



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة الأسنان

**تقييم فعالية نظامي تحضير آليين وحيد المبرد (AF blue S one – AF blue R3)
في تحضير مشابهاة الأقتية الجذرية ذات الانحناء المضاعف
(دراسة مخبرية مقارنة)**

رسالة مقدمة إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان اختصاص مداواة الأسنان

إعداد الباحث:

عبد الرحمن بسام كنعان

الأستاذ المشرف:

أ. د. ثريا لاذقاني

أستاذ في قسم مداواة الأسنان – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق

2025

صورة عن قرار مجلس الشؤون العلمية بتشكيل لجنة الحكم.

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم ٢٢٩٢/ المتخذ

بالجلسة رقم ١٧/ تاريخ ٢٨/٤/٢٠٢٥

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم ٢٠٨/

تاريخ ٢٨/١/٢٠٢٥

وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم ٢٥٠/ لعام ٢٠٠٦ .

قرار مجلس جامعة دمشق رقم ٣٣٥٦/ص.م تاريخ ١٠/١٠/٢٠٢١ بشأن الموافقة على تسجيل

رسالة الطالب

يستفيد الطالب من المرسوم رقم ٢٢٥/ تاريخ ٢٩/٨/٢٠٢٣ ويعنح سنة إضافية اعتباراً

من ١٠/١٠/٢٠٢٤ لغاية ١٠/٩/٢٠٢٥

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم مداواة الأسنان التي أعدها الطالب عبد

الرحمن كنعان بعنوان : ((تقييم فعالية نظامي تحضير آلين وحيدى المبرد

(AF blue S one- AF blue R3) في تحضير مشابجات الأقتية الجذرية ذات الانحناء المضاعف -دراسة

نظرية مقارنة)) بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. ثريا لاذقاني	الأستاذ في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً مشرفاً
د. هيلين أيوبي	الأستاذ المساعد في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص : مداواة الأسنان	عضواً
د. أمير القزاز	المدرس في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
الجامعة العربية الدولية الخاصة	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً

وذلك وفق ما هو وارد في قرار مجلس الكلية آنف الذكر،،

ملاحظة: يرجى إرسال نسخة عن الإعلان الخاص بتحديد موعد المناقشة فور صدوره إلى مكتب

نائب رئيس الجامعة لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا.

تصريح

"لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة أُخِذَ بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي"

كلمة الشكر

أحمد الله عزَّ وجل الذي هداني سبيل العلم وأعانني لإنجاز هذا البحث فالحمد لله أولاً وآخراً.

ومن الوفاء والعرفان بالجميل ... أتوجه بالشكر لأساتذتي الكرام الذين كان لهم دور كبير برفدي وإمدادي بكل ما أحتاجه من أجل إتمام هذا البحث وأخص بالشكر :

أستاذتي **الأستاذة الدكتورة ثريا لاذقاني**، التي كانت مثلي الأعلى والسند الأول طوال فترة إنجازي لهذا البحث، أشكركِ على ما بذلت من جهد في تصحيح أخطائي وهفواتي وعلى ما قدّمت لي من عون ومساعدة فكنت نِعَم الموجهة والنّاصحة.

وشكري يمتدّ **للأستاذة الدكتورة هيلين أيوبي**، على تکرّمها بالمشاركة في مناقشة وتحكيم هذا البحث، وعلى الدّعم والتسهيلات والمعلومات القيمة التي قدّمتها لي خلال فترة دراستي الجامعية وخلال فترة إنجاز البحث.

وتتسابق الكلمات لتقديم الشكر الموصول والدائم إلى **الأستاذ الدكتور أمير القزاز**، لتكرّمه بالمشاركة في تحكيم هذا البحث وإغنائه بملاحظاته القيمة وخبرته الكبيرة وتوجيهاته السديدة فله مني أسمى آيات التقدير والاحترام.

كما أتوجه بفائق الشكر والعرفان لكل أساتذتي في قسم مداواة الأسنان لما قدّموه من نصائح وإرشادات ومعلومات قيمة في مختلف مراحل دراستي، وأخصّ **الأستاذ الدكتور حسان عاشور**، رئيس القسم فله مني كل الامتنان والتقدير.

كما أشكر إدارة كلية طب الأسنان في جامعة دمشق ممثلة بعميد الكلية ونائبيه، لما يبذلونه من جهود مستمرة في سبيل تطوير عملية البحث العلمي .

الإهداء

إلى مصدر النور في حياتي .. من كان دعاؤهما سر نجاحي أمي وأبي الحبيبان

الكتف الثابت الذي لا يميل ... ملجأ في أزمتي ... سر سعادتي وابتساماتي إخوتي وأخواتي

إلى رفيقة الدرب ... تؤام الروح زوجتي الغالية

ملاكي اللطيف ... ابني أنوس

Table of contents جدول المحتويات

2	.....	Introductory Part الجزء التمهيدي
6	.....	Literature Review المراجعة النظرية
7	.....	1- لمحة تشريحية عن الألفية الجذرية:
8	.....	انحناء الألفية الجذرية:
8	.....	تصنيف انحناءات الجذور:
9	.....	نظريات تحديد انحناء القناة:
11	.....	طرق تحديد انحناء الألفية الجذرية:
12	.....	التقسيم المكاني لانحناءات القناة:
13	.....	2- مفهوم تحضير الألفية الجذرية:
13	.....	مبادئ تحضير الألفية الجذرية:
18	.....	3- أدوات تحضير الألفية الجذرية:
36	.....	4- اختلاطات التحضير القنوي:
45	.....	5- طرائق وركائز ومتغيرات تقييم عملية التحضير القنوي:
56	.....	Materials and methods المواد والطرائق
67	.....	Statistical analysis and results الدراسة الإحصائية والنتائج
103	.....	Discussion المناقشة
113	.....	Conclusions الاستنتاجات
115	.....	Recommendations and Suggestions التوصيات والمقترحات
118	.....	References المراجع

قائمة الأشكال List Of figures

- الشكل 1: زاوية الانحناء حسب نظرية Schneider's 9
- الشكل 2: نظرية لوتين Lutein 10
- الشكل 3: زاوية ونصف قطر الانحناء حسب Pruett 10
- الشكل 4: نظرية Cunningham's 11
- الشكل 5: طور الإثارة Martensite والاستقرار الذري Austenite للخليطة 19
- الشكل 6: عملية الفتل (الإلتواء) Torsion 21
- الشكل 7: عملية الثني Flexure 21
- الشكل 8: الأجزاء الوظيفية للأدوات الآلية 24
- الشكل 9: شكلي رأس الأداة إيجابية وسلبية القطع 24
- الشكل 10: عملية القطع لتصنيع أداة نيكل تيتانيوم 25
- الشكل 11: الأخدود والأوج والزاوية الحلزونية 25
- الشكل 12: مقطع طولي وعرضي لعمق الأخدود 26
- الشكل 13: القطر الداخلي والقطر الخارجي للأداة 26
- الشكل 14: تكوين شفرة القطع 27
- الشكل 15: توزيع الحركة الدورانية للأداة إلى قوتين قوة الاحتكاك و قوة التغذية الذاتية 29
- الشكل 16: حركة القوة الموازنة 31
- الشكل 17: سطح قنوي غير محضر نتيجة انتقال القناة في المنطقة الذروية 38
- الشكل 18: المرفق Elbow 39
- الشكل 19: الدرجة Ledge 41
- الشكل 20: القوالب الراتنجية ومشابهات الاقنية الجذرية بأشكالها 47
- الشكل 21: 3D printed teeth 48
- الشكل 22: صورة لسطح العاج المحضر مأخوذة بالمجهر الالكتروني الماسح SEM 50
- الشكل 23: تقنية MICRO-CT المستخدمة في تقييم التحضير القنوي 51
- الشكل 24: تقنية CBCT المستخدمة في تقييم التحضير القنوي 52
- الشكل 25: تقنية CBCT مع المادة الظليلة في تقييم التحضير القنوي 53
- الشكل 26 : جهاز التحضير الآلي 57
- الشكل 27 : جهاز التصوير الشعاعي لتقنية CBCT 58
- الشكل 28 : القوالب الراتنجية ذات الانحناء المضاعف 58
- الشكل 29 : المادة الظليلة 59
- الشكل 30 : مبرد k 10 59
- الشكل 31 : رؤوس إرواء بفتحة جانبية 59
- الشكل 32 : أقماع ورقية 25 59
- الشكل 33 : أنظمة التحضير المستخدمة 61
- الشكل 34 : نظام التحضير s one 61
- الشكل 35 : نظام التحضير R3 61
- الشكل 36 : القوالب الراتنجية مغلقة بلاصق شفاف 62
- الشكل 37 : أخذ صورة CBCT قبل التحضير 62
- الشكل 38 : شكل القناة قبل وبعد التحضير 64

64	الشكل 39 : تحديد مستويات الدراسة واجراء القياسات المطلوبة.....
64	الشكل 40: واجهة البرنامج المستخدم Mimics Innovation Suite 21.....
107	الشكل 41: حدود القناة الجذرية في صورة CBCT بحجم فوكسل = 200 ميكرون.....
107	الشكل 42: حدود القناة الجذرية في صورة CBCT بحجم فوكسل = 80 ميكرون.....
109	الشكل 43: ترسيم هندسي للمتوسط الحسابي للنتائج بعد التحضير.....

قائمة الجداول List Of Tables

- جدول 1 : يبين توزيع مشابهاة القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 68
- جدول 2 : يبين توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 69
- جدول 3 : يبين توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم. 70
- جدول 4 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة. 72
- جدول 5 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة. 72
- جدول 6 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم. 73
- جدول 7 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم مساحة القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 74
- جدول 8 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 75
- جدول 9 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 75
- جدول 10 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 76
- جدول 11 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 77
- جدول 12 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة. 77
- جدول 13 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة. 78
- جدول 14 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم. 79
- جدول 15 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم حجم القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 80

- جدول 16 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 81
- جدول 17 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 82
- جدول 18 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 82
- جدول 19 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 83
- جدول 20 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة السطح غير المحضّر (%) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 84
- جدول 21 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة السطح غير المحضّر (%) بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 85
- جدول 22 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 85
- جدول 23 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 86
- جدول 24 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 87
- جدول 25 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس. 89
- جدول 26 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 90
- جدول 27 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. 90
- جدول 28 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 91
- جدول 29 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس. 93
- جدول 30 : يبين نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 94

جدول 31 : يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.	94
جدول 32 : يبين نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. .	95
جدول 33 : يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.	96
جدول 34 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.	98
جدول 35 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.	98
جدول 36 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.	99
جدول 37 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.	101

قائمة المخططات List Of Charts

- مخطط 1 : يمثل النسبة المئوية لتوزع مشابهاة القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 69
- مخطط 2 : يمثل النسبة المئوية لتوزع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 69
- مخطط 3 : يمثل النسبة المئوية لتوزع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم. 70
- مخطط 4 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة. ... 72
- مخطط 5 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم. 74
- مخطط 6 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 75
- مخطط 7 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 76
- مخطط 8 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة. 78
- مخطط 9 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير المستخدم. 80
- مخطط 10 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 81
- مخطط 11 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 83
- مخطط 12 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة السطح غير المحضّر (%) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 84
- مخطط 13 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 86
- مخطط 14 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم. 88
- مخطط 15 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 88
- مخطط 16 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 90
- مخطط 17 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم. 92
- مخطط 18 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 92
- مخطط 19 : يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 94
- مخطط 20 : يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 96
- مخطط 21 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم. 98
- مخطط 22 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس. 100

مخطط 23 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس
المدرس. 100

Abbreviations List		قائمة الاختصارات
المصطلح باللغة الانكليزية	الاختصار	المصطلح باللغة العربية
Computed Tomography	CT	التصوير المقطعي المحوسب التقليدي
Micro-Computed Tomography	Micro-CT	التصوير المقطعي المحوسب الدقيق
Cone Beam Computed Tomography	CBCT	التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية
Master Apical File	MAF	المبرد الذروي الرئيسي
Initial Apical File	IAF	المبرد الذروي الأولي
Final File	FF	المبرد النهائي
American Association of Endodontists	AAE	الجمعية الأمريكية لأخصائيي المداواة اللبية
Stainless Steel	S.S	الفولاذ اللاصدي
Nickel titanium Alloy	NiTi	خليطة نيكل وتيتانيوم
External Diameter	De	القطر الخارجي
Internal Diameter	Di	القطر الداخلي
Scanning electron microscopy	SEM	المجهر الإلكتروني الماسح
Voxel Size	VS	حجم الفوكسل

ملخص

خلفية البحث وهدفه: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم ومقارنة فعالية التحضير لنظامي تحضير وحيد المبرد في مشابهاة الأفتنية الجذرية مضاعفة الانحناء S-shape، من حيث الحفاظ على شكل ومركزية القناة ونسبة تغير حجمها ومساحتها، وحدث اختلاط كسر الأدوات أثناء العمل.

مواد البحث وطرائقه: استُخدم في هذه الدراسة 40 قالباً راتجياً من مشابهاة الأفتنية ذات الانحناء المضاعف، وُزعت عشوائياً إلى مجموعتين المجموعة S والمجموعة R في كل مجموعة 20 قالب راتجي تبعاً لنظام التحضير المستخدم، نظام S ONE ونظام R3 على الترتيب، حيث تم أخذ صورة شعاعية لكل قناة قبل وبعد التحضير بتقنية CBCT بوجود مادة ظليلة Omnipaque محقونة ضمن القناة، وباستخدام برنامج Mimics Innovation Suite 21 تم إجراء ترسيم وعزل للمستويات المدروسة (سبعة مستويات: عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة) وإجراء المقاطع والقياسات المطلوبة لتقييم كل من التغير في حجم ومساحة القناة، ونسبة السطح غير المحضر، ونقل القناة، ونسبة تمرکز القناة، كما تم تسجيل عدد مرات انكسار الأدوات أثناء العمل، تم جمع البيانات وتحليلها إحصائياً باستخدام برنامج SPSS إصدار 13.0 وأجري اختبار t-tests واختبار Chi-square عند مستوى دلالة $P \leq 0.05$.

النتائج: بينت نتائج هذه الدراسة أن نسبة تغير حجم ومساحة القناة كانت أقل في المجموعة S، ولم يكن هناك فرق في نقل القناة بين المجموعتين في المستويات الأربع التاجية والمتوسطة (عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني)، في حين تفوقت المجموعة R في الحفاظ على شكل القناة في المستويات الذروية (قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة)، وتفوقت المجموعة R في وجود نسبة سطح محضر أقل، والحفاظ على تمرکز القناة في كامل مستويات الدراسة، ولم تُسجل أي حالة انكسار للأدوات في المجموعتين.

الاستنتاجات: في حدود هذه الدراسة حافظ نظام التحضير R3 على شكل القناة الأصلي وتمرکزها بشكل أكبر مما هو عليه في نظام S one، وبشكل رئيسي في المنطقة الذروية، ولم يُبد أي من النظامين تحضيراً تاماً لكامل سطح القناة الداخلي، ولم يسبب أي من النظامين المستخدمين انكساراً للأدوات أثناء العمل.

الكلمات المفتاحية: AF Blue S one، AF Blue R3، أفتنية مضاعفة الانحناء، مشابهاة الأفتنية الجذرية، نقل القناة، تمرکز القناة، فعالية التحضير، نظام وحيد المبرد.



