاله مبكراً ويشكل أدق دراسة كلاً من نقص الطول والفجوات (22، 31، 52، 76، 97) وهنأ لا بد من الإشارة إلى أن المظاهر الشعاعية لامتناص الجذور لا تقتصر فقط على مشعري (نقص طول السن) و (الفجوات)، ففي بحث دكتوراه (ججاج 2009)، تمالتتويه إلى مصطلح (سطح الجذور) الذي يدل على ظاهرة تغير مقطع الذروة من (نقطة) قبل المعالجة إلى (مساحة) على المقاطع المحورية وبالذات على أول مقطع محوري تظهر فيه بداية الذروة ولكن الباحث آنذاك لم يتحرر مدى إمكانية استخدام هذه الظاهرة على أول وثاني مقطع محوري كمشعر لامتناص الجذور، ولتوضيح فكرة التسطح نعود إلى شكل الذروة السليم التشريحي حيث نجد أنها لا تنتهي بفوهة واسعة، بل تقع هذه الفوهة الواسعة تحت ذروة الجذر بمسافة أقل من واحد ملم وسطياً، وذلك بشكل مائل بالنسبة للمحور الطولي للسن (Martos 2009).



الشكل 1 موقع وبعد الفوهة الواسعة عن نهاية ذروة جذر السن (Martos 2009)

حيث وجد ججاج (98)، في رسالته أن نهاية ذروة الجذر السليمة تبدو على المقطع المحوري المار بها على شكل نقطة (وليس على شكل ثقب واسع) وعندما تصاب الذروة بالامتصاص فإن مقطع منطقة الإصابة على الصور المحورية سيكون أسفل مكان الذروة السليم السابق إذا كان السن علوياً، أما إذا كان السن سفلياً فإن مقطع منطقة الإصابة سيكون أعلى من مكان الذروة السليم السابق، وفي كلا الحالتين ستكون مساحة مقطع الذروة المصابة أكبر مما كانت عليه مساحة مقطع الذروة عندما كانت سليمة وذلك بسبب الشكل التشريحي المخروطي لجذر السن.

## أهمية البحث وأهدافه

بشكل عام يمكن القول إن الكشف المبكر لامتناص الجذور يعدّ ذا أهمية قصوى ويشكل تحدياً لاختصاصي تقويم الأسنان لما له من دور مهم جداً في اتخاذ التدبير المناسب أبكر ما يمكن عند اكتشافه. يهدف هذا البحث إلى دراسة مدى إمكانية الاستعانة بظاهرة تسطح الذروة كمشعر لتحديد انتشار امتصاص الجذور خلال الستة أشهر الأولى من المعالجة التقويمية وذلك باستخدام تقنية التصوير الطبقي المحوري لتقييم الامتناص على المقطعين المحوريين الأول والثاني (المتتالين بفارق واحد ملليمتر) للذروة المصابة بالامتصاص.

## طرائق البحث ومواده

## مواد البحث:

تألفت العينة من أرشيف مائة مريض لديه سوء إطباق من المرضى المراجعين لقسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق (24 ذكر أي 24% من مجموع العينة، و76 أنثى أي 76% من مجموع العينة) تراوحت أعمارهم ما بين 15 إلى 21 سنة، كان الباحثان أصلاًهما من قام بانتقائهم وجمع كافة بياناتهم سابقاً، حيث تم التأكد عدم وجود أي عامل من العوامل المؤهبة لحدوث امتصاص الجذور ألا وهي: 1- لا يعاني المريض من أي أمراض عامة المزمنة (لا سابقاً ولا حالياً) ولا يتناول أي نوع من الأدوية (ولا حتى الفيتامينات) وقُبلَ المرضى الذين تناولوا مسكنات غير ستروئيدية بشكل عابر ( وليس بشكل منتظم)؛ 2- لم يخضع المريض سابقاً إلى أي معالجة تقويمية من أي نوع كان؛ 3- استبعد مرضى التناذرات. 4- لم تسبق إصابتهم بالرضوض على مستوى الأسنان والفكين؛ 5- لا توجد أسنان مُتَوَجَّعة؛ 6- لا توجد عادة سيئة (قضم أطافر، مص إصبع، مص الشفة الخ..). ولا يعانون من أي مشكلة من مشاكل المفصل الفكي الصدغي؛ 7- عدم وجود أمراض وراثية وعدم وجود أقارب عانوا من الإصابة بمشكلة ما نتيجة لمعالجة تقويمية سابقة وذلك من خلال الاستجواب؛ 8- لا توجد أسنان معالجة لبيياً؛ 9- لا توجد أسنان متهدمة أو مرشحة للقلع لأسباب مرضية؛ 10- لا توجد جذور أسنان ممتصة أو شاذة الشكل وذلك استناداً إلى الصور البانورامية والطبقي المحوري؛ 11- قُبلَ المرضى الذين لديهم حشوات سطحية ومتوسطة على ألا تكون الحشوات معدنية حتى لا تسبب مظاهر شعاعية كاذبة في أثناء التصوير الطبقي المحوري؛ 12- استبعدت حالات الاضطرابات الهيكلية الشديدة وحالات الصنف الثالث.

تم انتقاء المرضى بحيث تكون نوعية سوء الإطباق متقاربة قدر الإمكان (وفقاً لتصنيف د. محمد يوسف ) ، على أن يكون الإطباق دائماً، والأسنان كاملة العدد (باستثناء الأرحاء الثالثة الدائمة) مع عدم أسنان متبقية وعدم وجود أي ترميمات (باستثناء حشوات الكمبوزيت السطحية)، وتلقى كل مريض معالجة تقويمية تم بموجبها تطبيق أجهزة متحركة وأجهزة ثابتة (وفقاً لتقانات Straight Wire و Edgewise و أقواس مجزأة بحسب Ricketts ) وذلك بناءً على خطة معالجة تتناسب مع حالة سوء الإطباق لدى كل مريض:

جدول (2): متوسط عمر أفراد العينة، وتوزعهم بحسب الجنس.