الجزء التمهيدي

Introductory Part



المقدمة :

تُعدُّ المعالجة اللبّية للأسنان ذات الجذور معقدة التشريح كالأقنية ذات الانحناء المضاعف S-shaped canals تحدياً حقيقياً لأخصائيي المداواة اللبّية، وفي عدّة حالات يتعذر تنظيف الأقنية وتحضيرها بشكل كامل، وتعدُّ عدم المعرفة والدراية الكافية بتشريح المنظومة القنويّة أهمّ سبب لفشل المعالجة اللبّية بعد أخطاء التشخيص (M. Torabinejad, A. F. Fouad, & S. Shabahang, 2020b)، ولذلك فأَيّ معالجة لبّية ناجحة تتطلب فهماً ثلاثي الأبعاد لكامل التشريح القنويّ الجذريّ من الجزء النَّاجي حتى الثقبَة الذرويّة، بما في ذلك المقطع العرضي للقناة، وتمييز التشريح الطبيعي عن الشاذ (Walton, 1976)؛ لضمان تشكيل وتنظيف كامل المنظومة القنويّة الجذريّة بالشكل الأمثل، والحصول على شكل مخروطي مستمر من فوهة القناة حتى الذروة، وهذا يقلّل الأخطاء الإجرائيّة ويسهّل عمليّة حشو القناة مع المحافظة التامة على شكل القناة الأصلي وانحنائها، والحفاظ على حجم الثقبَة الذرويّة وموقعها (Capar, Ertas, Ok, Arslan, & Ertas, 2014; W. Liu & Wu, 2016).

وتفوّقت خليطة نيكول-تيتانيوم NiTi على خليطة الفولاذ اللاصدئ SS في محافظتها على تشريح القناة ومركزيتها واختصار زمن التحضير، فهي أكثر أماناً في تحضير الأقنية المنحنية والأقنية متعددة الانحناءات (Naseri et al., 2016)، وفي الوقت الحالي تُستخدم مباد NiTi بشكل يوميّ من قبل جميع أخصائيي المداواة و أغلب الممارسين العاملين لما تمتلكه من تنوع في استدفقاتها وأشكالها ومقاطعها العرضية وتطور خلائطها ومرونتها العالية التي ساعدت في المحافظة على الشكل الأصلي للقناة (Özyürek, Gündoğar, Yılmaz, & Uslu, 2017). زاد الاستخدام الواسع لهذه المباد من احتمال حدوث الاختلاطات خصوصاً في الأقنية المنحنية كضياع الطول العامل وتغير مسار القناة وتشكل الدرجة وانتقال الذروة وانكسار الأدوات والانتقابات (Ha, 2015).

ودأبت الشركات الصانعة على تطوير هذه الأدوات وتحسين خصائصها من خلال دراسة وتطوير تصميمها الهندسي وخلائطها وإزالة عيوبها الكامنة وزيادة صلابتها وسطحها ومرونته وتحسين مقاومتها للإجهاد الدوري وزيادة فعاليّة القطع، وعلى الطّبيب الممارس بدوره الإلمام الدقيق بمورفولوجيا القناة الجذريّة من حيث وجود، وشكل، ومقدار الانحناء، وتدريبه بأفضل الطرائق والأدوات كمطلب أساسي لنجاح المعالجة (Ferrara et al., 2017)، وكذلك الإلمام بهذه الأدوات وخلائطها وطرق استخدامها التي تحدد بدورها سلوكها ضمن القناة. (Arias & Peters, 2022) وبسبب قلة الدراسات التي تناولت دراسة أنظمة وحيدة المبرد في الأقنية المنحنية وخاصة مضاعفة الانحناء منها، يحتاج اليوم الممارسون السريريون تقييماً موضوعياً لجميع الأنظمة لاختيار المناسب لكل حالة، لذلك تم القيام بهذه الدراسة.

السؤال البحثي:

هل للأنظمة الآلية وحيدة المبرد ذات الحركة الدورانية والحركة التبادلية المختلفة في تصميمها القدرة على الحفاظ على الشكل التشريحي الأصلي - من حيث مركزيته ومكانه - للقناة ذات الانحناء المضاعف ؟

الهدف من البحث:

تهدف هذه الدراسة المخبرية إلى تقييم ومقارنة التغيرات الحاصلة في الشكل التشريحي الأصلي لمشابهاة الأفنية الجذرية ذات الانحناء المضاعف عند استخدام نظامي تحضير آليين وحيد المبرد مختلفين بالمقطع العرضي وطبيعة الحركة ومصنوعين من نفس الخليطة المعالجة حرارياً؛ وهما نظام التحضير الآلي AF blue R3 ونظام التحضير الآلي AF blue S one من حيث:

- نقل القناة.
- تمركز القناة.
- التغير في كل من مساحة، وحجم القناة قبل وبعد التحضير، وحساب مساحة الجزء غير المحضر.
- حدوث انكسار الأدوات أثناء العمل.

أهمية البحث:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من حيث القدرة على تحضير الأفنية الجذرية ذات الانحناء المضاعف باستخدام نظام وحيد المبرد مع تغيير الشكل التشريحي الأصلي للقناة بالحد الأدنى، وعدم حدوث انكسار للأداة المستخدمة؛ مما يوفر وقت وجهد الطبيب وتكاليف المعالجة مع ضمان نجاح المعالجة اللبية.

الإشكالية:

إنَّ أهمَّ اختلاط أثناء تحضير الأفنية المنحنية هو انتقال القناة وميلها للاستقامة، وأهمُّ العوامل المسببة له تتعلق بشكل رئيسي بالمبرد المستخدم؛ من حيث نوع حركته الدورانية أو التبادلية (Hülsmann et al., 2005; Young et al., 2007)، ونوع الخلائط المصنوع منها (Chole et al., 2016)، وتصميم المبرد ومقطعه العرضي، وتصميم الذروة والاستفاق (Sebastian Bürklein & Schäfer, 2013).

فرضيات البحث:

وجود فروق بين نظامي التحضير المستخدمين R3 و S one من حيث المحافظة على شكل القناة ومركزيتها ومساحة السطح غير المحضر.

(1) نقل القناة عند تحضير مشابهاة الأفقية الجذرية ذات الانحناء المضاعف باستخدام أنظمة التحضير:

فرضية العدم H0: أنظمة التحضير المستخدمة لا تسبب نقلاً للقناة.

الفرضية البديلة H1: أنظمة التحضير المستخدمة تسبب نقلاً للقناة.

(2) تمركز القناة عند تحضير مشابهاة الأفقية الجذرية ذات الانحناء المضاعف باستخدام أنظمة التحضير المدروسة:

فرضية العدم H0: أنظمة التحضير المستخدمة لا تؤثر على تمركز في القناة.

الفرضية البديلة H1: أنظمة التحضير المستخدمة تسبب عدم تمركز في القناة .

(3) السطح غير المحضر بعد استخدام أنظمة التحضير المدروسة:

فرضية العدم H0 : أنظمة التحضير لا تترك أي سطح غير محضر بعد العمل.

الفرضية البديلة H1 : أنظمة التحضير تترك جزءاً من السطح دون تحضير بعد العمل.

(4) انكسار الأدوات أثناء التحضير:

فرضية العدم H0 : أنظمة التحضير لا تسبب انكسار الأداة المستخدم أثناء العمل.

الفرضية البديلة H1 : أنظمة التحضير تسبب انكسار الأداة المستخدم أثناء العمل.

محددات البحث:

1- تم إجراء هذه الدراسة مخبرياً واستخدام أوعية صناعية ذات انحناء مضاعف حيث من الصعب الحصول على عينة موحدة الصفات من الأسنان الطبيعية من حيث تطابق زاوية وطول ونصف قطر الانحناء.

2- لم يستطع هذا البحث عكس الصورة الحقيقة لعمل أنظمة التحضير ضمن الأوعية الجذرية الطبيعية لاختلاف قساوة وقابلية الانسحال بين الراتنج والعاج البشري.

3- اعتمدت تقنية CBCT (حجم فوكسل 80 ميكرون) لتقييم الاختلافات الهندسية في شكل القناة وحساب الفروقات

ثنائية البعد، وعلى الرغم من أن هذه الطريقة شائعة ومقبولة لدى العديد من الدراسات (Mokhtari et al., 2024)

(Vinodhini et al., 2024) (Damkoengsunthon et al., 2024)، إلا أنه يفضل استخدام

التصوير المحوسب الدقيق MICRO-CT.



المراجعة النظرية

Literature Review



1-1 لمحة تشريحية عن الأقنية الجذرية:

تُعدُّ معرفة وفهم تشريح المنظومة القنوية الركنيين الأساسيين في إنجاز معالجة خالية من الاختلاطات التي تحدث خلال عملية التحضير (Ingle, Bakland, & Baumgartner, 2008)، وتبدي الأسنان البشرية مجموعة واسعة من الاختلافات التشريحية من حيث عدد، وشكل، وانحناء جذورها بسبب حدوث شذوذ أثناء نمو الجذر، مما يُحدث تغييراً مفاجئاً لمحوره الطولي. (Abageru, Pop, Kovács, Stoica, & Monea, 2019)

أقسام القناة الجذرية:

تُقسَّم القناة (التي يتراوح طولها من 9 إلى 15 مم) إلى ثلاثة أقسام، كل منها بطول 3 إلى 5 مم وهي:

1- الثلث التاجي Coronal Third: من فوهة القناة الموجودة في قعر الحجرة اللبية، ويحدد عدد الفوهات وأماكنها بالفحص المرئي الدقيق.

2- الثلث المتوسط Middle Third: يميّز هذا الثلث وجود تغيرات تشريحية عدة كالتشعبات، والتفاغرات، والبرازخ، والتي تحوي الجراثيم وظيفاناتها في حال إصابة اللب، وقد يحدث في هذا الثلث انفصال القناة إلى قناتين أو العكس كوجود قناتين منفصلتين في الثلث التاجي تندمجان في هذه المنطقة لشُكلا قناة واحدة.

3- الثلث الذروي Apical Third: وهو الجزء الأهم والأكثر تعقيداً وذلك بسبب احتوائه على العديد من الأقنية الثانوية، ويضمُّ ثلاثة معالم رئيسية؛ أولها منطقة التضيق الذروي Apical Constriction وهي المنطقة ذات القطر الأصغر في القناة وتعتبر النقطة المثالية لوصول جميع أدوات التحضير والحشو القنوي، وثانيها منطقة الملتقى الملاطي العاجي Cementodentinal Junction وهو مصطلح نسيجي يدل على نقطة التقاء العاج مع الملاط وهي مكان انتهاء النسيج اللبي وبداية النسيج ماحول الذروي، وثالثها الثقب الذروي Apical Foramen وهي نهاية القناة الملاطية على السطح الخارجي للجذر وتشكل القطر الأكبر في المنطقة الذروية وتشبه بشكلها فوهة البركان (Berman & Hargreaves, 2020; Mishra et al., 2022).

1-1-1 انحناء الأقينية الجذرية:

يُعتقد أنَّ السَّبب الرئيسي لأي انحناء جذري هو تعرُّض السن لرضٍّ ما خلال مراحل تشكُّله، فيحدث نزوي بين الجزء المتكلس من السن والجزء المتشكل بعد الرض (Jafarzadeh & Abbott, 2007) وأغلب الأقينية الجذرية تبدي انحناءً ما فمن النادر وجود أقينية مستقيمة تماماً وتختلف درجة الانحناء بين الأسنان الخلفية والأمامية من جهة، وبين جذور الأسنان متعددة الجذور من جهة أخرى، وبين كل شخص وآخر فلكل انحناء جذري معاملة خاصة أثناء التدبير الذي يعدُّ من أصعب الخطوات لدى الممارسين، فتدبير الانحناءات يتأثر بعدة عوامل هي مرونة وقطر أدوات التحضير وتقنية التحضير وموقع النقبة الذروية وقساوة العاج (Jain & Tushar, 2008) ولتفادي الأخطاء الإجرائية التي يمكن حدوثها والتي تنتهي بفشل المعالجة يجب فهم وتحديد طبيعة الانحناء القنوي تحديداً دقيقاً (Balani, Niazi, & Rashid, 2015) وقد وُضعت عدّة تصانيف لتحديد الانحناءات الجذرية.

2-1-1 تصنيف انحناءات الجذور:

❖ بحسب موقع الانحناء: (Mounce, 2007; O. A. Peters, 2004)

- انحناء في الثلث التاجي.
- انحناء في الثلث المتوسط.
- انحناء في الثلث الذروي.

❖ بحسب نصف قطر دائرة الانحناء: (Balani et al., 2015)

- انحناء شديد حيث يكون نصف القطر أقل من 4 مم .
- انحناء متوسط حيث يكون نصف القطر بين 4 و 8 مم .
- انحناء بسيط حيث يكون نصف القطر أكبر من 8 مم .

❖ تصنيف Schneider: (Schneider, 1971)

- مستقيمة إذا كانت زاوية الانحناء 5 درجات وأقل.
- معتدلة الانحناء 10 إلى 20 درجة.

▪ منحنية بشدة 25 إلى 70 درجة.

❖ بحسب شكل الانحناء: (Vachhani et al., 2020)

▪ انحناء ذروي متدرج (Apical gradual).

▪ انحناء على شكل منجل (Sickle).

▪ انحناء مضاعف (Bayonet).

▪ انحناء ذروي شديد مفاجئ بشكل زاوية حادة (Dilacerate).

❖ بحسب (Dobo-Nagy): (Sonntag, Stachniss- Carp, & Stachniss, 2005)

▪ أفنية مستقيمة بشكل حرف I

▪ أفنية بانحناء ذروي بشكل حرف J

▪ أفنية بانحناء كلي بشكل حرف C

▪ أفنية بانحناءات متعددة بشكل حرف S

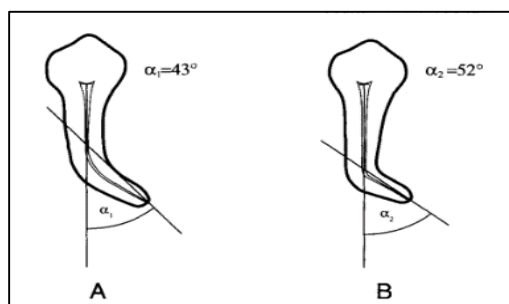
3-1-1 نظريات تحديد انحناء القناة:

1. نظرية شنايدر **Schneider's method**: الذي اعتمدت معاملاً واحداً لقياس انحناء القناة، وهو الزاوية بين

خطين الخط الاول مواز للمحور الطولي للقناة والخط الثاني يبدأ من الثقب الذروي ليتقاطع مع الخط الأول عند

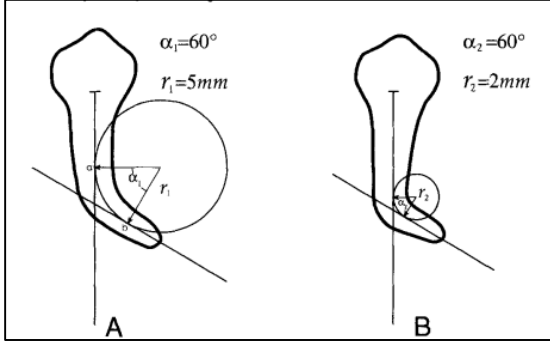
النقطة التي تبدأ فيها القناة بترك المحور الطولي للقناة، تُقاس هذه الزاوية بالدرجات وتعتبر عن درجة انحناء

الجزر (Schneider, 1971).



الشكل 1: زاوية الانحناء حسب نظرية Schneider's

(Balani et al., 2015)



الشكل 2: زاوية ونصف قطر الانحناء حسب Pruet (Balani et al., 2015)

وأضاف Pruet معاملاً مستقلاً ثانياً هو نصف قطر الانحناء، والذي يعبر عن الانحراف المفاجئ للقناة عن محورها الطولي حيث يتم رسم خط مستقيم على المحور الطولي للجزء التاجي من القناة ورسم خط ثان على المحور الطولي للجزء الذروي من القناة، هناك نقطة على كل من هذه الخطوط تنحرف عندها القناة لتبدأ

(النقطة أ) أو تنتهي (النقطة ب)، ويمثل الجزء المنحني للقناة المحصور بين النقطتين قوساً من دائرة نصف

قطرها هو ما يسمى **نصف قطر الانحناء**، وكلما كان نصف قطر الانحناء أصغر، كلما زاد انحراف القناة

المفاجئ، وإن كل من زاوية الانحناء ونصف قطر الانحناء معايير مستقلة عن بعضها البعض، فيمكن أن

يكون للأقنية نفس زاوية الانحناء مع اختلاف أنصاف أقطار الانحناء، وقد بين Pruet أن نصف قطر الانحناء

عامل مهم في عدد الدورات قبل كسر الأدوات الآلية، فكلما نقص نصف قطر الانحناء زاد إجهاد الأداة، بمعنى

آخر كلما كان نصف قطر الانحناء أصغر زادت احتمالية حدوث نقل القناة أو كسر الأدوات (Pruett, 1997).