متوسط العمر (بالسنة)	عدد الإناث	عدد الذكور	عدد المرضى الكلي
17.81	76	24	100

## طرائق البحث:

**1 التصوير الشعاعي:** تم إجراء صور شعاعية سيفالومترية جانبية وبانورامية الضرورية قبل البدء بالمعالجة التقويمية وذلك لوضع التشخيص وخطة المعالجة التقويمية المناسبة، فضلاً عن التصوير الطبقي المحوري الحلزوني ( t1 ) كوسيلة لكشف الإصابة بامتصاص الجذور، و كرر التصوير الطبقي المحوري الحلزوني بعد مضي 3 أشهر (t2) من تطبيق الأجهزة التقويمية، ثم بعد 6 أشهر (t3) من تطبيق الأجهزة التقويمية وذلك بوساطة الجهاز الطبقي المحوري الحلزوني (ووحدة الحاسب الملحقة به - Toshiba) الموجود في مستشفى الأسد الجامعي من نوع :

**Toshiba Xvision GX 1997, {Single Slice Helical - -20 kVp, and 100 mA}80,000 Slices on 4.0MHU Varian Tube, 815,000 Rotations on Gantry, DICOM, 3D imaging**

أمكن الحصول على مقاطع محورية بحيث يكون أول مقطع بعيداً عن أعلى ذروة جذر حوالي 7 ملم والمقطع الأخير مماساً لحافة الذقن وبالتالي كانفي أرشيف السجل الشعاعي لكل مريض وسطياً 150 مقطعاً محورياً، حيث تمت دراسة المقاطع الخمسة عشرة الأولى للذروة مقطع إثر مقطع بوساطة تقانة الصورة العالية الجودة، أما بالنسبة لوضعية المريض في أثناء التصوير الطبقي المحوري فقد كانت وفقاً لطريقة (Hugo 1981) ولكن بسماكة مقطعية تساوي واحد مليمتر توخياً لمزيد من الدقة في تفاصيل الصورة الشعاعية المقطعية الثنائية الأبعاد بحسب توصية كلٍ من (Togashi 2002) و (Perrella 2007)، تم أخذ موافقة المرضى وذويهم لإجراء الاستقصاءات الشعاعية المذكورة حيث تم إعلامهم أنها لغرض البحث العلمي البحت.

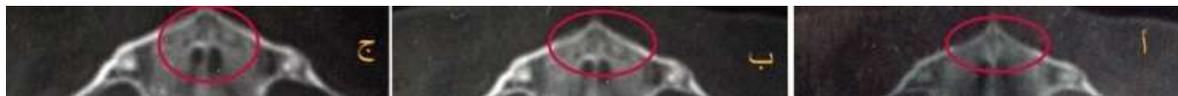
**2 المعالجة المطبقة:** المعالجة كانت قد أجريت من قبل طبيب تقويم واحد، حيث تم تطبيق حاصرات خزفية عوضاً عن الحاصرات المعدنية التي يمكن أن تسبب مظاهر شعاعية كاذبة في أثناء التصوير الطبقي المحوري) وأطواق من شركة مصنعة واحدة وقياس شق حاصرة موحد ( 0.018 إنش) وكانت التسوية تبدأ باستخدام أسلاك NITI المستديرة قياس 0.012 إنش وذلك عند تطبيق تقانيتي E.W. و S.W.، أما بالنسبة لتقانة الأقواس المجزأة فقد تم استخدام القوس المفيد (Utility) (arch) ونوابض الإرجاع وفقاً للاستطباب والضرورة بحسب (Ricketts 1976)، حيث تم تصنيعها يدوياً من أسلاك Blue Elgiloy المصنع قياس 0.016 x 0.016 إنش، وكان التنشيط يتم كل 3 أسابيع؛ وفيما يخص الأجهزة المتحركة فقد كانت عبارة عن صفائح إكربيلية تتضمن عناصر مثبتة تقليدية (ضمانات أدمز و أقواس هوللي) فضلاً عن عناصر نشطة كنوابض الدفع والموسعات، وبما أن الحالات الهيكلية كانت قد استبعدت سلفاً، فإنه لم يتم تطبيق أجهزة وظيفية، هذا وقد تم تصنيع جميع الأجهزة المتحركة من قبل مخبري واحد محترف استخدم مواداً من الشركة نفسها في كل مرة كان يصنع الجهاز التقويمي.

### كيفية دراسة صور الطبقي المحوري:

(أ) دراسة صور الطبقي المحور يقبل المعالجة (t1): تمت دراسة الصور ثلاثية الأبعاد لجذور الأسنان بحثاً عن أي تغيير (شكلي أو لوني) في الحدود الخارجية للجذور وقياس أطوال الأسنان، وللحصول على الطول الحقيقي للسّن تم قياس أطوال الأسنان وحيدة الجذر من التاج حتى ذروة الجذر بحسب ما اقترح (Wierzbicki 2009) و (Chan 2004) و (Steffen 2007) و (Ari-Demirkayaa 2005)، أما بالنسبة للأرجاء والضواحك فقد تم اعتماد ذرى الحدبات ونهاية الجذور بحسب (Beck 1994) و (Hendrix 1994) وذلك لجميع الأسنان من الرحي الأولى اليمنى إلى الرحي الأولى اليسرى على الفكين العلوي والسفلي.

على المقاطع المحورية (axial slices) فُحصت أول خمسة عشر مقطعاً من مقاطع الجذر بحثاً عن أي تغيير (شكلي أو لوني) في الحدود الخارجية للجذر والحدود الداخلية للقناة اللبية، كما دُرست ظاهرة تسطح الذروة المصابة، فكان يتم قياس أكبر قطر لمقطع جذر السن وذلك على أول صورة مقطعية تظهر فيها بنية ذروة الجذر، ومن ثم على المقطع الذي يتلوه بواحد مليمتر أيضاً وذلك للتأكد من مدى انتشار الامتناص في المنطقة التالية لذروة الجذر المصابة.

تظهر صور المقطع المحوري الأول والثاني، المجراة قبل المعالجة (t1) بنية الذروة السليمة على شكل مساحة نقطية منتظمة الحواف يعجز الحاسب عن قياس قطرها فيقرب الحاسب القراءة إلى الصفر وذلك على المقطعين المحوريين الأول والثاني مما يدل على سلامة ذروة الجذر.



الشكل 2 ثلاثة مقاطع محورية متتالية بمقدار 1 ملم، تبدأ أعلى من مستوى ذرى قواطع علوية سليمة لدى المريض 3 (t1).

في الشكل 2، المقطع المحوري الأول (أ) يمثل مقطع محوري يمر بالفك العلوي قبل ظهور ذرى القواطع العلوية والتي من المفترض أن تظهر بها في المقاطع اللاحقة، أما في المقطع المحوري الثاني (ب) فتظهر في المنطقة المحاطة أربع مساحات بيضاء نقطية الشكل لم يستطع حاسب الجهاز الطبقي المحوري قياس أبعادها نظراً لصغر مساحتها، وهي عبارة عن مقطع بداية ذرى القواطع العلوية، في المقطع المحوري الثالث (ج) أصبحت المساحات البيضاء الأربع أكثر وضوحاً إلا أنها ما تزال أصغر من أن يستطيع الحاسب قياس القطر الأقصى لمقاطع الذرى، ونشير هنا إلى أن القياسات أجريت بواسطة حاسوب جهاز الطبقي المحوري الحلزوني، وعند الحاجة لإجراء قياسات إضافية لاحقة على صور أو مقاطع لم تقس سابقاً بحاسب جهاز الطبقي المحوري الحلزوني كانت هذه الصور تمسح بواسطة الماسح الضوئي من نوع:

*Epson Perfection V700 Photo Scanner B11B178011, Dual Lens System*

ومن ثم تجرى القياسات بواسطة برنامج (2008-AutoCAD) وفقاً لطريقة (Ari-Demirkayaa 2005) وذلك نظراً لتعذر النسخ الرقمي للصور مباشرة من حاسب جهاز الطبقي المحوري لأسباب تقنية.

(ب) دراسة صور الطبقي المحوري بعد ثلاثة أشهر (t2): على الصور المقطعية أعيدت دراسة مدى تسطح الذروة، فتم قياس أكبر قطر لمقطع جذر السن على أول صورة مقطعية تظهر فيها بنية ذروة الجذر وعلى المقطع التالي أيضاً الذي يتلوه بمليمتر واحد ومقارنة النتيجة مع تلك التي كانت في المرحلة t1 (جرت مطابقة مرتبتين عشريتين يمين الفاصلة).



الشكل 3- مقطع محوري يبدأ من مستوى ذرى القواطع العلوية (مصابة بالامتصاص) وذلك لدى المريض رقم 3 في t2 حيث يلاحظ أن ذرى القواطع أصبح مسطحة عبارة عن مساحة مستديرة الحواف يمكن حساب قطرها (وليس نقطة كما كانت في t1)؛ ب- المقطع المحوري الذي يلي المقطع (أ) بمقدار 1 ملم نحو الأسفل وذلك في t2 لدى المريض رقم 3 وقد أمكن قياس القطر الأقصى لمقاطع الذرى هنا أيضاً.

لاحقاً كانت المعلومات المستقاة من الصور المقطعية المحورية تقاطع مع معطيات الصور ثلاثية الأبعاد للتأكد من إصابة ذروة الجذر بالامتصاص، فتمت على الصور ثلاثية الأبعاد مقارنة قياس أطوال الأسنان المسجلة قبل المعالجة (t1) مع القيم المسجلة في مرحلة (t2) (جرت مطابقة مرتبتين عشريتين يمين الفاصلة) وتسجيل الفرق إذا ما

وجد؛ من خلال قياسات الحاسب كان يتم استثناء الأسنان التي لم يتغير قياس طولها (والتي بالتالي تلك لم تصب ذروتها بالامتصاص) من الدراسة.

(ج) **دراسة صور الطبقي المحوري بعد ستة أشهر (t3):** على الصور المقطعية أعيدت دراسة مدى تسطح الذروة، فتم قياس أكبر قطر لمقطع جذر السن على أول صورة مقطعية تظهر فيها بنية ذروة الجذر وعلى المقطع التالي أيضاً الذي يتلوه بمليمتر واحد ومقارنة النتيجة مع تلك التي كانت في كلٍ من المرحلتين t1 و t2 (جرت مطابقة مرتبتين عشريتين يمين الفاصلة).



الشكل 4- مقطع محوري يبدأ من مستوى ذرى القواطع العلوية التي أصيبت بالامتصاص وذلك لدى المريض رقم 3 في t3 حيث يلاحظ أن ذرى القواطع أصبح مسقطها عبارة عن مساحة مستديرة الحواف ؛ ب- المقطع المحوري الذي يلي المقطع (أ) بمقدار 1 ملم نحو الأسفل وذلك في t3 لدى المريض رقم 3 ، في كلٍ من الصورتين أمكن قياس القطر الأقصى لمقاطع ذرى القواطع المصابة بالامتصاص.

لاحقاً كانت المعلومات المستقاة من الصور المقطعية المحورية تقاطع مع معطيات الصور ثلاثية الأبعاد للتأكد من إصابة ذروة الجذر بالامتصاص، فتمت على الصور ثلاثية الأبعاد مقارنة قياس أطوال الأسنان المسجلة في المرحلة (t3) مع القيم المسجلة في كلٍ من المرحلتين t1 و t2 (جرت مطابقة مرتبتين عشريتين يمين الفاصلة) وتسجيل الفرق إذا ما وجد، حيث كان يتم استثناء الأسنان التي لم يتغير قياس طولها (والتي بالتالي لم تصب ذروتها بالامتصاص) من الدراسة .

**3 طرق الدراسة الإحصائية:** على صور الطبقي المحوري ثلاثية الأبعاد تم قياس أطوال الأسنان لتشخيص الإصابة بامتصاص الجذور، كما رُصدَ تسطح جذور الأسنان وذلك على صور الطبقي المحوري المقطعية، وانطلاقاً من هذه المعطيات:

• تمت مقارنة أطوال الأسنان في المرحلة (t2) مع نظيرتها قبل المعالجة (t1) فضلاً عن مقارنة أطوال الأسنان في المرحلة (t3) مع نظيرتها قبل المعالجة (t1) وذلك باستخدام اختبار t الإحصائي Paired Two t Test : Sample for means عند مستوى الدلالة:  $0.05 > P$

• كل سن أصيب بتسطح الذروة نتيجة للامتصاص في المرحلة (t2) تمت مقارنة قياس أكبر قطر لمقطع ذروة جذره على أول صورة مقطعية تظهر فيها بنية ذروة ذلك الجذرع المتغيرات نفسها في المرحلة t3 وذلك باستخدام اختبار Paired Two Sample for means: t Test عند مستوى الدلالة:  $0.05 > P$

• كل سن أصيب بتسطح الذروة نتيجة للامتصاص في المرحلة (t2) تمت مقارنة قياس أكبر قطر لمقطع ذروة جذره على ثاني صورة مقطعية تظهر فيها بنية ذروة ذلك الجذر مع المتغيرات نفسها في المرحلة t3 وذلك باستخدام اختبار Paired Two Sample for means: t Test عند مستوى الدلالة:  $0.05 > P$

• تم تكرار جميع القياسات من قبل إختصاصي أشعة وذلك لتحديد دقة القياس ما بين القراءة الشعاعية الأولى (التي قمنا بها) والثانية (التي قام بها إختصاصي الأشعة) بواسطة تحليل Paired Two Sample For :t-Test Means عند مستوى الدلالة  $0.05 < P$  ولم تكن هناك فروقات ذات دلالة إحصائية بين القراءتين.

جميع القياسات تم تقييمها ودراستها إحصائياً من قبل اختصاصي بالإحصاء أجري جميع التحاليل الإحصائية بواسطة برنامج Microsoft Office Excel 2010.