(Clement, & Carnes Jr, 1997).

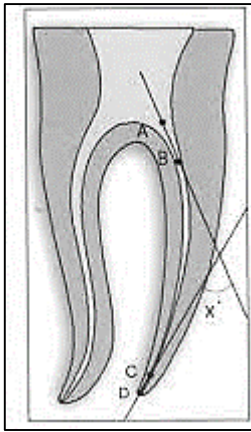
2. نظرية لوتين Lutein: عدلت نظرية شنايدر باستخدام خطين مرسومين بتعريف أربع

نقاط علمية وهي:

- النقطة A تُحدد عند مركز فوهات القناة.
- النقطة B تُحدد تحت الفوهات بـ 2 مم.
- النقطة D عند الثقبة الذروية.
- النقطة C قبل الثقبة الذروية بـ 1 مم تاجياً.

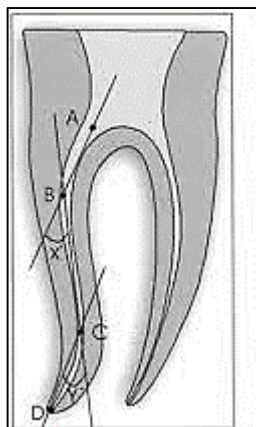
ويرسم خط يصل النقطتين A و B وخط ثان يصل النقطتين C و D وتُقاس الزاوية

المتشكلة من تقاطع الخطين مع بعضهما. (Sonntag et al., 2005)



الشكل 2: نظرية لوتين Lutein (Balani et al., 2015)

3. نظرية كوننغهام Cunningham's & Senia's: وُضعت هذه النظرية للأقنية مضاعفة الانحناء، فتقيس



الشكل 4: نظرية Cunningham's
(Balani et al., 2015)

زاوية الانحناء باتجاه ذروي وتاجي بشكل منفصل عبر تعيين أربع نقاط معلّمة هي:

- النقطة A عند مركز الفوهات.
 - النقطة B عند بدء انحراف القناة. ويتم وصل النقطتين بخط AB
 - النقطة C في بداية الانحناء الثاني.
 - النقطة D أخيراً عند الذروة. ويتم وصل النقطتين بخط CD
- إن الزاوية المتشكلة من تقاطع الخطين الأول المار من النقطتين B و A والثاني المار من النقطتين C و D تدعى بالزاوية Y. (Sonntag et al., 2005)

4. نظرية وين Weine's: مشابهة لنظرية شنايدر، ولكن أظهرت اختلافات في الزوايا تبعاً لانحناء القناة، حيث

نرسم خطاً مستقيماً من فوهة القناة إلى منطقة الانحناء، وخطاً آخرًا من الذروة إلى الانحناء الذروي، ونقاس

الزاوية المتشكلة من تقاطع الخطين (Balani et al., 2015).

1-1-4 طرق تحديد انحناء الأقنية الجذرية:

(1) الصور الشعاعية حول الذروية: ويمكن استخدامها للتقييم الأولي للانحناء القنوي، ولكن بما أنها صورة ذات بُعدين

لجسم ثلاثي الأبعاد فقد تعطي تصوراً خاطئاً لطبيعة الانحناء (Sonntag, Stachniss- Carp, Stachniss, 2006)

(& Stachniss, 2006)، وبما أن أغلب الأقنية تتحني بمستويات فراغية مختلفة، فلا يمكن الاعتماد على هذا

النوع من التصوير لوحده (Mounce, 2007). إن حساب هذه الانحناءات والزوايا والتي قد تكون انحناءات غير

مرئية (انحناءات دهليزية لسانية) يستدعي الحاجة لتصوير ثلاثي الأبعاد (Park et al., 2013).

(2) التصوير الطبقي المحوري المحوسب ذي الحزمة المخروطية CBCT: تُستخدم هذه التقنية لتصوير البنى التشريحية

الفموية والفكية والوجهية تصويراً ثلاثي الأبعاد (Moshiri et al., 2007)، فتمنع حدوث نتائج سلبية خادعة،

وتتميز عن الصورة التقليدية الذروية بمنعها تشوه الصورة والتراكب التشريحي، وتبين حجم وامتداد وموقع الآفات

حول الذروية بشكل حقيقي، وتوضّح شكل الأقفية الجذرية وانحناءاتها المتعددة، وتتميز هذه التقنية بإمكانية تحديد نصف قطر الانحناء في الأقفية المنحنية مما يساعد على تحديد مدى صعوبة التدبير (Bogle, 2013).

1-1-5 التقسيم المكاني لانحناءات القناة :

انحناء الثلث التاجي من القناة: تتكرر هذه الانحناءات في الجذور الأنسية للأرجاء السفلية والجذور الأنسية الدهليزية للأرجاء العلوية، في حين يجب المحافظة على الانحناءات في الثلث الذروي والمتوسط أثناء التحضير الروتيني للقناة يجب تخفيف أو إزالة الانحناء التاجي تماماً قبل البدء في التنظيف والتشكيل والوصول نحو الذروة (Castellucci, 2022). يفيد تخفيف هذا الانحناء في تأمين مدخل مباشر للمنطقة الذروية مما يجعل التحضير الذروي أكثر أماناً (Ajuz, Armada, Gonçalves, Debelian, & Siqueira Jr, 2013)، ويزيد الإحساس للمس للطحيب أثناء إدخال المبرد ذروباً، ويقلل حدوث الدرجات واحتمال حدوث الانتقاب الشريطي عند منطقة الانحناء، ويُعزّز من نفوذية سوائل الإرواء (McCann, Keller, & LaBounty, 1990b)، ويساعد في إخراج البرادة العاجية من المنطقة الذروية، ويمنع تغيير الطول العامل أثناء التحضير، ولكن من الاختلاطات التي تحدث عند تقليل درجة الانحناء التاجي هو حدوث انتقاب مباشر في الجدار الخارجي للجزر أو انتقاب شريطي في الجدار الداخلي، وكذلك فإنّ التوسيع الجائر يُسبب إضعاف منطقة العاج العنقي (Castellucci, 2022).

انحناء الثلث الذروي من القناة: يجب احترام تشريح هذه الانحناءات بشكل تام وعدم تغييرها وعدم تغيير موقع وشكل الثقبية الذروية الذي قد يوجب لفشل المعالجة اللبية (Castellucci, 2022).

الانحناء المضاعف في القناة: يُعتبر هذا الانحناء أصعب الانحناءات في المحافظة على شكل القناة، فالانحناء الثاني (الذروي) في هذه الحالة أكثر عرضةً لحدوث شذوذ في شكله التشريحي، وحدوث فقدان في الطول العامل (Castellucci, 2022)، ويتم كشف هذا الانحناء إما بالتقييم الجيد للصورة الشعاعية البسيطة (إذا كان أنسي - وحشي)، أو عند إخراج المبرد الأولي من القناة تظهر عليه انحناءات متعددة (Hülsmann, Peters, & Dummer, 2013).

(2005) وغالباً ما تُظهر هذه الأقنية انحناءً إضافياً بشكل ثلاثي الأبعاد، وفي مثل هذه الحالات يمكن الاستعانة بالتصوير المقطعي ثلاثي الأبعاد CBCT (Michetti, Maret, Mallet, & Diemer, 2010).

1-2 مفهوم تحضير الأقنية الجذرية:

إنّ تحضير القناة الجذرية هو مجموعة الإجراءات التي يقوم بها الطبيب بهدف إزالة النسيج الحيّة أو المتموتة من داخل القناة والعوامل الإمبراضية بالطرائق الميكانيكية (مبارد التحضير)، والكيميائية (سوائل الغسل والإرواء) بهدف إنقاص التعداد الجرثومي ما أمكن، مما يهيئ القناة لاستقبال مواد الحشو القنوي التي تؤمن لها السدّ المحكم. (Chubb, 2016; Tomson & Simon, 2019) تقسم عملية تحضير الأقنية إلى مرحلتين: مرحلة التشكيل وتهدف بشكل أساسي إلى خلق شكل مخروطي للقناة مستدق تدريجياً من الفوهة إلى الذروة، يزيد هذا الفراغ من تلامس جدران القناة بالمبارد وسوائل الإرواء ممّا يعزّز التنظيف ويهيئ مكاناً لمواد الحشو (Patel & Barnes, 2019)، بينما تتضمن مرحلة التنظيف إزالة الأنسجة اللبّية الحيّة والمتموتة والبرادة العاجية وطبقة اللّطاخة والجراثيم وسمومها ومواد الحشو السابقة عن طريق التحضير الميكانيكي بالأدوات اللبّية التي تستطيع إنقاص عدد الجراثيم الموجودة داخل القناة الجذرية المؤوفة، ولكنّها لا تستطيع إزالتها بشكل تام، ولذلك تعدّ سوائل الغسل والإرواء والأدوية داخل القنويّة ضروريّة لقتل ما تبقى من الجراثيم (San Chong, 2016)، وبإنهاء عملية التحضير القنوي يجب أن تكون القناة جاهزة لاستقبال الحشو القنوي الكتيّم ومن ثم الترميم التاجي لمنع أي احتمال لدخول الجراثيم إلى القناة الجذرية وتكاثرها ولدفع أي جراثيم بقيت ضمن القناة (Parashos & Messer, 2006).

1-2-1 مبادئ تحضير الأقنية الجذرية:

قسم ستيوارت Stewart العلاج اللّبي إلى ثلاث خطوات تشمل التحضير الميكانيكي-الكيميائي، والسيطرة الجرثوميّة والختم المحكم، ووجد في دراسته أنّ توسيع قناة الجذر يقلّل كميّة الجراثيم الموجودة في القناة والبقايا التي

تعرّز نموّها (Stewart, 1955)، ووجد Bystrom أنّ التحضير الميكانيكي وحده لن يزيل جميع الجراثيم داخل القناة بل يتطلب ذلك تطهيراً فعالاً إضافياً بسوائل الإرواء (BYSTRÖM & SUNDQVIST, 1981) وعلى الرّغم من أنّ إجراء التنظيف والتشكيل يتم في نفس الوقت، إلّا أنّهما مفهومان منفصلان ومتمايزان ولهذا الإجراء عدّة مبادئ حدّدها شيلدر Schilder، وقسمها كالآتي:

الأهداف الميكانيكيّة وتتضمّن:

- تحضير قنوي ذو استدقاق مستمر ومتدرج من التاج باتجاه الذروة (شكل مخروطي منتظم).
- المحافظة على شكل القناة.
- أن يكون التحضير بمستويات متعددة.
- عدم نقل الذروة.
- المحافظة على الذروة أصغر ما يمكن.

الأهداف البيولوجية فيمكن تلخيصها بما يلي:

- إبقاء الأدوات ضمن الأقمية الجذريّة قدر الإمكان.
- عدم دفع البقايا اللبّيّة إلى خارج الذروة.
- الإزالة الكاملة للبقايا النسيجية اللبّيّة والعاجيّة الناتجة عن التحضير.
- تأمين الفراغ المناسب للسماح لرأس الإرواء بالوصول بشكل حيادي إلى عمق القناة الجذريّة وهذا ما يؤمن تنظيراً وتطهيراً جيداً للأقمية الجذريّة وخاصة الثلث الذروي. (Berman & Hargreaves, 2020)

ومن وجهة نظر معاصرة، توجد أهداف أخرى أهمها:

- تقليل الوسائط الالتهابية.
- الحفاظ على قوة الجذر ومقاومته للكسر.
- الحفاظ على سلامة المنطقة الذرويّة.
- إعداد شكل مناسب لحشو المنظومة القنويّة بمادة وتقنية محددة.
- في حالات خاصة، نستهدف الاحتفاظ أو استعادة حيوية اللب.
- الهدف الرئيسي من تحضير الأقمية الجذريّة - بما يتجاوز أهداف شيلدر - هو الوقاية وتعزيز الشفاء من الالتهاب حول الذروي. (Hülsmann, 2022).

وفي عام 2002 وضع Walton & Torabinejad المبادئ الأساسية الواجب اتباعها عند تحضير القناة الجذرية ومنها: (Torabinejad et al., 2020b)

- التوسيع المبكر للجزء التاجي بهدف تأمين مدخل جيد للأدوات فتصل إلى الطول العامل الصحيح.
- سبر القناة بأصغر مبرد يصل إلى الطول العامل للتأكد من شكلها التشريحي ونفوذيتها.
- أن تكون القناة ممثلة بسائل الإرواء أثناء عملية البرد.
- أن يكون الإرواء غزيراً بين كل مبردين متتاليين.
- التوسيع التدريجي للقناة بالتزام التسلسل التدريجي للأدوات.
- تتم عملية التوسيع بقتل الأداة يمناً ويسرة حتى تدور بحرية باتجاه عقارب الساعة، وهكذا حتى تصل إلى الطول العامل.
- الحذر أثناء إدخال المبرد إلى داخل القناة حتى لا يُحشر ويزيل العاج أثناء دخوله، فالمبرد يقطع العاج أثناء إخراجها من القناة الجذرية وليس أثناء إدخاله.
- وظيفة مبرد النفوذ (Patency File) هي إعادة تسليك القناة لاستعادة الطول العامل الصحيح وإزالة البرادة العاجية المتبقية ضمن القناة لمنعها من تشكيل سدادة فيجب عدم القيام بأي حركة قتل لهذا المبرد.
- عدم تطبيق القوة لقتل أي مبرد عالق في جدران القناة سواء باتجاه عقارب الساعة أو بعكسها.
- تطبيق حركة قتل ثم سحب للأداة عند عملية إخراج الأداة بهدف تسوية العاج وتنعيمه.
- تنظيف شفرات الأداة من البرادة والبقايا المتراكمة عليها بعد كل عملية قتل وإخراج للأداة من داخل القناة، وذلك بمسحها بقطعة من شاش أو اسفنج مشبعة بالكحول.
- إزالة البرادة العاجية خارج القناة إما بسحب الأداة إلى خارج القناة عند البرد المحيطي، أو بقتل الأداة أثناء تحضير الثلث الذروي.
- إن عملية تنظيف القناة الجذرية في الأماكن المنحنية والضيقة ليست سهلة، ونستطيع التأكد من نظافتها إذا لامست الأدوات جدران القناة بسلاسة.
- يجب الحذر عند تحضير الأقفنية الجذرية شديدة الانحناء والمتضيقة بسبب صعوبة تحضيرها وكثرة الاختلاطات في هذه الأقفنية.

- المبالغة في توسيع الأقنية الجذرية شديدة الانحناء يؤدي إلى ميل المبارد للاستقامة، ومن ثم حدوث اختلاطات.
- المبالغة في تحضير جدار القناة في اتجاه مفترق الجذور (منطقة الخطر Danger Zone) قد يؤدي إلى حدوث انتقابات شريطية (Strip Perforations).
- ليس من الضروري إزالة التعرجات والدرجات البسيطة التي تنتج بعد عملية التحضير.
- اندفاع أي مادة (البرادة العاجية أو سائل الإرواء أو المواد الحاشية) خارج النقبة الذروية يُعدّ مهيجاً فيزيائياً أو كيميائياً، ويؤدي إلى حدوث التهابات قد تسبب فشل المعالجة اللبية.
- من المستحيل خلق مقعد ذروي (Apical Stop) لنقبة ذروية واسعة، فلذلك يجب صنع سداة ذروية أو استخدام أقماع كوتابيركا ذات استدقاق مناسب.

لا يوجد مقياس سريري دقيق لتقييم تنظيف الأقنية الجذرية أثناء التحضير، لكن هناك بعض الدلائل التي يمكن الاعتماد عليها وهي:

- خروج برادة عاجية نظيفة من جدران القناة في المراحل النهائية للتحضير.
- لون سوائل الإرواء.
- توسيع الذروة ثلاث قياسات أكبر من المبرد الذروي الأولي.
- الحصول على جدران قناة ناعمة ملمس.
- خلو القناة الجذرية من بقايا البرادة العاجية. (Torabinejad et al., 2020b)

1-2-2 تحديد تقنية التحضير المتبعة:

غالبًا ما يتم التأكيد على ضبط طول تحضير القناة (الطول العامل) مع اهتمام قليل بعوامل مهمة أخرى كقطر القناة وشكلها، ويعزى ذلك لأن الشكل morphology متغير بين سن وآخر، فلا يوجد حجم موحد للتحضير النهائي للذروة أو الاستدقاق النهائي للتحضير، فتحديد تقنية التحضير المطلوبة يتبع لنقطتين؛ الأولى تقليل الأخطاء الإجرائية والثانية طريقة الحشو، ويجب أن يحقق التحضير وصول كميات كافية من سوائل الإرواء إلى الجزء الذروي من القناة وذلك يعتمد على حجم القناة، والاستدقاق، وطريقة وجهاز الإرواء المستخدم (Chow, 1983).

التحضير الذروي الأصغري: يقلل حدوث أخطاء التحضير، فباستخدام الأدوات اليدوية التقليدية SS يحدث نقل الذروة في الأفنية المنحنية بعد تجاوز الأداة ذات القياس #20 (ELDEEB & BORAAS, 1985)، ولكنه يقلل من فعالية إجراءات التطهير القنوي، فمع وجود جرائم متنوعة تخترق عمق القنيت العاجية في تلك المنطقة (Love & Jenkinson, 2002) فإن إزالة العاج هي الطريقة الأساسية لتقليل أعدادها، ومن الصعب تقليل أعدادها بسبب العلاقة الطردية بين عددها وعمق اندخالها ضمن القنيت العاجية (Akpata, 1976)، ففي الأسنان المصابة بآفات حول ذروية قد تخترق الجرائم القنيت وتصل إلى محيط الجذر (L. Peters, Wesselink, Buijs, & Van Winkelhoff, 2001).

التحضير الذروي الأكبر: ثبت أن حجم التحضير الأكبر يوفر إرواء كافياً وإزالة للبقايا وتقليل عدد الكائنات الحية الدقيقة بشكل ملحوظ (Y. N. Wu, Shi, Huang, & Xu, 1992). توجد علاقة بين زيادة حجم التحضير الذروي ونظافة القناة cleanliness والتقليل الجرثومي bacterial reduction (Usman, Baumgartner, & Marshall, 2004)، لكن إزالة العاج يمكن أن تُضعف البنية الجذرية وتؤدي إلى اختلاطات تمنع الوصول للتطهير الكافي؛ بسبب تعدي هذه العملية على التشريح القنوي الأصلي (O. A. Peters, 2004). أظهر كل من Rollison و Card أن التطهير الأكبر يكون مع الأحجام الأكبر على سبيل المثال؛ حجم الذروة #50 أو أكبر مع استدقاق 2-5 % يعطي تطهيراً أفضل، على جانب آخر بيّن Yared و Coldero عدم وجود فرق فيما إذا كان القياس النهائي كبيراً أو صغيراً. (Coldero, McHugh, MacKenzie, & Saunders, 2002) (Card, Sigurdsson, Ørstavik, & Trope, 2002; G. M. Yared & Dagher, 1994) (Rollison, Barnett, & Stevens, 2002).

وفي سياق تحديد مدى التحضير القنوي ترد مفاهيم للدلالة على حجوم التحضير (IAF initial apical file - MAF master apical file - final file FF) وتدل على أحجام المباد أثناء تحضير الأفنية، وقد حددت هذه المفاهيم للطبيب الحجم النهائي المفترض الوقوف عنده، لكن الأنظمة الآلية الحديثة قد حددت مسبقاً الأحجام النهائية، فكل نظام تحضير حدد استدقاق وقياس ذروي خاص به، فيوجد استدقاقات منتظمة تتراوح بين 2%-8% واستدقاقات

أخرى غير منتظمة، وقياسات مبارد تتراوح بين (# 10-15-17-18-19-20-25-30-35)، في حين يُعتبر التحضير القنوي ذو الاستدقاق المستمر مع الحفاظ على انحناءات القناة وشكلها الأصلي هدفاً متفقاً عليه فإن حجم التحضير الذروي النهائي والاستدقاق النهائي للتحضير مازال محل نقاش، ويجب أن يتم إجراء التوسيع القنوي باستخدام أي تقنية مناسبة لتشريح السن الأصلي وغالباً ما تكون تقنية هجينة. (Baugh & Wallace, 2005) (Berman & Hargreaves, 2020)

3-1 أدوات تحضير الأقتية الجذرية:

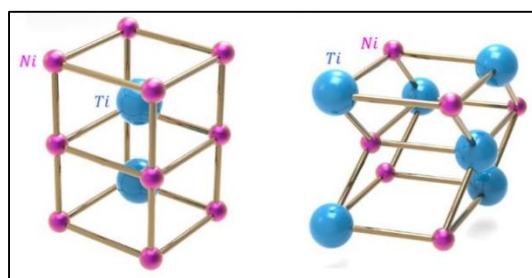
مرّت أدوات المعالجة اللبّية عبر مراحل تطور تاريخية كأيّ أدوات أخرى، ولم يكن هناك مبادئ موحدة لصناعتها عالمياً حتى سنة 1976 عندما نشرت الجمعية الأمريكية لأخصائيي المداواة اللبّية (AAE) المواصفات الأولى لأدوات المعالجة اللبّية، وصنّفت المنظمة الدولية للمقاييس (ISO) أدوات المعالجة اللبّية بحسب استخدامها إلى:

- المجموعة الأولى: أدوات يدوية: الموسعات ومبارد K ومبارد H والمكثفات اليدوية والإبر الشائكة.
- المجموعة الثانية: أدوات آلية بمواصفات المجموعة الأولى ولكنها تُركب على قبضات.
- المجموعة الثالثة: أدوات دوّارة تُركب على القبضات بسرعات بطيئة كسنايل Peso و Gates Glidden.
- المجموعة الرابعة: أقمار الحشو (الكوتابيركا والأقمار الفضية) والأقمار الورقية (Ingle J, 2002).

وقد صُنعت أدوات المعالجة اللبّية من مادة الفولاذ الكربوني (Carbon Steel) حتى سنة 1960، ثم انتشر عالمياً استخدام الفولاذ اللاصدئ (Stainless Steel)، وطوّرت أيضاً بعض الشركات أدوات من معدن معدّل مثل أدوات الفولاذ اللاصدئ المرنة (Flexible Stainless Steel Instruments) التي تتصف بمرونتها العالية وقدرتها على الانحناء داخل القناة، لكنّها كانت غير فعّالة بسبب ميلها للاستقامة داخل الأقتية الجذرية (Dolan & Craig, 1982). وطوّرت بعدها أدوات المعالجة اللبّية المصنعة من خليطة النيكل والتيتانيوم NiTi ذات المرونة العالية في بداية الستينيات.

تتتمي خليطة النيكل والتيتانيوم NiTi إلى مجموعة الخلائط المعدنية المتبدلة، فتتواجد بأشكال بلورية متعددة وأطوار مختلفة مما يعطيها خصائص ميكانيكية مختلفة وهي:

1. طور الاستقرار الذري (A) Austenite: تكون البنية الذرية بنظام شبكي مكعب مركزي.
2. طور بيني (T) Transformation: طور تحوّل بين الاستقرار والإثارة، حيث تتحرك ذرات Ni و Ti بشكل متعاكس بمستوى متعامد أو متوازي.
3. طور الإثارة (M) Martensite: تكون البنية الذرية بنظام شبكي خماسي، وهو الأقل استقراراً ولذلك تكون فيه الخليطة لينة قابلة للتكيف وتغيير الشكل (Gambarini, Gerosa, De Luca, Garala, & Testarelli, 2008).



الشكل 5: طور الإثارة Martensite والاستقرار الذري Austenite للخليطة (Bahia et al., 2005).

يتم الانتقال من حالة بلورية إلى أخرى تبعاً لتغير درجة حرارة الخليطة، وتسمى الدرجة التي تتبدّل عندها الحالة البلورية للخليطة بالدرجة الحرجة، فتغير البنية الذرية لهذه الخليطة يعني تغير الخصائص الميكانيكية وذلك بتعرضها للحرارة أو الإجهاد، وضمن المعالجة اللبية يتم انتقال خليطة المبرد من حالة الاستقرار الذري (Austenite) إلى حالة الإثارة (Martensite) عند تعرضه للإجهاد، ثم يعود إلى حالته الأولى عند زوال هذا الإجهاد وهذا ما يدعى بالذاكرة الشكلية (Shape Memory) والمرونة الفائقة (Super Elasticity)، وأهم معيار للمرونة في المداواة اللبية هو جهد التحول (Transformation Stress) وهو الجهد المبذول للتحول من حالة الاستقرار إلى حالة الإثارة (Bahia, Martins, 2005).

(Gonzalez, & Buono, 2005).

تتميز خليطة نيكل-تيتانيوم NITI عن خليطة الفولاذ اللاصدئ SS في مجال الأدوات اللبّية بما يلي:

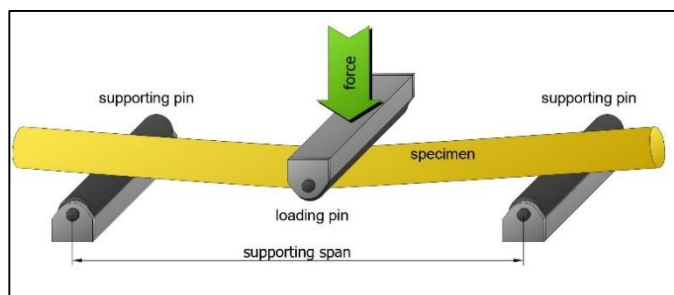
- (1) **المرونة العالية جداً** فسقف المرونة في خليطة NITI يوافق تشوه إجهادي بنسبة 10-8% ليعود إلى حالته الأصلية بينما في خليطة الفولاذ اللاصدئ SS أعلى نسبة تغير له لا تتجاوز 1% (Frotscher, Kahleyss,) (Simon, Biermann, & Eggeler, 2011) (Ingle J, 2002).
- (2) **تحضير القناة باستدقاق ممتاز** مع تخفيف حدوث انحراف في القناة والمحافظة بشكل أكبر على بنية السن، والتحضير بشكل أسرع من الأدوات اليدوية (Sattapan, Nervo, Palamara, & Messer, 2000) (Camps & Pertot, 1994).
- (3) **أُنقَصَ استخدامها** -وبشكل ملحوظ- **أخطاء** التحضير في الثلث الذروي للأقنية المنحنية، وذلك بسبب المرونة الفائقة (Chen & Messer, 2002) (Schäfer, Schulz-Bongert, & Tulus, 2004).
- (4) **تطبّق أدوات النيكل تيتانيوم قوى جانبية أقل** على جدران القناة في الأقنية شديدة الانحناء فتحافظ على **شكل القناة الأصلي** (Coleman & Svec, 1997) (Gambill, Alder, & del Rio, 1996).
- (5) **معامل مرونة أقل** بنسبة (1-4)؛ أي أنّ خلائط نيكل-تيتانيوم **أكثر مرونة** بأربع مرات من الفولاذ اللاصدئ.
- (6) **مقاومة أكبر؛ فمقاومتها للتآكل تفوق** الفولاذ اللاصدئ.
- (7) **الذاكرة الشكلية**، فهي تحافظ على شكلها الأصلي أكثر من الفولاذ اللاصدئ (Thompson, 2000).
- (8) **إنّ المعالجة الحرارية** لخليطة نيكل-تيتانيوم حسّنت خصائصها الميكانيكية فأصبحت الأدوات أكثر محافظةً على **مركزية القناة وأقلّ فشلاً وانكساراً** (Berutti et al., 2009) (Berutti et al., 2012).
- (9) **تقبلها الحيوي** (Oshida, 2010).

مساوي الأدوات اللبّية المصنعة من خليطة نيكل-تيتانيوم:

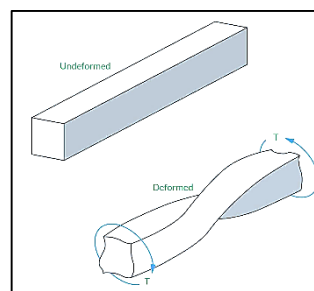
- (1) عدم وجود ردود فعل لمسية مما يزيد من الاختلاطات وخاصة في الأدوات ذات الرأس العامل (أنظمة إعادة المعالجة)، فيزيد احتمال حدوث انتقاب أو درجة أو كسر الأداة. (Rzhanov & Belyaeva, 2012)
- (2) عيوب في سطوح القطع للأداة ومقاومة أقل للكسر، وذلك لأنها تصنع عبر تقنية القطع وليس الجدل (Thompson, 2000).
- (3) قساوة مجهرية منخفضة مقارنة بمبارد الفولاذ اللاصدئ (Brockhurst & Denholm, 1996) مما يزيد نسبة تشكل عيوب بالسطح، ويزيد بدوره اهتراء الأداة (Schäfer, 2002).
- (4) وجود عيوب مجهرية على سطوح أدوات نيكول-تيتانيوم الجديدة والمستعملة (عند فحصها بالمجهر الإلكتروني الماسح) مما يفسر انكسارها في المعالجات البسيطة الاعتيادية (Rapisarda, Bonaccorso, Tripi, 2001).
- (5) انكسارها المفاجئ بعد إجهادها (Sattapan, Nervo, Palamara, & Messer, 2000).

1-3-1 انكسار الأدوات الليبية المصنوعة من خليطة نيكول-تيتانيوم:

وتقسم إلى نوعين: الكسر بسبب الفتل (الإلتواء) والكسر بسبب الثني (الحنى).



الشكل 7: عملية الثني Flexure
(Berman & Hargreaves, 2020)



الشكل 6: عملية الفتل (الإلتواء) Torsion
(Berman & Hargreaves, 2020)

الكسر الالتوائي Torsional fracture: هو الفشل الناجم عن إجهاد الفتل، فعندما يشنّبك رأس الأداة داخل

القناة وتستمر الأداة نفسها بالدوران يتم تجاوز حد مرونة الخليطة المعدنية وبالتالي كسر حتمي للأداة (Cheung, 2007)، وذلك يحدث أيضاً عند الضغط الذروي الشديد على الأدوات أثناء التحضير (Schäfer, Dzepina, & Danesh, 2003) فعزم الدوران المتولد أثناء تحضير القناة يعتمد على مجموعة متنوعة من العوامل، أهمها هي منطقة التلامس التي بزيادة مساحتها تصل للفشل والكسر الالتوائي، ولتجنّب ذلك نعتد التسلسل التدريجي للأدوات وتقنية Crown-down واستخدام أدوات باستدقاكات متنوعة واستخدام الأدوات بلمسات خفيفة (Blum, Cohen, 1999). (Machtou, & Micallef, 1999).