## النتائج والمناقشة:

### النتائج:

#### 1 نتائج دراسة الامتصاص في المرحلة (t2):

- أ- عدد المرضى المصابين في المرحلة (t2): في المرحلة (t2) بلغ عدد الحالات التي حصل فيها الامتصاص 6 حالات، أي بنسبة 6 % بالنسبة لجميع أفراد العينة، حيث بلغ متوسط أعمار المرضى الذين أصيبوا بامتصاص الجذور بعد 3 أشهر من تطبيق المعالجة التقويمية 16.7 سنة.
- ب- عدد الأسنان المصابة وتوزعها في المرحلة (t2): في المرحلة (t2) بلغ مجموع عدد الأسنان التي طبقت عليها المعالجة التقويمية 2132 سن، توزعت هذه الأسنان بحسب المجموعات كما في الآتي:

جدول(3): عدد الأسنان المطبق عليها المعالجة التقويمية وعدد المصاب منها ونسبتها، ونوع تلك الأسنان المصابة وذلك في t2

عدد الأسنان التي طبقت عليها الأجهزة (t2)	عدد الأسنان المصابة (t2)	النسبة المئوية	نوع الأسنان المصابة (t2)
2132	14	0.65 %	11 ثنية علوية ورباعيتان علويتان (يمنى ويسرى) وضاحك ثاني علوي أيمن

#### ج- تناقص طول جذر السن على الصور ثلاثية الأبعاد في المرحلة (t2):

تم إجراء اختبار t Test ( $P > 0.05$ ) لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين مرحلة (t1) وبين مرحلة (t2) ووجد أن النتيجة دالة إحصائياً في مجموعة تقانة السلك المستقيم فقط.

جدول(4): اختبار t لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين المرحلة (t1) والمرحلة (t2).

الدالة	P	الفرق	الطول t2		الطول t1		n
			الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
(دال)+	0.005	1.9	2.8	19.6	5	21.5	14

د- ظاهرة تسطح الجذر في المرحلة (t2): لم تتعرض جميع الأسنان التي نقص طولها بسبب الامتصاص إلى ظاهرة التسطح، ففي المرحلة t3 رصد فيها ظاهرة تسطح جذور ثمانية أسنان موزعة على 3 مرضى، وفيما يأتي جدول يتضمن قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة ظهرت إصابتها بالتسطح على أول صورة مقطعية في المرحلة (t2) فقط.

جدول(5): قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على أول وثاني صورة مقطعية وذلك فقط في المرحلة (t2):

المريض	السن المصاب	أكثر قطر لمقطع الذروة على أول صورة مقطعية (t2) _ ملم	أكثر قطر لمقطع الذروة على ثاني صورة مقطعية (t2) _ ملم

3.39	2.49	الشعبة اليمنى لجذر 11	المريض 1
4	3.39	21	
3.46	3.46	11	المريض 2
3.61	3.61	21	
3.35	3.35	الشعبة اليمنى لجذر 12	
3.86	3.86	22	
2.62	2.85	11	المريض 3
2.2	1.79	21	

يُلاحظ من خلال الجدول السابق أعلاه أن السن 11 لدى المريض 1 والسن 12 لدى المريض 2 قد تشعبت ذروتيهما، وأن الحاسب على الصورة المقطعية الأولى والثانية، قام بقياس قطر مقطع كلٍ من ذروة الشعبة اليمنى لجذر السن 11 لدى المريض رقم 1 وذروة الشعبة اليمنى لجذر السن 12 لدى المريض رقم 2 بينما لم يستطع قياس قطر مقطع الشعب اليسرى وذلك لتناهي صغر مساحة المقطع لذلك يقرب حاسب وحدة الطبقي المحوري القياس إلى الصفر.

## 2 نتائج دراسة الامتصاص في المرحلة (t3):

أ- عدد المرضى المصابين. في المرحلة (t3):.

المرضى الذين أصيبت أسنانهم بامتصاص الجذور بعد 6 أشهر من بدء المعالجة التقويمية هم أنفسهم بعد 3 أشهر وبذلك تكون نسب الإصابة التي وجدت بعد 6 أشهر من تطبيق المعالجة التقويمية هي نفسها بعد 3 أشهر لأن توزيع الإصابة ضمن مجموعات المرضى الأربعة ونسبها بعد 6 أشهر من بدء المعالجة التقويمية لم يختلف عما كانت عليه بعد 3 أشهر.

ب- عدد الأسنان المصابة وتوزعها في المرحلة (t3):

في هذه المرحلة بلغ مجموع عدد الأسنان التي طبقت عليها المعالجة التقويمية 2132 سن (أي العدد نفسه الذي كان في t2).

جدول (6): عدد الأسنان المطبق عليها المعالجة التقويمية وعدد المصاب منها ونسبتها، ونوع تلك الأسنان المصابة في t3.

نوع الأسنان المصابة (t3)	النسبة المئوية	عدد الأسنان المصابة (t3)	عدد الأسنان التي طبقت عليها الأجهزة (t3)
12 ثنية علوية ورباعيتان علويتان (يمنى ويسرى) وضاحك ثانٍ علوي أيمن	0.7 %	15	2132

الجدول أعلاه يبين أنه في (t3) قد ظهرت إصابة جديدة وهي عبارة عن إصابة ثنية علوية يسرى لدى مريضة أصلاً كانت ثنيتها العلوية اليمنى مصابة في (t2).

ج- النقص في طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد في المرحلة (t3):. المرضى الذين أصيبت لديهم الأسنان بنقص في الطول في t3 هم أنفسهم الذين أصيبت أطوال جذورهم بالنقص في t2، لوحظ أحياناً ظاهرة (انقسام) ذروة الجذر إلى شعبتين على الصور ثلاثية الأبعاد وذلك نتيجة لتغلب المركبة العمودية في انتشار امتصاص الجذور. تم إجراء اختبار t (عند مستوى الدلالة  $\alpha=0.05$ ) لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين مرحلة ما قبل المعالجة وبين مرحلة (t3):

جدول(7): اختبار t لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين مرحلة (t1) وبين مرحلة (t3)

الدلالة	P	الفرق	الطول t3		الطول t1		n
			الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
(دال)+	0.001	4.3	20.9	17.2	5	21.5	15

كما تم إجراء اختبار t ( عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$  ) لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين مرحلة (t2) وبين مرحلة (t3):

جدول(8): اختبار t لدراسة فرق طول السن على الصور ثلاثية الأبعاد ما بين مرحلة (t2) وبين مرحلة (t3)

الدلالة	P	الفرق	الطول t3		الطول t2		n
			الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
(دال)+	0.03	2.4	20.9	17.2	2.8	19.6	15

د- ظاهرة تسطح الجذر في المرحلة (t3): لم تتعرض جميع الأسنان التي نقص طولها بسبب الامتصاص إلى ظاهرة التسطح، ففي المرحلة t3 رصد فيها ظاهرة تسطح جذور ثمانية أسنان موزعة على 3 مرضى فقط.

جدول(9): قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على أول صورة مقطعية وعلى ثاني صورة مقطعية وذلك فقط في المرحلة (t3).