كسر الانحناء flexural fracture: ينتج عن التعب الدّوري للأداة (تعب الدوران Cyclic Fatigue)، فعند دوران الأداة ضمن القناة المنحنية مع إجهادات ضغط وشدّ متكرّرة يزداد إجهاد الأداة (تبعاً لنوع الخليطة المصنّعة منها) حتى تصل إلى مرحلة الانفصال، فمن الضروري لصنع الأدوات اللبّية اختيار معدن يتحمل الدوران المستمر وذلك غير متحقق في الفولاذ اللاصدئ مثلاً، في حين يمكن لأدوات نيكول-تيتانيوم تحمّل مئات الدّورات من الانحناء قبل الوصول إلى الانكسار (Serene, 1995) (GM Yared, Dagher, & Machtou, 1999).

- إنّ أدوات نيكول-تيتانيوم الآليّة ذات الأحجام الأكبر وذات الاستدقاق الأكبر تعبها الدوري أسرع، أي أن لها عدد دورات أقل لتصل للانكسار (O. Peters, Kappeler, Bucher, & Barbakow, 2001; Plotino, 2006). (Grande, Sorci, Malagnino, & Somma, 2006).
- كلّما نقص نصف قطر الانحناء إلى الضعف، نقص عمر التعب الدوري 400% (Berman & Hargreaves, 2020).
- التعب الدّوري يعتمد أكثر على الكتلة المعدنية للأداة في نقطة تركيز الإجهاد (النقطة D5-D6) ممّا يعتمد على عناصر تصميم الأداة، فكلما زادت كمية المعدن نقصت مقاومة الإجهاد الدوري (Grande et al., 2006).

- استخدام عزم دوران مرتفع يؤدي إلى تقليل مقاومة التعب الدّوري (Gambarini, 2001)، وإنّ الإجهاد المسبق الدّوري (أداة مستعملة) يقلّل من مقاومة الالتواء أيضاً (Berman & Hargreaves, 2020).
- إن إجهاد الإنحناء (اللّي) والتعب الدّوري هو أهم سبب لانكسار أدوات نيكول-تيتانيوم (Best, Watson, Pilliar, 2004).

1-3-2 تصميم أدوات التحضير الآليّة:

إن عمليّة تشكيل Shaping القناة تعدّ ركيزةً أساسيةً ضمن عملية التحضير القنوي، وقد تم ابتكار العديد من الأدوات المساعدة في هذه العمليّة، وعلى مدى العشرين عاماً الماضية أصبحت أدوات نيكول-تيتانيوم الآليّة أبرز ابتكار في هذا المجال، وتتمتّع هذه الأدوات بمزايا معروفة مقارنةً بأدوات SS، ولها أيضاً نقاط ضعفٍ يمكن تفسير أغلبها بخصائص الخليطة، وطريقة التصنيع، والشركة المنتجة، وأهمّ التفسيرات يعتمد على فهم خصائص التصميم في هذه الأدوات، ومع وجود عدد كبير من أنظمة التحضير وظهور أدوات جديدة وتعديلات على الأنظمة الموجودة فليس سهلاً على طبيب الأسنان الممارس أن يكون ذا دراية كافية بكل هذه الأدوات، وعلى الرغم من توافرها في الخصائص التصميمية العامة فإنّ جميع أدوات التحضير الآليّة NiTi الموجودة تختلف عن بعضها البعض ولا توجد معلومات شاملة وغير متحيّزة بشأن هذه الاختلافات في الأدبيّات المتاحة، فالمعلومات المقدّمة من الشركات المصنّعة محدودة ولها أيضاً أهداف إعلانيّة، والغرض منها هو توجيه انتباه الممارس إلى أوجه الاختلاف بين الأداة الجديدة والأداة السّابقة، ولذلك فإنّ المعلومات المتعلقة بمعنى تلك الاختلافات وتأثيرها على خصائص الأداة غير موجودة عملياً.

إنّ الاستخدام النّاجح لأدوات التحضير في الممارسة السريرية يتطلب فهم سلوك الأداة داخل قناة الجذر عبر فهم خصائص هذه الأداة، لاختيار الأداة المناسبة لكل حالة. يمكن هذا النهج الممارس من تقليل الأخطاء المحتملة والمضاعفات غير المرغوب فيها ويساعد على استخدام هذه الأدوات بشكلٍ أكثر فعالية.

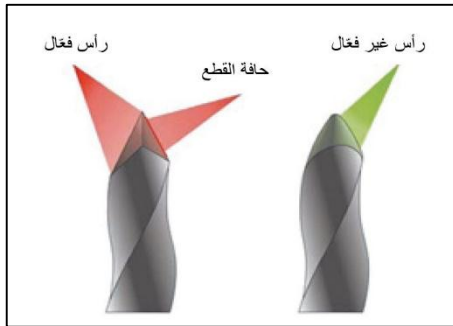
تُقسَم جميع أدوات التحضير القنوي إلى مجموعتين حسب كيفية استخدامها مجموعة الأدوات اليدوية ومجموعة الأدوات الآلية، وتتطابق العناصر الهيكلية الأساسية للأدوات في كلا المجموعتين بشكل عام، لكن معايير هذه العناصر تختلف وبسبب المزايا الأوضح في المجموعة الثانية، فقد نالت التطوير الأكبر في تصاميمها.

تحدد خصائص تصميم أدوات التحضير الآلية تبعاً لـ:

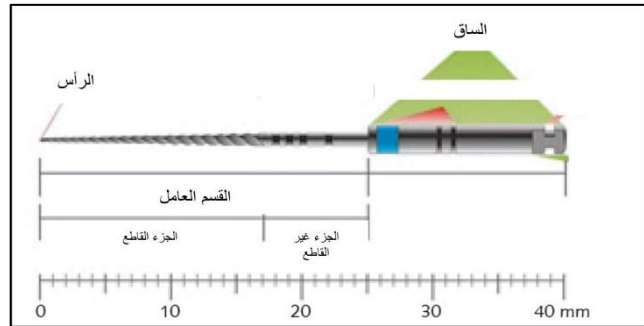
- (1) الهدف من الأداة.
- (2) طريقة استخدام الأداة.
- (3) صفات الخليطة.
- (4) طريقة معالجة الخليطة (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

وتقسم الأداة الآلية إلى جزئين وظيفين رئيسين:

- (1) الساق: وظيفته الربط مع رأس القبضة، ويتراوح طوله بين 8-11 مم.
- (2) القسم العامل: وظيفته تحضير القناة ويتكون وظيفياً من الرأس the tip دوره توجيه المبرد ويكون إيجابي أو سلبي القطع، والجزء غير القاطع the non-cutting part يحوي خطوطاً لتحديد الطول العامل، ويُعدّل طوله ليكون طول المبرد 21-25-31 مم، ويحوي الجزء القاطع the cutting part شفرات تقوم بتوسيع القناة.



الشكل 9: شكلي رأس الأداة إيجابية وسلبية القطع (Rzhanov, 2012)

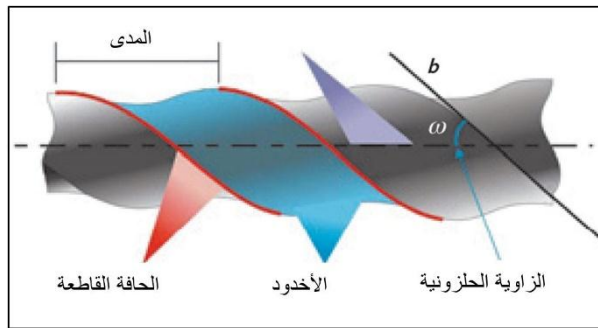


الشكل 8: الأجزاء الوظيفية للأدوات الآلية "مصطلحات" (Rzhanov, 2012)

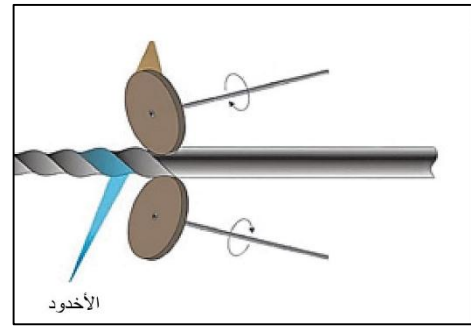
وقد ركزت عمليات تطوير أدوات التحضير الآلية على صفات تصميم الجزء القاطع the cutting part من الأداة (صفات أساسية الأخدود The fluting، و صفات ثانوية كالطول والاستدقاق) (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

1-3-3 مفاهيم حول تصميم الجزء القاطع في الأدوات الآلية:

الأخدود The fluting: لا يمكن الحصول على أدوات نيكول-تيتانيوم عن طريق عملية اللّف، ولكن عن طريق قطع (حتّ) شريط أسطواني أملس من نيكول-تيتانيوم وخلق فراغ حلزوني بواسطة آلات صغيرة، وهذا السطح الناتج يسمى الأخدود وله تكوين معين ويتميز بالمعلومات التالية:



الشكل 11: الأخدود والأوج والزاوية الحلزونية (Rzhanov, 2012)



الشكل 10: عملية القطع لتصنيع أداة نيكول-تيتانيوم (Rzhanov, 2012)

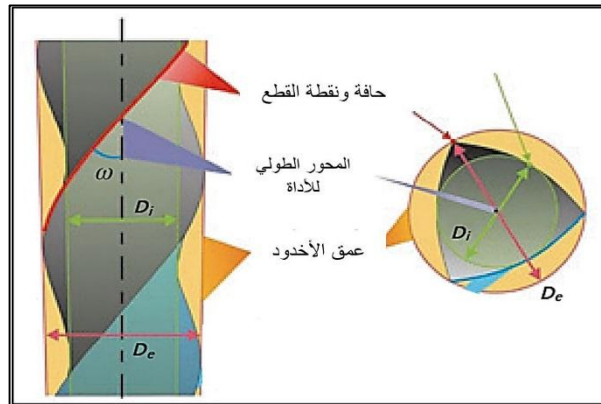
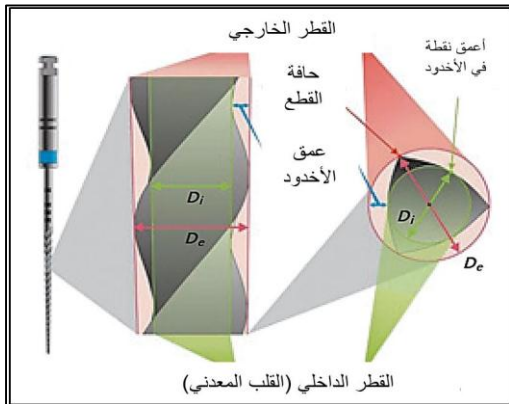
الزاوية الحلزونية Helical Angle: هي الزاوية التي تصنعها الحافة القاطعة للشفرات مع المحور الطولي للأداة. **المدى - الأوج pitch:** هو المسافة المقاسة على المحور الطولي للأداة بين قمتي شفتين متتاليتين، وتكون ثابتة أو متغيرة على طول الأداة وكلما قلت قيمتها زاد تلامس الأداة مع جدران القناة وزاد الإجهاد والكسر الإلتوائي (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

عمق الأخدود depth of fluting: هو الفرق بين القطر الخارجي والقطر الداخلي للأداة مُقاساً في المقطع العرضي وعمق الأخدود والأوج يحددان حجمه The fluting volume، والذي يمثل الفراغ المحيط الذي تتراكم فيه البرادة العاجية أثناء التحضير، كلما قل الحجم زادت سرعة تراكم البرادة ضمن الفراغ حتى امتلائه وتزايد الإجهاد الإلتوائي حتى الوصول لكسر الأداة، وتقلّ زيادة حجم الأخدود سرعة تراكم البرادة ضمن الفراغ في كل وحدة طول فيمكن الدّخول

بمدي أعمق ضمن القناة بوقت أسرع فيقل وقت التحضير (ويقل عدد دورات الأداة ضمن القناة) وبالتالي يقل خطر التآكل الدوري للأداة ضمن الأتقنية المنحنية (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

تكوين الأخدود configuration of fluting: يُلاحظ فيه عدة معالم تؤثر على كفاءة استخدام الأداة وهي القطر الخارجي (De) والقطر الداخلي (Di) وتكوين شفرة القطع cutting blade configuration فالقطر الخارجي يؤخذ تبعاً لمحيط المقطع العرضي ويحدد على العبوة ب قياس ISO في ذروة الأداة، والقطر الداخلي هو أصغر قطر لنواة (لب- قلب) الأداة وهو معلم أساسي لتحديد مرونة الأداة، و زيادة النسبة $\frac{De}{Di}$ كلما كان القطرين أقرب للتساوي) تزيد قوة الأداة ومقاومة الإجهاد الإلتوائي، لكن مرونتها ومقاومتها للتآكل الدوري تنخفض، ونقص هذه النسبة يقلل حجم الأخدود وكفاءة القطع أيضاً، عملياً: في الأتقنية المنحنية إذا كان احتمال التحميل الزائد الدوري مرتفعاً، فيجب اختيار الأداة ذات $\frac{De}{Di}$ الأعلى، وفي ظروف الإجهاد الإلتوائي العالي (قنوات ضيقة ومتكلسة ولكنها مستقيمة تماماً) فيجب اختيار الأداة ذات القيمة المنخفضة لـ $\frac{De}{Di}$ (Berman & Hargreaves, 2020).

يمكن أن يكون عمق الأخدود مختلفاً من أول الأداة إلى نهايتها، بمعنى آخر إن النسبة بين القطر الداخلي والخارجي تختلف من D0 إلى D16 وذلك لاختلاف المقطع العرضي للأداة من كونه مربع الشكل عند D16 ويتحول إلى مثلث ثم مقطع عرضي بشكل حرف S عند D0 . (Turpin, Chagneau, & Vulcain, 2000) (Berutti, 2003) (Chiandussi, Gaviglio, & Ibba, 2003)

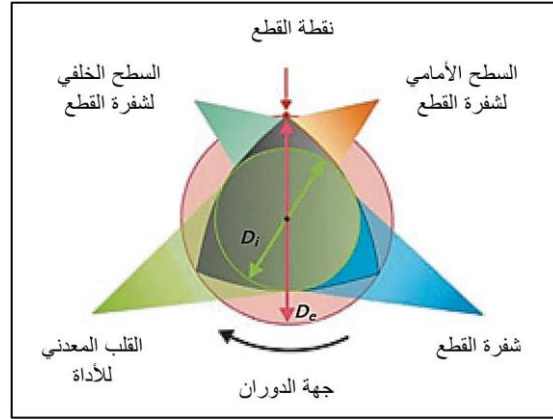


الشكل 13: القطر الداخلي والقطر الخارجي للأداة (Rzhanov, 2012)

الشكل 123: مقطع طولي وعرضي لعمق الأخدود (Rzhanov, 2012)

تكوين شفرة القطع: هو مزيج من أسطح وزوايا هي:

- السطح الأمامي لشفرة القطع (face): يقابل العاج القنوي غير المحضر بعد.
- السطح الخلفي لشفرة القطع (flank): يواجه السطح العاجي المحضر.
- حافة القطع (edge): الخط اللولبي بين السطحين السابقين.



الشكل 4 : تكوين شفرة القطع (Rzhanov, 2012)

والزوايا المحددة في تكوين شفرة القطع هي:

زاوية التصفية أو التنظيف Clearance angle: تكون جهتها عكس جهة القطع، وهي الزاوية التي يصنعها السطح الخلفي للشفرة، وتحدد درجة تغلغل الأداة في بنية العاج القنوي، فكلما قلّت هذه الزاوية ازدادت صعوبة تغلغل الأداة ضمن العاج وقلّت بالتالي كفاءة القطع (Berman & Hargreaves, 2020).

زاوية الإسفين Wedge angle: هي الزاوية بين السطح الأمامي والسطح الخلفي للشفرة، تحدد قوّة strong الشفرة فكلما زادت هذه الزاوية زادت قوّة الشفرة (Berman & Hargreaves, 2020).

زاوية القطع Angle of cutting: تكون جهتها مع اتجاه القطع، وهي الزاوية التي يصنعها السطح الأمامي للشفرة، وتحدد قوّة القطع cutting force (قوة دفع العاج) ومقدرة الأداة على القطع cutting power values ، وهذه الزاوية

هي المؤشر الأفضل لتقييم قدرة الأداة على القطع ، وفي حالة الحركة التناوبية reciprocating تصبح زاوية التصفية نفسها زاوية القطع.

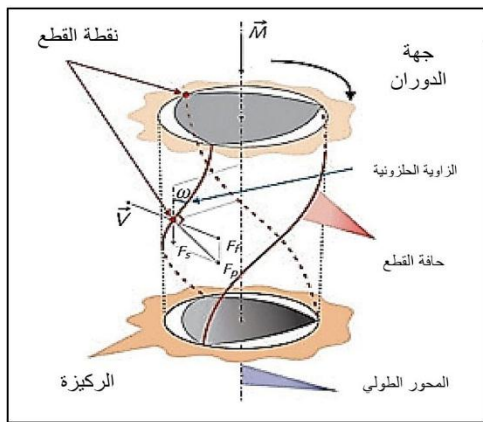
زاوية التجريف The rake angle: تحدّد نمط التفاعل بين الأداة والركيزة "السطح المحضر"، وهي الزاوية بين حافة القطع للأداة والسطح العمودي لقناة الجذر عند نقطة تماس الحافة مع جدار القناة وتكون:

- محايدة.
- موجبة: حيث قطع العاج بفعالية أكبر (عدوانية على الركيزة) ويزيد احتمال التشابك والحمل الإلتوائي، مثل مبارد H اليدوية.
- سالبة: يكون القطع أقل عدوانية، فيتم "خدش" السطح بدلاً من القطع، وأغلب الأدوات لها زاوية تجريف سلبية مثل مبارد K والموسعات وأدوات نيكول-تيتانيوم، ويمكن التحكم بهذه الأدوات بشكل أكبر داخل الجذر بسبب تقليل الزاوية السلبية من تغلغل الأداة ضمن العاج مقارنة بأدوات الزاوية الموجبة، والزاوية السلبية تزيد قوة حواف القطع ومقاومتها للتآكل، وتقلّل الحمل الإلتوائي torsional load فأتثناء القطع يتم دفع الشفرة أو النصل بعيداً عن الركيزة ويتحدد الحمل الإلتوائي هنا إلى حد كبير تبعاً للضغط العمودي على الأداة، وجميع الأدوات الآلية تكون زاويتها سالبة أو محايدة على الأقل (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

النصل The blade: ينتج بعملية صنع الأخدود حافة قاطعة له تسمى النصل أو الشفرة The blade، ووظيفتها اختراق بنية المادة المتفاعلة وفصل رقاقات منها (Berman & Hargreaves, 2020).

1-3-4 نمط التفاعل بين أداة التحضير الآلية والركيزة "السطح المحضر":

كما ذكر أعلاه، تحدّد مميزات التصميم خصائص الأداة ومزاياها وعيوبها، ويتحقّق ذلك عبر أنماط سلوكية معينة للأداة الموجودة داخل القناة الجذرية نتيجة للتأثير الكلي لصفاتها مجتمعة، وأحد أهم الأمثلة على اعتماد سلوك الأداة على سماتها هو مبدأ هندسي يسمى "تأثير التغذية الذاتية **self-feeding effect**"، فأثناء تحضير القناة الجذرية يتم سحب جميع الأدوات إلى القناة بسبب الدوران (حتى في حالة عدم وجود ضغط عمودي من الطّبيب) وغالباً ما يؤدي



الشكل 5: توزيع الحركة الدورانية للأداة إلى قوتين قوة الاحتكاك و قوة التغذية الذاتية (Rzhanov, 2012)

هذا التأثير إلى تشويق الأداة وكسرها داخل القناة ويطلق عليه عادةً في أدبيات طب الأسنان اسم "تأثير اللولب **screwing-in effect**"، مع أنّ المصطلح ليس صحيحاً تماماً، فاللولب يعني أنه أثناء الدوران تتقدم الأداة إلى الداخل ضمن القناة تحت ضغط عمودي من الطّبيب، وفي المقابل تعني التغذية الذاتية أن الأداة يتقدم نحو الداخل في القناة تلقائياً - فقط بسبب الدوران دون أي ضغط عمودي - ولتفسير ذلك هندسياً :

نرى بالشكل (15) شكلاً تخطيطياً لأداة بثلاث شفرات هي (الخطوط

الحمراء) ويخلق عزم الدوران (M) المطبق على الأداة حركة دورانية لها ولكل حركة سرعة خطية ولتكن V ترتبط بنصف قطر الأداة، إنّ كلّ نقطة من النقاط على حافة القطع تخضع لمقاومة طبيعية من السطح المحضر "الركيزة" وهذه القوة تكون بشكل عمودي على كل نقطة من حافة القطع.

تُقسّم هذه القوة إلى مكونين متعامدين، أولهما F_f يكون باتجاه معاكس لاتجاه الحركة الخطية V وتدعى قوة الاحتكاك، وثانيهما F_s يكون باتجاه الجزء الذروي من القناة ويدعى قوة التغذية الذاتية، أي أن الدوران بحد ذاته يفسر سحب الأداة ذرياً حتى بعدم وجود ضغط عمودي (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

وهناك آراء متعددة تفيد أنّ تغيير الزاوية الحلزونية $helix\ angle$ والأوج $pitch$ يقلل من تأثير التغذية الذاتية (Glickman & Koch, 2000)، ولكن هذا ليس صحيحاً تماماً، فتنبعاً لقاعدة المحاور الثلاثة يعتمد تكوين القيمة

الإجمالية لقوة التغذية الذاتية Fs على محصلة القوى العمودية الناتجة على طول الأداة بالكامل (Rzhanov & Belyaeva, 2012).

1-3-5 أنواع الحركات والتقنيات المستخدمة في عملية تشكيل الأفنية المنحنية:

(1) حركة نواس الساعة **Watch Winding**: تدور الأداة حركةً تردديةً في قوس محدد باتجاه عقارب الساعة أو

بالعكس، وتستخدم هذه الحركة لتسليك الأفنية بتطبيق ضغط ذروي خفيف لتصل الأداة إلى نهاية القناة. (O. A. Peters & Peters, 2020)

(2) حركة التوسيع **Reaming**: طريقة فعالة لتوسيع القناة Enlargement حيث تدور الأداة من 180-360 درجة

مع عقارب الساعة، وفي هذه الحركة تُنقل القوة المستخدمة في هذه الحركة إلى الجدار الداخلي للانحناء فهي لا

تستخدم لوحدها في الأفنية المنحنية بل بالتناوب مع حركة البرد (O. A. Peters & Peters, 2020).

(3) حركة البرد **Filing**: وضع الأداة في القناة والضغط عليها أفقياً أثناء سحبها لكشط الجدران، ويجب أن تكون

حركات الأداة متناغمة ذات إتساع قصير نسبياً بساعات 1-3 مم، وتعطي هذه الحركة إزالة بنية الأسنان بشكل

تفضيلي من الجدار الخارجي للانحناء مما يفيد في إزالة الانحناء في الثلث التاجي وتحقيق المدخل المستقيم نحو

الذروة، وإنّ أية تقنية تتضمن حركة سحب تميل فيها الأفنية المنحنية للاستقامة (O. A. Peters & Peters, 2020).

(4) حركة البرد المحيطي **Circumferential Filing**: عبر توجيه حركة البرد نحو أحد جدران القناة بشكل متعمّد،

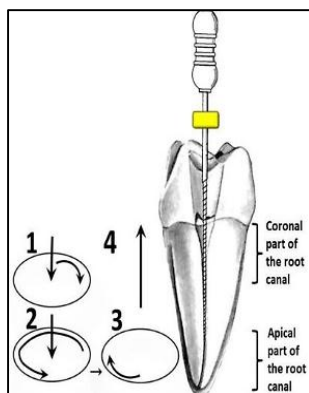
وتفيد بتوسيع الأفنية الكبيرة ولكنها محدودة الفعالية بعد تجاوز الثلث التاجي للقناة. (Castellucci, 2022)

(Torabinejad et al., 2020b)

(5) **دمج حركتي التوسيع والبرد:** إنّ دمج حركتي التوسيع والبرد يحافظ على شكل القناة الأصلي في الأفنية المنحنية عبر تحضيره للجدارين الداخلي والخارجي مقارنة مع حركة التوسيع لوحدها التي تحضر الجدار الداخلي فقط (Berutti, 1993).

(6) **حركة البرد بعكس الإنحناء Anticurvature Filing:** ينصح بها في عملية التوسيع التاجي coronal flaring للحفاظ على الجدار الداخلي للإنحناء (المجاور لمفتق الجذور)، وذلك لأنّ الأفنية الأنسية في الأرحاء العلوية والسفلية لا تكون متمركزة في منتصف الجذر، وإنّما تتوضع أقرب إلى منطقة الخطر، وفي هذه الحركة تُستخدم المبارد الآلية نيكول-تيتانيوم NITI بشكل أفقي وحركة سحب تاجية لإزالة العاج بشكل انتقائي من الجدار الضخم (منطقة الأمان) (O. A. Peters & Peters, 2020).

(7) **حركة القوة الموزنة:** يتم تدوير الأداة ثلاثة أرباع دورة باتجاه عقارب الساعة مع الضغط الخفيف نحو الذروة ثم يتم تدوير الأداة 120 درجة بعكس عقارب الساعة مع ضغط داخلي متوسط إلى شديد، تقوم القوة المتولدة (قوة القص أو قوة التوازن كما يطلق عليها) بقطع العاج، ثم يتم سحب الأداة بحركة برد سلبية لإزالة البرادة العاجية، وهي لا تحتاج لحني precurvature الأدوات المُسبق عند استخدامها فهي تستخدم بشكل خاص بعد التوسيع الثلثين التاجي والمتوسط من القناة المنحنية لتوسيع الثلث الذروي قبل التشكيل النهائي باستخدام الأدوات الآلية (Roane, Sabala, & Duncanson Jr, 1985).



الشكل 16: حركة القوة الموزنة (Peters, 2020)

وقد وُصِفَت حركات أخرى مثل حركة DeDeus، ولكنها حركات أكثر تعقيداً وإجهاداً للممارس، وأخيراً فإنَّ المزج بين عدّة حركات، والحنى المُسبق للأدوات، والمهارة اليدويّة الخاصة بكل ممارس يتَّوَجَّحُ كُلُّ ذلك بالوصول إلى شكلٍ مثاليٍّ للتحضير يضمن انتقالاً سلساً للأدوات ومواد الحشو خروجاً ودخولاً بدون عوائق نحو الذروة.

1-3-6 تقنيات التحضير القنوي:

(1) **الطريقة التقليدية Standardized**: يتم إدخال جميع الأدوات المستخدمة لكامل الطول العامل من الأصغر للأكبر دون تراجع عن الذروة، ممّا يعني أن الشكل النهائي للقناة يطابق شكل آخر أداة مستخدمة والاستدقاق كذلك (O. A. Peters & Peters, 2020).

(2) **تقنية Step-back**: تستخدم الأدوات بالتتابع من الأصغر إلى الأكبر فنبدأ بتحضير الذروة لثلاث قياسات بعد المبرد الأولي (المبرد الذي دخل لكامل الطول العامل مع مقاومة بسيطة) ثم يتم تقصير الطول العامل للمبارد الأكبر التالية بمقدار 0.5 أو 1 مم عن المبرد السابق، وتتضمن دمج عدة حركات من البرد filing والتوسيع reaming، وكانت تقنية Step-back جوهر معظم تقنيات التحضير لعقود سابقة (O. A. Peters & Peters, 2020).

(3) **تقنية Crown-down**: وُصِفَت هذه الطريقة من قبل Riitano 1976 و Pappin 1980 فكانت مناقضة لما سبقها من طرائق، فيتمّ التحضير فيها من التاج نحو الذروة، ومن أهمّ مزاياها أنّها تزيل الجزء الأكثر تقييداً للأدوات داخل القناة وهو التضيق في الثلث التاجي والمتوسط فيمكن تنظيف المنطقة الذرويّة وتوسيعها مع تقليل مخاطر نقل الذروة أو الانسداد القنوي (O. A. Peters & Peters, 2020).

(4) **تقنية Step-down technique**: يتم فيها تحضير ثلثي القناة أولاً، مما يفيد في تقليل البرادة العاجية والانسدادات عند تحضير الثلث الذروي مع عدم وجود أي إعاقة للأدوات وهذا بدوره يعطي تحكماً أكبر وفرصة أقل لحدوث zipping (O. A. Peters & Peters, 2020).

1-3-7 الحركة التبادلية والدورانية في أدوات التحضير الآلية:

ركّزت عمليات تطوير أدوات التحضير الآلية تغييراتها على التصميم الهندسي للجزء القاطع the cutting part من الأداة (صفات أساسية الاخدود The fluting، وصفات ثانوية كالطول والاستدقاق taper)، إضافةً إلى تطوير على مستوى الخليطة المعدنية (Rzhanov & Belyaeva, 2012) مما انعكس على نوع الحركة المستخدمة أثناء العمل والمرونة الفائقة والذاكرة الشكلية لهذه المبارد، ويمكن تصنيف الحركات المستخدمة فيها إلى حركة دورانية وحركة تبادلية.

(1) **الحركة الدورانية:** إنّ الدوران المستمر بجهة واحدة (باتجاه عقارب الساعة) يُحسّن جميع البرادة العاجية ومن ثم إخراجها بالاتجاه التاجي فقط، وإتمام الدورة كاملة بالنسبة لرأس المبرد (دورانه بجهة واحدة لـ 360 درجة) يزيد تمرّكه واتباعه لمسار القناة الزلق، مما يقلّل ولو بشكل نظريّ الدرجات والانقلابات، وكلّ ذلك يقلّل الوقت اللازم لتحضير القناة سريراً، لكن لهذه الصفات ذاتها جوانب سلبية فهي تزيد التعب الدّوري لبنية الخليطة المعدنية والذي ينتهي بكسر الأداة المستخدمة، ومن ناحيةٍ أخرى فهذه الحركة الدورانية توسّع القناة بشكلٍ أكبر، وتزيد حدوث الصدوع المجهرية العاجية في القناة (O. A. Peters & Peters, 2020).

(2) **الحركة التبادلية:** كان Roane أوّل من قام بتحضير القناة متجاوزاً الحركة الدورانية الكاملة، وذلك عبر اعتماده تقنية القوى المتوازنة التي استخدم فيها حركة تبادلية مع جهة عقارب الساعة وعكسها بدون إتمام دائرة التحضير كاملة، وتمّ الحصول على نتائج إيجابية لتحضير الأفقية المنحنية بهذه الحركة تحضير يدوياً (Hata et al., 1985; Roane et al., 2002)، وكذلك الأمر في التحضير الآلي وتمّ صنع أول مبرد تحضير آلي معتمد على الحركة التبادلية من شركة VDW عام 2010، وتتميّز الحركة التبادلية لأدوات التحضير عن مثيلتها الدورانية بأنها أقلّ مدىً في تغلغل شفرات المبارد ضمن الجدران العاجية، مما يقلّل الحمل الإلتوائي torsional load على الأداة، وبما أنّ عدد الدورات الكاملة المنجزة ضمن الأفقية الجذرية أقلّ من الحركة الدورانية فيكون جُهد الإنحناء أقلّ أيضاً مما يقلّل خطر انكسار الأدوات. قلّلت هذه الحركة عدد الأدوات المستخدمة والزمن اللازم لإتمام عملية

(Sebastian Bürklein & Schäfer, 2012; Varela-Patiño et al., 2010; التنظيم والتشكيل.