المرضى	السن المصاب	أول صورة مقطعية (t3) _ ملم	أكبر قطر لمقطع الذروة على صورة مقطعية (t3) _ ملم
المرضى 1	11 (الشعبة اليمنى للجذر)	1.25	1.79
	21	1.56	1.97
المرضى 2	11	1.76	3.69
	21	2.33	4.2
	12 (الشعبة اليمنى للجذر)	2.47	3.47
المرضى 3	22	1.91	3.43
	11	3.07	2.93
	21	2.78	2.24

في المرحلة t3 اجتاح الامتصاص ذروة الشعبة اليسرى لجذر السن 11 لدى المريض رقم 1 وذروة الشعبة اليسرى لجذر السن 12 لدى المريض رقم 2 لذلك لا تظهر في الجدولين السابقين أعلاه قياسات تخص الشعتين اللتين اختفتا بسبب الامتصاص.

تم إجراء اختبار  $t$  (عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$ ) لدراسة فرق قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على أول صورة مقطعية وذلك ما بين المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$ :

جدول 10 : اختبار  $t$  ( عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$  ) لدراسة فرق قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على أول صورة مقطعية وذلك ما بين المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$ .

الدالة	P	الفرق (مطلق)	قياس القطر الأكبر $t_3$		قياس القطر الأكبر $t_2$		n
			الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
(دال) +	0.011	0.96	0.39	2.14	0.46	3.1	8

تم إجراء اختبار  $t$  ( عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$  ) لدراسة فرق قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على ثاني صورة مقطعية وذلك ما بين المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$ :

جدول 11 : اختبار  $t$  ( عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$  ) لدراسة فرق قياس القطر الأكبر لمقطع كل ذروة مصابة بالتسطح على ثاني صورة مقطعية وذلك ما بين المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$ .

الدالة	P	الفرق (مطلق)	قياس القطر الأكبر $t_3$		قياس القطر الأكبر $t_2$		n
			الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
(غير دال) -	0.378	0.35	0.77	2.96	0.37	3.31	8

### المناقشة:

#### عدد المرضى المصابين وعدد الأسنان المصابة لديهم:

رُصدت الإصابة بامتصاص الجذور بعد 3 أشهر من تطبيق المعالجة التقويمية، وهذا يتفق مع ما خلصت إليها لعديد من الأبحاث [11، خطأ] وسيطة رمز تبديل غير معروفة. أن الإصابة بالامتصاص يمكن أن تنطلق مع بداية المعالجة التقويمية، وعلى الرغم من أن المرضى الذين رُصدت إصابتهم بامتصاص الجذور في المرحلة  $t_2$  هم أنفسهم في المرحلة  $t_3$  إلا أن عدد الأسنان في المرحلة  $t_3$  كان أكبر.

#### تسطح الذروة المصابة على أول صورة مقطعية محورية:

تم رصد تسطح الذروة على أول صورة مقطعية محورية لدى عدد من الجذور، وذلك في المرحلة  $t_2$  ثم تكررت في المرحلة  $t_3$ ، وقد وجدت علاقة دالة إحصائياً  $\{P > t\text{-test}0.05\}$  (الجدول رقم 10) ما بين قياس القطر الأكبر لمقطع الذروة المصابة بالتسطح المقاس على الصورة المقطعية المحورية الأولى للذروة المصابة في المرحلة  $t_2$  وبين قياس القطر الأكبر لمقطع الذروة المصابة بالتسطح المقاس على الصورة المقطعية المحورية الأولى للذروة المصابة في المرحلة  $t_3$  ما يعني أن الانتشار الأفقي لامتناص الجذور في الملليمتر الأول لذروة الجذر يواكب انتشاره العمودي ذلك لأن الانتشار العمودي (الذي سبب نقصاً في طول الجذر) أيضاً ذو دلالة إحصائية ما بين المرحلتين  $t_2$  أو  $t_3$  -  $t$ :  $P > t\text{-test}0.05$  (الجدول رقم 8)، كما أن تشخيص تسطح الذروة المصابة على أول صورة مقطعية محورية بعد

ثلاثة أشهر من تطبيق المعالجة التقييمية هو عبارة عن مشعر لاستمرار لاحق لانتشار امتصاص الجذر، وهذا يقتضي الحذر وأخذ هذا المشعر بالحسبان من قبل الطبيب المعالج في اتخاذ الإجراءات العلاجية المناسبة.

### تسطح الذروة المصابة على ثاني صورة مقطعية محورية:

على الرغم من أنهم رصد تسطح الذروة على ثاني صورة مقطعية محورية ( في المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$  )، إلا إنه لا يمكن استخدام ظاهرة تسطح الذروة المصابة على ثاني صورة مقطعية محورية كمشعر للإصابة بامتصاص الجذور وذلك لعدم وجود علاقة دالة إحصائية ما بين قياس القطر الأكبر لمقطع الذروة المصابة بالتسطح المقاس على الصورة المقطعية المحورية الثانية للذروة المصابة في المرحلة ( $t_2$ ) وبين قياس القطر الأكبر لمقطع الذروة المصابة بالتسطح المقاس على الصورة المقطعية المحورية الثانية للذروة المصابة في المرحلة

( $t_3$ ) ( $t$ -test  $0.05 < P$ ) (الجدول رقم 11) وبما أن الانتشار الأفقي للامتصاص في الملليمتر الثاني من

ذروة الجذر لم يعد يواكب الانتشار العمودي الذي سبب نقصاً ذا دلالة إحصائية في طول الجذر ما بين المرحلتين  $t_2$  و  $t_3$  ( $t$ -test  $0.05 > P$ ) (الجدول رقم 8)، فهذا دليل على تغلب المركبة العمودية لانتشار الامتصاص في الأشهر الستة الأولى من تطبيق المعالجة التقييمية مقارنة مع المركبة الأفقية، مما يعني أن الانتشار الأفقي للامتصاص في بداية المعالجة الأفقية يكون في حدوده الدنيا، على عكس الانتشار العمودي، وهو ما قد يُعزى إلى الشكل التشريحي لذروة الجذر المخروطي التي تتلقى الضغط الأكبر من قبل السائل الرباطي عند تحريك السن بالإضافة إلى طريقة رد الفعل للأربطة في منطقة الذروة عند تطبيق القوة التقييمية.

لم يتسنى لنا أن نقارن نتائج بحثنا المتعلقة بفكرة استخدام ظاهرة تسطح الذروة كمشعر شعاعي لاختلاط امتصاص الجذور مع نتائج أبحاث أخرى لعدم وجود بحث آخر تناول هذه الفكرة من قبل.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. يمكن لظاهرة تسطح ذروة السن على المقطع المحوري الأول أن تكون مشعراً شعاعياً لبداية الإصابة بامتصاص الجذور في سياق المعالجة التقييمية.
2. لا يمكن أن تعدّ ظاهرة تسطح ذروة السن على المقطع المحوري الثاني مشعراً شعاعياً لبداية الإصابة بامتصاص الجذور في سياق المعالجة التقييمية، وبالتالي لا تستطيع المقاطع المحورية التي تلي هذا المقطع أن تكون مشعراً مبكراً للإصابة بالامتصاص.

### التوصيات:

1. اعتماد ظاهرة تسطح ذروة السن على المقطع المحوري الأول بوصفها وسيلة تشخيصية لتحري امتصاص الجذور.
2. تحري إمكانية استخدام هذا المشعر على الصور المحورية لنقانة (cone beam) كونها النقانة الشعاعية الأقرب للتصوير الطبقي المحوري وأقل كلفة وتشعيراً.
3. إجراء دراسات أوسع حول انتشار امتصاص الجذور العمودي والأفقي في سياق المعالجة التقييمية.

## المراجع:

1. ABASS S K.;HARTSFIELD JK JR.*Orthodontics and External Apical Root Resorption. Seminars in Orthodontics* , (December 2007) Volume 13, Issue 4, Pages 246-256
2. ABUABARA A.*Biomechanical aspects of external root resorption in orthodontic therapy. Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2007 Dec 1;12(8):E610-3.
3. ACAR A; CANYUREK U; KOCAAGA M; ERVERDI N.*Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. Angle Orthod.* 1999 Apr;69(2):159-63; discussion 163-4.
4. ALEXANDER SA.:*Levels of root resorption associated with continuous arch and sectional arch mechanics.*AJO-DO. 1996;110:321–324.
5. AL-QAWASMI RA; HARTSFIELD JK JR; EVERETT ET; FLURY L; LIU L; FOROUD TM; MACRI JV; ROBERTS WE.*Genetic predisposition to external apical root resorption in orthodontic patients: linkage of chromosome-18 marker. J Dent Res.* 2003 May;82(5):356-60.
6. AL-QAWASMI RA; HARTSFIELD JK JR; EVERETT ET; WEAVER MR; FOROUD TM; FAUST DM; ROBERTS WE.*Root resorption associated with orthodontic force in inbred mice: genetic contributions.*Eur J Orthod. 2006 Feb;28(1):13-9.
7. ANDREASEN J O. *External root resorption: its implications in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics.* Int J Endodontics 1985; 18: 109-118
8. ANDREASEN JO. *Review of root resorption systems and models. Etiology of root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. In: DAVIDOVITCHZ, ed. Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption.* 1988:9-22.
9. APAJALAHTI S ;PELTOLA J S. *Apical root resorption after orthodontic treatment-a retrospective study* The European Journal of Orthodontics 2007 29(4):408-412;
10. ARI-DEMIRKAYAA A; AL MASRYB M; ERVERDIC N.*Apical Root Resorption of Maxillary First Molars after Intrusion with Zygomatic Skeletal Anchorage.*Angle Orthodontist, 2005, Vol 75, No 5.
11. ÅRTUN J.; SMALE I.; BEHBEHANI F.; DOPPEL D.; MARTIN VAN'T HOF ; KUIJPERS-JAGTMAN A M. *Apical Root Resorption Six and 12 Months After Initiation of Fixed Orthodontic Appliance Therapy.* The Angle Orthodontist: - 2004 :Vol. 75, No. 6, pp. 919–926.
12. BARBAGALLO LJ; JONES AS; PETOCZ P; DARENDELILER MA *Physical properties of root cementum: Part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study* AJO-DO. 2008 Feb;133(2):218-27
13. BATES S. *Absorption.* Br J Dent Sci 1856;1:256
14. BECK B.W.; HARRIS E.F.*Apical root resorption in orthodontically treated subjects: analysis of edgewise and light wire mechanics.* AJO-DO. 1994 Apr;105(4):350-61.
15. BERGMANS L., CLEYNENBREUGEL J.V., VERBEKEN E., WEVERS M., MEERBEEK B.V., LAM-BRECHTS P. *Cervical external root resorption in vital teeth.* J ClinPeriodontol; 29: 580 – 585,2002.
16. BRUDVIK P.; RYGH P. *Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones.*Eur J Orthod. 1993;15: 467–480.
17. BRUDVIK P; RYGH P. *Root resorption beneath the main hyalinized zone.* Eur J Or-

- thod. 1994;16:249–263.
18. BURSTONE CJ; KOENIG HA. *Force systems from an ideal arch*. Am J Orthod 1974;65:270-89.
  19. CASA M.A.; FALTIN R.M.; FALTIN K.; SANDER F.G.; ARANA-CHAVEZ V.E. *Root resorption in upper first premolars after application of continuous torque moment. Intra-individual study*. J OrofacOrthop. 2001 Jul;62(4):285-95.
  20. CHAN EKM ; DARENDELILER M.A. *Exploring the third dimension in root resorption*. Orthodontics & Craniofacial Research. published online: 30 Apr 2004. Volume 7, Issue 2, Pages 64-70
  21. CHUTIMANUTSKUL W.; DARENDELILER M ALI; SHEN G.; PETOCZ P.; SWAIN M.V. *Changes in the physical properties of human premolar cementum after application of 4 weeks of controlled orthodontic forces*. The European Journal of Orthodontics 2006 28(4):313-318.
  22. DA SILVEIRA H.; SILVEIRA H.; LIEDKE G.; LERMEN C.; DOS SANTOS R.; DE FIGUEIREDO J. *Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro*. DentomaxillofacRadiol. 2007 Oct;36(7):393-6.
  23. DARENDELILER M.A.; KHARBANDA O.P.; CHAN E.K.; SRIVICHARNKUL P.; REX T.; SWAIN M.V.; JONES A.S.; PETOCZ P. *Root resorption and its association with alterations in physical properties, mineral contents and resorption craters in human premolars following application of light and heavy controlled orthodontic forces*. OrthodCraniofac Res. 2004 May;7(2):79-97.
  24. DAVIDOVITCH Z.; GODWIN S.; YOUNG-GUK P.; TAVERNE A.A.R.; DOBECK J.M.; DESANCTIS G.T. *The etiology of root resorption*. In: McNamara JA;Trotman CA; eds. *Orthodontic Treatment Management of Unfavorable Sequelae*. Ann Arbor, Mich. Center of Human Growth and Development, University of Michigan; 1996:93–117.
  25. DE SCHIELDS R.W. *A study of root resorption in treated Class II Division I malocclusions*. Angle Orthod 1969;39:231-45.
  26. DERMAUT L. R.; DE MUNCK A. *Apical root resorption of upper incisors caused by intrusion*. AJO-DO 1986 Oct (321-326)
  27. ERICSON S.; KUROL J. *Incisor Resorption caused by Maxillary Cuspids A Radiographic Study*. Angle Orthodontist, Inc, 1987 No. 4, 332 - 346
  28. Fox N.: *Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption*. Evid Based Dent. 2005;6(1):21.
  29. FRITZ U.; RUDZKI-JANSON I.; PASCHOS E.; DIEDRICH P. *Light microscopic and SEM findings after orthodontic treatment--analysis of a human specimen*. J OrofacOrthop. 2005 Jan;66(1):39-53.
  30. FRITZ U.; DIEDRICH P.; WIECHMANN D. *Apical root resorption after lingual orthodontic therapy*. J OrofacOrthop. 2003 Nov;64(6):434-42.
  31. FUHRMANN R. *Three-dimensional interpretation of alveolar bone dehiscences. An anatomical-radiological study*. J OrofacOrthop. 1996 Apr;57(2):62-74.
  32. GIANNOPOULOU C., DUDIC A ., MONTET X. , KILIARIDIS S. , MOMBELLI A. *Periodontal parameters and cervical root resorption during orthodontic tooth movement*. volume 35 issue 6 page 501-506, june 2008
  33. GOLDSON L.; HENRIKSON C.O. *Root resorption during Begg treatment. A longitudinal roentgenologic study*. AJO-DO. 1975;68:55-66.
  34. GÓRNIAK E. *Resorption of root cement studied with resorption indices*. Ann Acad Med Stetin. 2006;52(2):99-105.