Ghassan Yared, 2008)

1-3-8 الطرق المتبعة في التعامل مع الأقفية ذات الانحناء المضاعف:

الطرائق التقليدية لتحضير الأقفية ذات الانحناء المضاعف باستخدام أدوات الفولاذ اللاصدئ (SS) :

- 1- التصرّ المسبق للانحناء وذلك بالاستعانة بالموجودات الشعاعية المتوافرة.
- 2- الانتباه لوجود غوور وتقعّر في الجدار الداخلي لكل من الانحناء التاجي والذروي لمنع حدوث انتقاب شريطي.
- 3- الوصول الحر للانحناء الأول يتم عبر التمديد الأنسي أو الوحشي لفتحة المدخل.
- 4- التحضير الحيادي Passively للانحناء التاجي يُسهّل الوصول والتشكيل للانحناءات الأخرى.
- 5- التحضير بحركة البرد عكس الانحناء في الانحناء التاجي.
- 6- الإرواء المتكرّر.
- 7- التسليك المتكرّر للقناة.
- 8- الحني المسبق لذروة المبرد عند تحضير الانحناء الذروي للمحافظة عليه.
- 9- العمل بحركات ذات سعة صغيرة.
- 10- إعطاء المبرد شكل مضاعف الانحناء والعمل بسعة صغيرة وإعادة حني المبرد بعد كل إخراج.
- 11- ألا يتجاوز قياس الذروة النهائي 20-30#.

12-الحفاظ التام على شكل الانحناء الذروي وذلك لمنع تغير مكان وشكل الثقبية الذروية (Castellucci, 2022;

(J. L. Gutmann & Lovdahl, 2010b).

الطرائق الحديثة لتحضير الأقفنية ذات الانحناء المضاعف باستخدام أدوات نيكل-تيتانيوم NITI :

1- يتم الوصول الحر للانحناء التاجي عبر التمديد الأنسي أو الوحشي لفتحة المدخل حسب موقع السن ضمن القوس السنية.

2- العمل على تقسيم طول القناة "من الفوهة إلى الذروة" إلى ثلاثة أجزاء والدخول فيها بالتتالي عند تحقيق نفوذ آمن وفي الانحناءات الشديدة يتم الدخول لكل 1-2 مم فقط في كل مرة وليس الدخول لكامل الطول بمرة واحدة.

3- استخدام مبرد K- File للتأكد من نفوذية القناة بحني رأس المبرد بدرجة 45.

4- الاسترداد المتكرر بمبرد يدوي صغير K- File (Castellucci, 2022).

5- استخدام المبرد ذات القياسات الصغيرة لقدرتها على تتبع انحناء القناة، مما يهيئ للمبارد الأكبر حجماً التعامل مع القناة بأقل جهد ممكن.

6- استخدام مبرد Glide path لإزالة الشذوذات وتسهيل التحضير القنوي، فتأمين مسار انزلاقي بمبارد يدوية قبل دخول المبارد الآلية يجنب كسر الأدوات (Vorster, van der Vyver, & Paleker, 2018).

7- إنهاء تحضير الانحناء التاجي قبل تحضير الانحناء الذروي لتأمين المكان الضروري لسوائل الإرواء وتعزيز فعاليتها (López-Ampudia & Gutmann, 2011).

8- اعتماد تقنية Crown Down فهي تفيد في تقليل الانحناء التاجي للمبارد قبل دخولها في القناة وتقلل من احتمال حدوث تغيير في الطول العامل أثناء التحضير، وتقلل دفع سوائل الإرواء والبرادة العاجية خارج الذروة، بالإضافة إلى تحسينها لإجراءات الغسل (Ansari & Maria, 2012).

9- استخدام أدوات نيكل-تيتانيوم NITI اليدوية في الأسنان ذات التشريح الجذري الصعب أو ذات الانحناء الشديد.

10- إدخال الأدوات اليدوية وفق حركات القوة الموازنة (Balanced Force) بحيث يُقتل المبرد 60 درجة باتجاه حركة عقارب الساعة (ارتباط مع جدران القناة) مع تقدمها ذروباً ثم فتلتها عكسياً 120 درجة عكس عقارب

الساعة مع تطبيق ضغط ذروي بسيط، ولهذه الحركة ميزاتٍ فهي أكثر فعاليةً وتقلل حدوث اختلاطات التحضير وتحافظ على مركزية الأدوات داخل القناة وتقلل من دفع البرادة العاجية ذروياً مما يقلل الألم التالي للمعالجة اللبية (Castellucci, 2022).

11- إن نصف قطر الانحناء يؤثر بشكل مباشر على فشل الأدوات الآلية NITI ، فكلما نقص نصف قطر الانحناء زاد احتمال انفصال الأدوات. (Schäfer, Diez, Hoppe, & Tepel, 2002)

12- ألا يكون التحضير الذروي كبيراً كما في الأفنية المستقيمة فالوصول لقياس الذروة الموافق لـ 25 كافٍ في هذه الحالة. (Hülsmann & Schäfer, 2010)

4-1 اختلاطات التحضير القنوي Complication Of Root Canal Preparation:

إن حدوث اختلاط يعني عدم القدرة على تحقيق أهداف التحضير القنوي من تشكيل القناة بشكل مخروطي مركزي، والحفاظ على شكلها وانحناءها الأصلي وموقع الثقب الذروي، وتحضيرها بأصغر حجم ممكن بما يسمح لاحقاً بحشوها بشكل كتيّم ثلاثي الأبعاد، وصُنّفت هذه الأخطاء الإجرائية في ثلاث مجموعات رئيسية:

- 1) نقص الطول العامل.
 - 2) التحضير غير الملائم للقناة الجذرية.
 - 3) الانحراف عن الشكل التشريحي للقناة الجذرية. (JL Gutmann, Dumsha, & Lovdahi, 2006)
- وبما أنّ انحناء القناة أكثر تعقيدات المعالجة اللبية انتشاراً، فقد أقرت العديد من الدراسات حدوث كثيرٍ من الأخطاء الإجرائية الناتجة عن انحناء القناة، وأكثرها حدوثاً هو **انتقال القناة**. (O. A. Peters, 2004)

1-4-1 انتقال القناة Transportation:

هو إزالة بنية جدار القناة على المنحنى الخارجي في الجزء الذروي من القناة نتيجة ميل المباد لاستعادة استقامتها خلال التحضير القنوي، ويمكن أن يسبب ذلك تشكّل الدرجات أو الإنتقابات (Endodontists, 2003)، ويُعرف أيضاً

بتغيّر موقع النّهاية الفيزيولوجية للقناة بعد إجراءات التحضير بالنسبة للسطح الخارجي للجزر (Chole et al., 2016) ، ويؤدّي انتقال القناة إلى إزالة غير متساوية للعاج من جدران القناة أثناء تحضيرها، ونقصان في زاوية الانحناء، وتغيّر في المحور الطولي للقناة، وبالتالي استقامة الأفنية المنحنية حيث تحاول مبادئ التحضير استعادة استقامتها ضمن القناة فتضغط على الجدار الخارجي من الانحناء في الثلث الذروي وعلى الجدار الداخلي للانحناء في الثلث المتوسط (Young, Parashos, & Messer, 2007).

وأشار Hülsmann إلى مصطلحي نقل القناة Transportation واستقامة القناة straightening الذين يشيران إلى الإزاحة أو الانتقال الجانبي للمحور الطولي الأصلي لقناة الجذر في جميع أجزاء القناة التاجية منها والمتوسطة والذروية (Hülsmann, 2022).

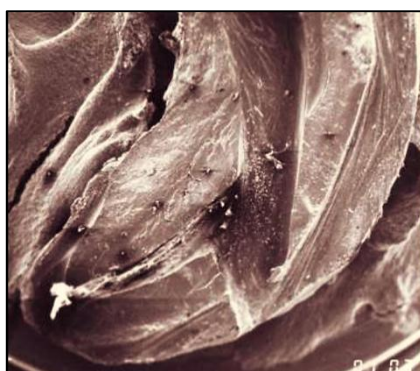
وأهمّ عوامل الخطورة المسببة لانتقال القناة:

- (1) تحضير فتحة الدخول غير مناسبة. (Jafarzadeh & Abbott, 2007)
- (2) عوامل تتعلق بالقناة من حيث استقامتها وانحناءها، وقطرها، وشكل مقطعها العرضي، واستدقاقها، وانسيابيتها ووجود تشعّبات وغوّرات ضمنها. (Sebastian Bürklein & Schäfer, 2013).
- (3) درجة ونصف قطر انحناء القناة حيث أنّ نصف القطر الصغير المترافق مع درجة انحناء كبيرة تزيد احتمالية تشكل الانتقال (O. A. Peters, 2004) سواء حُضرت القناة بالمبارد اليدوية من الفولاذ اللاصدئ أو من النيكل تيتانيوم (Dummer, Al-Omari, & Bryant, 1998).
- (4) الإرواء غير الكافي. (Chole et al., 2016)
- (5) استخدام أدوات غير مرنة بقياس أكبر من 20 . (Elizabeth M, 2005)
- (6) خصائص تقنية التحضير المتبعة كقوة الضغط الذروي ونوع الحركة الدورانية أو التبادلية (Hülsmann et al., 2005; Young et al., 2007).

- (7) نوع الخلّاط المصنوع منها مبادر التحضير القنوي (Chole et al., 2016).
- (8) تصميم المبرد (زاوية القطع، والمدى pitch، وزاوية التجريف rake، ودرجة الميل....) والمقطع العرضي، وتصميم الذروة (الذرى الحادة القاطعة تسبب بانتقال أكبر) والاستدقاق (Sebastian Bürklein & Schäfer,) (2013).
- (9) عدم كفاية الصور التشخيصية الشعاعية لإنحاء القناة (Chole et al., 2016).
- (10) عوامل تتعلق بمهارة الطبيب المعالج (O. A. Peters, 2004).

وعند حدوثه فإنّ انتقال القناة يسبّب:

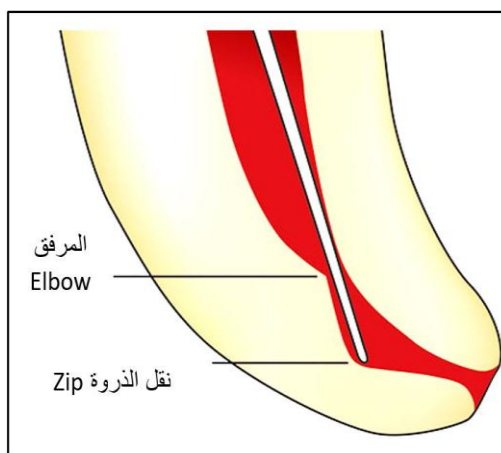
- (1) تنظيف غير كافٍ لكامل أجزاء القناة فقد يبقى جزء منها غير ممكن الوصول إليه وتحضيره، وقد تركت الأدوات بنوعها الفولاذ اللاصدئ ونيكل-تيتانيوم NiTi مناطق غير محضرة عند تحضير الأفنية المنحنية وخاصة في ثلثها الذروي، حيث بقي 35% من سطح القناة غير محضّر، كما في الشكل (20) (Chole et al., 2016)، وذلك يسبّب بقاء العاج المؤؤف وبقايا التحضير الملوّثة في الجزء الذروي وبالتالي حدوث إبتان وانتقاله إلى المنطقة حول الذروية وتشكل الآفات حول الذروية وبالتالي فشل المعالجة (Zuolo, Walton, & Imura,) (1992).



الشكل 17: سطح قنوي غير محضر نتيجة انتقال القناة في المنطقة الذروية (Chole 2016)

- (2) حدوث التسرب الذروي عند حدوث انتقال القناة في الأفنية المنحنية، فقد وجدت الدراسات المخبرية وجود علاقة طردية بين انتقال القناة وحدث التسرب الذروي (Fan, Wu, & Wesselink, 2000; M.-K. Wu, Fan,) (& Wesselink, 2000).

- (3) زيادة احتمال حدوث **كسر الجذر** نتيجة التحضير الجائر للجدار الخارجي للانحناء وإضعاف بنية العاج الجذري (Chole et al., 2016).
- (4) فقد **المقعد الذروي** والختم الذروي مما يؤدي إلى خروج البقايا والجراثيم ومحاليل الإرواء وتجاوز المادة الحاشية ذروباً (Hülsmann et al., 2005).
- (5) تشكل **المرفق elbow** (الكوع أو الشكل الذروي المعكوس) (Weine, Kelly, & Lio, 1975).
- (6) ينتج **الشكل الإهليلجي** عن انتقال الذروة **zipping** (ظهور شكل الساعة الرملية أو شكل **الدمعة** أو تمزق النقبة الذروية)، مما يقلل بشكل كبير الختم الذروي عند الحشو باستخدام التكثيف الجانبي (Sebastian Bürklein & Schäfer, 2013).



الشكل 18: المرفق Elbow

(Gutmann, 2010)

- (7) **الانتقاب الذروي** عند استخدام الأدوات الآلية ذات الرأس العامل (Hülsmann et al., 2005; O. A. Peters, 2004).

1-4-2 نقص الطول العامل (Loss of Working Length):

يحدث في الأفنية المنحنية حيث تميل الأفنية نحو الاستقامة بعد تحضيرها مما يُنقص طولها بحدود 1-2 مم وخصوصاً عند تحضير الثلثين التاجي والمتوسط ومحاولة جعلهما مستقيمين لخلق مدخل مستقيم للأدوات نحو الثلث الذروي، وتُكتشف هذه المشكلة أثناء التحضير عندما لا يصل المبرد الذروي الرئيسي إلى كامل الطول العامل.

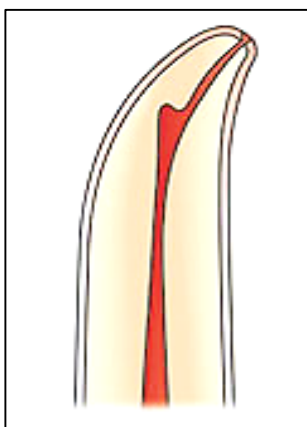
- ويحدث أيضاً عند الانتقال السريع للأدوات الأكبر حجماً مما يراكم البرادة العاجية في التلث الذروي وتستخدم المواد الخالبة مع الإرواء الغزير لإعادة النفوذية على كامل الطول العامل.
- ويحدث لأسباب أخرى كالمحددات المطاطية الموضوعة بشكل غير سليم أو مائل على المبرد أو لتغيير نقاط العلام المرجعية وأخطاء في تقنيات التصوير الشعاعي المتبعة.
- وتسبب الأخطاء الإجرائية الأخرى كالانسداد والدرجات وانكسار الأدوات نقصاً في الطول العامل (Hülsmann, 2016b; Hulsman & Schaffer, 2009).

انسداد منظومة القناة الجذرية Blockage: نشوء عائق في قناة كانت سالكة سابقاً، مما يمنع وصول المبرد إلى التضييق الذروي وغالباً يكون بسبب تراكم البرادة العاجية والبقايا اللبية والمواد الأخرى (القطن والأقماع الورقية والأدوات المكسورة) و تُفسّر هذه الإعاقات بشكل خاطئ على أنها تكلس ضمن القناة، ولتدبير التكلس المفترض تستخدم أدوات أكبر حجماً وأكثر صلابة مما يؤدي إلى نشوء درجات. ويكون التدبير بالإرواء الغزير باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم، وللمواد الخالبة دور في إذابة بقايا الأنسجة والبرادة العاجية التي تسد قناة الجذر، واستخدام المبرد الصغيرة من (-10 6) بحركة نواس الساعة لإزالة البرادة والوصول إلى كامل الطول العامل، ويُفضّل عدم استخدام الأجهزة فوق الصوتية لأنها تؤدي إلى حدوث الدرجة (Bhuva & Ikram, 2020).