35. GÖZ G.; RAKOSI T. *Apical root resorption during orthodontic treatment.* Fortschr Kieferorthop. 1989 Jun;50(3):196-206.
36. GRABER T.M.; ELIADES T.; ATHANASIOU A.E. *Risk Management in Orthodontics: experts` guide to mal practice.* Quintessence Publishing Co ©, Inc. 2004
37. SANTOS E C.A.; LARA T.S.; ARANTES F.M.; COCLETE G.A.; SILVA R S. *Computer-assisted radiographic evaluation of apical root resorption following orthodontic treatment with two different fixed appliance techniques.* AJO-DO September 2000, Volume 118, Number 3.
38. HALL A. *Upper incisor root resorption during Stage II of the Begg technique.* Br J Orthod 1978;5:47-50.
39. HARRIS E.F.; BAKER W.C. *Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients.* AJO-DO 1990; 98:463-469.
40. HARRIS E.F.; BOGGAN B.W.; WHEELER D.A. *Apical root resorption in patients treated with comprehensive orthodontics.* J Tenn Dent Assoc. 2001 Winter;81(1):30-3.
41. HARRIS E.F.; KINERET S.E.; TOLLEY E.A. *A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically.* AJO-DO. 1997; 111:301-309.
42. HARTSFIELD J.K. JR.; EVERETT E.T.; AL-QAWASMI R.A. *Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment.* Crit Rev Oral Biol Med. 2004 Jan 1;15(2):115-122.
43. HEMLEY S. *The incidence of root resorption of vital permanent teeth.* J Dent Res 1941;20:133-41.
44. HENDRIX I.; CARELS C.; KUIJPERS-JAGTMAN A.M.; VAN 'T'HOFF M.A. *A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients.* AJO-DO 1994; 105:345-349.
45. HOHMANN A.; WOLFRAM U.; GEIGER M.; BORYOR A.; SANDER C.; FALTIN R.; FALTIN K.; SANDER F G. *Periodontal Ligament Hydrostatic Pressure with Areas of Root Resorption after Application of a Continuous Torque Moment.* The Angle Orthodontist: Vol. 77, No. 4, pp. 653-659. 2006
46. HOHMANN A.; WOLFRAMB U.; GEIGERA M.; BORYORA A.; KOBERC C.; SANDERD C. SANDERA F.G. *Correspondences of hydrostatic pressure in periodontal ligament with regions of root resorption.* Computer Methods And Programs In Biomedicine Vo 93, Issue 2, 155-161 2009
47. HUGO A. O.; PRESTON C. B.; REIS P. *A simple and reproducible technique for the use of computed tomography in orthodontics.* The European Journal of Orthodontics 1981 3(2):121-124
48. JACOBSON O. *Clinical significance of root resorption.* A J O 1952;38:687-96.
49. JANSON G. *Apical root resorption comparison between Fränkel and eruption guidance appliances.* AJO-DO Volume 131, Issue 6, Pages 729-735 (June 2007)
50. JIANG R.P.; ZHANG D.; FU MK. *A factors study of root resorption after orthodontic treatment.* Zhonghua Kou Qiang Yi XueZaZhi. 2003 Nov;38(6):455-7.
51. JONES M. L.; HICKMAN J.; MIDDLETON J.; KNOX J.; VOLP C. *A Validated Finite Element Method Study of Orthodontic Tooth Movement in the Human Subject.* Journal of Orthodontics, March 2001, Vol. 28, No. 1, 29-38.
52. JORGE E.G.; TANOMARU-FILHO M.; GONÇALVES M.; TANOMARU J.M. *Detection of periapical lesion development by conventional radiography or*

- computed tomography*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008 Jul;106(1):e56-61
53. KAMEYAMA T.; MATSUMOTO Y.; WARITA H.; SOMA K. *Inactivated periods of constant orthodontic forces related to desirable tooth movement in rats*. J Orthod. 2003 Mar;30(1):31-7; discussion 21-2.
  54. KETCHAM A.H. *A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth*. IntOrthod 12: 97-127, 1927. (and a Lecture given at the twenty-sixth annual Meeting in Chicago, Illinois, May, 1927; and at Annual Meeting of American Society of Orthodontists, Chicago, Illinois, May, 1927.)
  55. KINSELLA P. *Some aspects of root resorption in orthodontics*. N Z Orthod J 1971:21-5.
  56. LAMBRECHTS P.; VANHOOREBEECK B. *Root resorption*. Rev Belge Med Dent 1992; 47:54-75.
  57. LEVANDER E.; BAJKA R.; MALMGREN O. *Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors*. Eur J Orthod. 1998 Feb;20(1):57-63.
  58. LI P., MAO J.; PENG Z. *Three-dimensional finite element analysis of the mechanical stress on root from orthodontic tooth movement by sliding mechanics*. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci. 2007 Dec;27(6):745-7.
  59. LINGE B.O.; LINGE L.: *Apical root resorption in upper anterior teeth*. Eur J Orthod 5: 173-183, 1983.
  60. LUPI J. E.; HANDELMAN C.S.; SADOWSKY C. *Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults*. AJO-DO 1996;109:28-37.
  61. MAKEDONAS D.; HANSEN K. *Diagnosis, Screening and Treatment of Root Resorption in Orthodontic Practices in Greece and Sweden*. The Angle Orthodontist: . 2007 Vol. 78, No. 2, pp. 248–253
  62. MALMGREN O.; GOLDSON L.; HILL C. *Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth*. AJO-DO 1982;82:487-91
  63. MAVRAGANI M.; VERGARI A.; SELLISETH N.J.; BOE O.E.; WISTH P.L. *A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with a standard edgewise and a straight-wire edgewise technique*. Eur J Orthod. 2000 Dec;22(6):665-74.
  64. MARTOS J.; FERRER-LUQUE C. M.; GONZA´ LEZ-RODRI´GUEZ M. P.; CASTRO L. A. S. *Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth*. International Endodontic Journal, 42, 329–334, 2009
  65. MC LAUGHLIN D.K. *Quantitative determination of root resorption during orthodontic treatment*. AJO-DO 1964;50:143:
  66. MCNAB S.; BATTISTUTTA D.; TAVERNE A.; SYMONS A.L. *External apical root resorption following orthodontic treatment*. Angle Orthodontist, Vol. 70, No. 3, 2000
  67. MEIKLE M.C. *The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 years after Carl Sandstedt*. Eur J Orthod. 2006 Jun;28(3):221-40. Epub 2006 May 10.
  68. NEWMAN W.G. *Possible etiologic factors in external root resorption*. AJO-DO 1975;67:522-39.
  69. NIGUL K.; Jagomagi T. *Factors related to apical root resorption of maxillary incisors in orthodontic patients*. Stomatologija. 2006;8(3):76-9.

70. ODERNICK L.; BRATTSTROM V. *Nailbiting, frequency and association with root resorption during orthodontic treatment*. British Journal of Orthodontics, Vol 12, 78-81, Copyright © 1985 by British Orthodontic Society
71. ONG D.; MEDLAND P.; HO C. *Severe external apical root resorption associated with orthodontic treatment*. Ann R Australas Coll Dent Surg. 2006 Sep;18:53-5.
72. OPPENHEIM A. *Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration*. Am J Orthod. 1942;28:263-301.
73. OTTOLENGUI R. *The physiological and pathological resorption of tooth roots. Item of Interest* 1914;36:332-62.
74. OWMAN-MOLL P.; KUROL J.; LUNDBGREN D. *Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption*. Angle Orthod. 1995;65(6):395-401; discussion 401-2.
75. OWMAN-MOLL P. *Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents*. Swed Dent J Suppl. 1995;105:1-45. Review.
76. PERRELLA A.; BORSATTI M.A.; TORTAMANO I.P.; ROCHA R.G.; CAVALCANTI M G.P. *Validation of computed tomography protocols for simulated mandibular lesions. A comparison study*. Braz. oral res. vol.21 no.2 São Paulo 2007
77. PHILLIPS J.R. *Apical root resorption under orthodontic therapy*. Angle Orthod 25: 1-22, 1955.
78. RAVANMEHR H.; SEYED JAVADEIN M. *Changes in root lengths of maxillary incisors during orthodontic retention period*. Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 18; No.4; 2006).
79. REMMELNICK HJ. *The effect of anteroposterior incisor repositioning on the root and cortical plate: a follow-up study*. J Clin Orthod;18:42-9, 1984.
80. REN Y.; MALTHA J.C. ; LIEM R.S. B. ; STOKROOS I. ; KUIJPERS-JAGTMAN A.M. *Age-dependent external root resorption during tooth movement in rats* , Acta Odontologica Scandinavica, , Volume 66, Issue- 2 – pages 93 –8, 2008.
81. REUKERS E.A.; SANDERINK G.C.; KUIJPERS-JAGTMAN A.M.; VAN'T'HOF M.A. *Radiographic evaluation of apical root resorption with 2 different types of edgewise appliances. Results of a randomized clinical trial*. J Orofac Orthop.;59(2):100-9, 1998.
82. REX T.; KHARBANDA O.P.; PETOCZ P.; DARENDELILER M.A. *Physical properties of root cementum: part 6. A comparative quantitative analysis of the mineral composition of human premolar cementum after the application of orthodontic forces*. AJO-DO.; 129:358–367, 2006.
83. RICKETTS R.M. *Bioprogressive therapy as an answer to orthodontic needs. Part II*. Am J Orthod. 1976 Oct ; 1067757, 70 (4):359-97
84. REITAN K. *Initial tissue behavior during apical root resorption*. Angle Orthod 1974;44:68-82.
85. RUDOLPH D.J., WILLES M.G., SAMESHIMA G.T. *A Finite Element Model of Apical Force Distribution From Orthodontic Tooth Movement*. The Angle Orthodontist: Vol. 71, No. 2, pp. 127–131
86. SAMESHIMA G.T.; SINCLAIR P.M. *Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors*. AJO-DO. 2001 May;119(5):505-10.
87. SAMESHIMA G.T., ASGARIFAR K.O.: *Assessment of root resorption and root shape: peri-apical vs panoramic films*. Angle Orthod.;71(3):185-9,2001 Jun.
88. SMALE I.; ÅRTUN J.; BEHBEHANI F.; DOPPEL D.; MARTIN VAN'T HOF ;

- KUIJPERS-JAGTMAN A.M. *Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy*. AJO-DO Volume 128, Issue 1, July 2005, Pages 57-67
89. STEFFEN W.; RÖHLING J.; SCHWESTKA-POLLY R.A *radiographic evaluation of apical root resorption following intrusion therapy*. Int Poster J Dent Oral Med 2007, Vol 9 No 02, Poster 357
90. STENVIK A.; MJOR I.A. *Pulp and dentin reactions to experimental tooth intrusion*. A.J.O. 1970;57:370-85.
91. STUTEVILLE O.H. *Injuries caused by orthodontic forces and the ultimate result of these injuries*. Am J Orthod Oral Surg 1938;24:103-16.
92. TEN HOEVE A.; MULIE M.R. *The effect of anteroposterior incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminography*. J ClinOrthod 1976;10:804-22.
93. THONGUDOMPORN U.; FREER T.J. *Anomalous dental morphology and root resorption during orthodontic treatment: a pilot study*. AustOrthod J. 1998 Oct;15(3):162-7.
94. TOGASHI K.; KITAURA H.; YONETSU K.; YOSHIDA N.; NAKAMURA T. *Three-Dimensional Cephalometry Using Helical Computer Tomography: Measurement Error Caused by Head Inclination Angle* Orthodontist, Vol 72, No 6, 2002
95. TRONSTAD L. *Root resorption—a multidisciplinary problem in dentistry*. In: Davidovitch Z, ed. *Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption*. 1988:293-302
96. WEHRBEIN H; FUHRMANN RA; DIEDRICH PR. *Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement*. AJO-DO. 1995; 107:360–371 .
97. WIERZBICKIT.; EL-BIALY T.; ALDAGHREER S.; LI G; DOSCHAK M. *Analysis of Orthodontically Induced Root Resorption Using Micro-Computed Tomography (Micro-CT)*. The Angle Orthodontist , Volume 79, Issue 1 , Article: pp. 91–96.(2009)
98. أثر نوع التقنية العلاجية على درجة وتوقيت امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية - يزن ججاج رسالة دكتوراه-جامعة دمشق، 2009 (ص52، ص58، ص60).