الدرجة Ledge: شذوذ مُصطنع في أحد جدران القناة يمنع أدوات المعالجة من الوصول إلى الذروة. تحدث بسبب إدخال أدوات غير محنية مسبقاً إلى مستوى أقصر من الطول العامل مع تطبيق ضغط ذروي زائد، ويحدث أيضاً بالأدوات الآلية عند دفعها داخل القناة بقوة عمودية زائدة مع عدم وجود مسار زلق مُسبق لها، أو عدم كفاية سوائل الإرواء مما يؤدي لتراكم البرادة داخل القناة مشكلة ضغطاً على المبرد يدفعه لتشكيل درجة أو انكساره. يزيد احتمال حدوث الدرجات عندما تكون درجة انحناء القناة أكبر من 20 درجة (Ilgüy et al., 2013; Van der Vyver, 2019). يُعزى حدوث الدرجة إلى عدم تأمين مدخل مستقيم إلى القناة الجذرية،

أو عدم كفاية محاليل الإرواء والتزليق، أو التوسيع الزائد لمناطق الانحناء الذروي (M. Torabinejad, A. Fouad, & S. Shabahang, 2020a)

لتفادي حدوث الدرجة في الأفنية المنحنية يجب فهم وتصور موقع ودرجة الانحناء باستخدام أدوات صغيرة منحنية مسبقاً مع الانتباه للشكل ثلاثي الأبعاد لهذا الانحناء (وجود انحناء دهليزي أو لساني)، ولتدبير هذا الخطأ الإجرائي يتم استخدام مبرد مَحني الرأس وفور تجاوز الدرجة تستخدم حركات إدخال وإخراج صغيرة، وبالتالي التخفيف من الدرجة والقدرة على زيادة التحضير، ولا يُفضّل استخدام أدوات نيكول-تيتانيوم NITI المرنة في مثل هذه الحالات لأن الأداة سوف تتوقف عند الدرجة بسبب ذاكرتها الشكلية (Hülsmann, 2016a).



الشكل 19: الدرجة Ledge
(Gutmann , 2010)

انكسار الأدوات Broken Instruments: تتعرض أدوات التحضير الآلية أثناء دورانها المستمر ضمن القناة إلى إجهاد الفتل وإجهاد اللي. يحدث إجهاد الفتل (Torsional Fatigue) عندما يشبك رأس المبرد أو أي جزء منه مع الجدران العاجية للقناة واستمرار المبرد بالدوران، وعندما يتخطى حد المرونة (Elastic limit) تتشوه الأداة وقد تتعرض للانكسار، أما إجهاد اللي (flexural fatigue) فيتطور عندما تدور الأداة ضمن قناة منحنية وتتعرض لعدد كبير متتالي من دورات الشد والانضغاط وذلك في النقطة التي تكون أشد انحناء في المبرد حيث تؤدي هذه الدورة (انضغاط-شد متتالين) بعدد مرات كبير لحدوث كسور مجهرية وقد تؤدي بالنهاية إلى انكسار الأداة داخل القناة

(Perez- Villalba, Macorra, Perez- Higuera, Peters, & Arias, 2021) وغالباً ما تكون نقطة تركيز إجهاد اللي هي (النقطة D5-D6) (Grande NM et al. 2006)، ويزداد احتمال انكسار الأدوات بازدياد زاوية الانحناء وتتناقص نصف قطر الجذر، وقد وجد El-Kishawi أن أدوات نيكول-تيتانيوم NITI الآلية ذات الأحجام الأكبر وذات الاستدقاقات الأكبر تعبها الدوري أسرع (El-Kishawi & Khalaf, 2021)، وللوقاية من انكسار الأدوات يُفضل استبدال أدوات المعالجة اللبية بأخرى جديدة عند (J. L. Gutmann & Lovdahl, 2010a) :

- وجود تصدعات مثل المناطق اللامعة على شفرات الأداة اللبية.
 - وجود تآكل مشاهد على سطح الأداة.
 - الانحناء المفاجئ للأداة في أثناء استعمالها.
 - الاستعمال الزائد وخاصة لأدوات نيكول-تيتانيوم NITI لأنها معرضة للكسر بدون سابق إنذار.
 - أدوات الفولاذ اللاصدئ SS لتي تعرضت لثني بشكل زائد.
 - الإحماء الزائد لأدوات التكتيف، أو ظهور عيب أو خلل على رأسها.
- كما يُوصى بإيجاد مدخل مستقيم قدر الإمكان للأدوات اللبية في مداخل الأفنية الجذرية والسبر اليدوي للأفنية قبل التحضير، وضبط سرعة وعزم الدوران للمبرد بحسب تعليمات الشركة المصنعة واستخدام نظام التحضير المناسب، فالسبب الأهم لانكسار أدوات نيكول-تيتانيوم هو إجهاد الإنحناء (اللي) والتعب الدوري (Best et al., 2004; McGuigan, Louca, & Duncan, 2013).

1-4-3 التحضير غير الملائم للأفنية الجذرية:

تجاوز الأدوات Over Instrumentation: وصول الأدوات اللبية خارج التضيق الذروي مسببة رض الرباط السنخي السنخي والعظم السنخي، وفقدان التضيق الذروي، وجعل الذروة مفتوحة؛ فيزداد احتمال تجاوز مواد الحشو، والألم لدى المريض، ولتجنب تجاوز الأدوات أوصى Gutmann بالتابع ما يلي:

1. تحديد منطقة التضييق الذروي بدقة في القناة.
2. استعمال تقنيات شعاعية جيدة.
3. استعمال نقاط علام ثابتة ومحددات مطاطية ثابتة وعمودية على ساق الأدوات اللبّية.
4. إبقاء الأدوات ضمن تجويف القناة.
5. التأكد المتكرر من الطول العامل كلما كان ذلك ضرورياً.
6. الحذر في كل تفاصيل عملية التنظيف والتحضير.
7. تقييم سلامة المقعد الذروي بوساطة قمع متين أو مبرد. (J. L. Gutmann & Lovdahl, 2010b)

التحضير الزائد Over Preparation: الإزالة الزائدة من بنية القناة في الاتجاهين الأنسي الوحشي والدلهيزي اللساني، ويمكن أن يسبب التحضير الزائد في الثلث الذروي انفتاحاً بشكل دلتا (Zipping) وحصول انتقاب في التضييق الذروي، كما أنّ المبالغة في فتح الجدران نحو الخارج (Flaring) يزيد من احتمال الانتقاب الشريطي في الثلثين التاجي والمتوسط (James Gutmann, 2016).

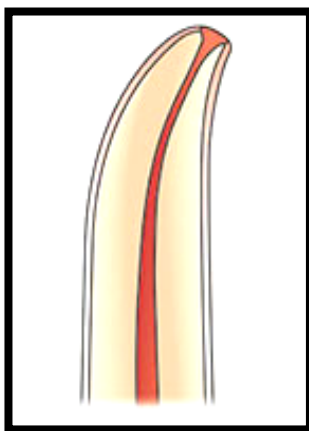
التحضير الناقص Under Preparation: الفشل في إزالة كامل اللب والبقايا العاجية، والجراثيم من المنظومة القنوية، فيكون التحضير غير ملائم للحشو ثلاثي الأبعاد (James Gutmann, 2016).

1-4-4 الانزياح عن الشكل الأصلي للقناة:

نقل الثقب الذروي Zipping: انتقال الثقب الذروي مع تحضيرها بشكل زائد على طول الجهة الخارجية للانحناء، وهي تأخذ شكلاً بيضوياً أو إهليلجياً عند نهاية الذروة (Hou, 2019). تحدث بسبب ميل المبرد لإعادة نفسها إلى

شكلها المستقيم الأصلي أثناء تحضير القناة مما يسبب توسعاً في المنطقة الذروية، أو تحدث بسبب تطبيق ضغط على الأدوات أثناء التحضير في الأقنية المنحنية، أو بسبب استخدام أدوات صلبة بقياسات كبيرة.

عندما يدور المبرد في الأقنية المنحنية يمكن أن يظهر شذوذ ميكانيكي حيوي آخر يعرف بالمرفق (Elbow) يقع تاجياً من الشكل الإهليلجي، ويكون هذا الجزء هو الجزء الأكثر تضيقاً في القناة، وفي كثير من الحالات تقف مواد الحشو في منطقة المرفق تاركةً منطقة التوسع الإهليلجي غير محشية، وخاصةً في تقنية التكتيف الجانبي، مما يجعل الختم الذروي أقل من المطلوب بسبب الشكل الإهليلجي المتشكل، بالإضافة إلى خطر التجاوز الكبير. لذلك يوصى باستخدام تقنيات الحشي الحراري العامودي لتأمين الختم الذروي في هذه الحالة (Sekhon, 2021).



الشكل 20: نقل التقنية الذروية Zipping
(Gutmann , 2010)

الانتقاب الشريطي Stripping perforation: ينتج عن الإفراط في استخدام أدوات التحضير، وغالباً يحدث على الجدار الداخلي للأقنية المنحنية خاصة في الجدار الوحشي للجذور الأنسية للأرجاء السفلية لأن الجزء الثخين من بنية الجذر يقع على الجهة المعاكسة للانحناء، ولذلك فإنّ البرد باتجاه هذه المناطق الثخينة مع ضغط أقل باتجاه مناطق التقعر سيمنع الإزالة الزائدة من بنية الجذر وهذا ما يسمى بتقنية البرد بعكس الانحناء (Adiga, Ataide, 2010). ولتدبيره في حال كان صغيراً مع إمكانية السيطرة على النزف، فيمكن إغلاق الانتقاب وإصلاحه أثناء الحشو الثلاثي الأبعاد للقناة، ولكن عندما يكون الانتقاب كبيراً مع صعوبة في التحكم بالنزف

يُوصى باستخدام مسندة داخلية (مثل هيدروكسي أباتيت) لمنع تجاوز المادة السادة للانتقَاب نحو الأنسجة المحيطة (Sekhon, 2021).

1-5 طرائق وركائز ومتغيرات تقييم عملية التحضير القتوي:

اعتمدت معظم دراسات تقييم قدرة الأنظمة الآلية على تحضير الأقفية تصميمات دراسية متشابهة، ولكن نادراً ما تكون متطابقة، مما يجعل مقارنة النتائج أو جميع الأدوات صعبة أو حتى مستحيلة، وفي كثير من الدراسات لا يتم وصف المواد والأساليب بتفاصيل كافية، مما يجعل من الصعب الحكم على الجودة العلمية ودقة التصميم التجريبي، ومن المثير للدهشة، أنه حتى عند استخدام بروتوكولات دراسة متطابقة، فقد ثبت أن النتائج تختلف بشكل كبير وقد تكون متناقضة تماماً وقد تفشل بعض الدراسات في إبراز الاختلافات بين الأدوات والتقنيات وذلك بسبب تصميمات الدراسة الناقصة. (Hülsmann, 2022)

1-5-1 أولاً - ركائز تقييم عملية التحضير القتوي:

استخدمت الدراسات ركائز مختلفة ومتباينة في دراستها لتحضير الأقفية ومنها:

1- الأسنان المقلوعة Extracted teeth:

لا شك أنّ الأسنان البشرية المقلوعة هي أفضل ركيزة لإعادة تمثيل الواقع السريري مخبرياً من حيث: هندسة المنظومة القنوية والخصائص الفيزيائية والكيميائية للأنسجة الصلبة (وأهمها العاج)، والتي بسبب بنيتها الفريدة (وجود القنات العاجية) وتكوينها (مثل أنواع مختلفة من العاج) لا يمكن استبدالها بأي مادة أخرى وخصوصاً في الأبحاث التي تتطلب دراسة تأثير التدابير العلاجية على بنية الأسنان، فيجب عندها - بالضرورة - استخدام الأسنان الطبيعية، وهناك بعض العيوب الرئيسية في استخدام مثل هذه الركيزة كالاختبارات الأخلاقية، وإمكانية نقل العدوى، وصعوبة الحصول على عينات بأعداد كبيرة ومتماثلة تشريحياً بحيث يمكن عزل المتغير "المعلم" موضوع الدراسة فيما بينها، ومشكلة جمع وتخزين عدد كاف من الأسنان المناسبة (استبعاد كل الأرحاء الثالثة والأسنان غير مكتملة الجذر والأسنان بشذوذات تشريحية والأسنان بلا تاج أو جذر ووجود ترميمات أو معالجات سابقة)، وإنّ التوزيع العشوائي لعدة أسنان مقلوعة على

المجموعات مشكلة أساسية في إيجاد مجموعات متشابهة فيما يتعلق بالسمات التشريحية الرئيسية (نوع السن، طول الجذر، تشريح الجذر، طول السن والجذر، درجة وزاوية الانحناء، قطر قناة الجذر)، ولخلق توازن بين المجموعات المستخدمة. لتجنب أي تحيز تشريحي قدم Ahmed و Dummer عام 2017 تصنيفاً تفصيلياً جديداً لتشريح قناة الجذر واقترح (De-Deus) عام 2020 استخدام الأشعة المقطعية الدقيقة Micro-CT مع برنامج محاكاة حاسوبي لإنشاء مجموعات تجريبية متوازنة، وما يزال هناك عدد من معلمات الأسنان الإضافية (تخزين الأسنان، وعمر المرضى، وصلابة العاج) لا يمكن توحيدها ومطابقتها بشكل كافٍ بأي من التقنيتين (Ahmed, Versiani, De- Deus, & Dummer, 2017; De- Deus et al., 2020)

و ومن التقنيات المطبقة على الأسنان المقلوعة:

1- طريقة تشيفيف الأسنان أو الأسنان الشفافة Translucent Teeth :

تفيد هذه الطريقة في توضيح أخطاء التحضير القنوي مثل الدرجات والانتقابات حيث تعد هذه الطريقة سهلة نسبياً وغير مكلفة (Robertson, Leeb, McKee, & Brewer, 1980).

2- طريقة المقاطع العرضية Cross Section :

عبر تقطيع جذر السن الى عدة أجزاء بمقاطع متباعدة تسمح بالملاحظة العيانية لشكل وموقع القناة نسبة إلى حواف هذا الجذر (McCann, Keller, & LaBounty, 1990a).

3- طريقة المسح الإلكتروني المجهر Scanning Electron Microscopy :

تفيد في الدراسات المسحية الوصفية وقياس قطر الأفتنية الجذرية لكنها غير مفيدة في دراسة التغيرات لشكل ومكان الأفتنية بعد عملية التحضير القنوي (Brantley, Luebke, Luebke, & Mitchell, 1994).

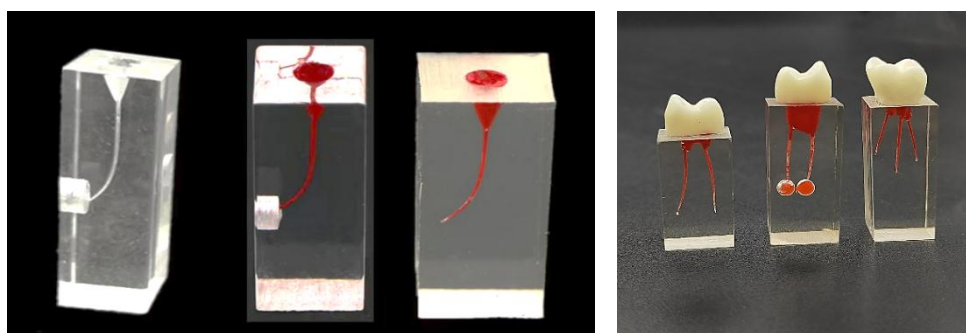
4- طريقة التحليل الشعاعي Radiographic Analysis :

تفيد في تقييم اختلاف طرق التحضير وقياس التغير الحاصل في زاوية الانحناء وذلك بمقارنة الصور الشعاعية قبل وبعد التحضير (Goldman, Sakurai-Fuse, Turco, & White, 1989).

5- عمل طبعة مطاطية للقناة المحضرة: (Chen & Messer, 2002)

2- القوالب والكتل الراتنجية Resin blocks :

طوّر Franklin Weine في سبعينيات القرن الماضي أول النماذج التجريبية على شكل كتل بلاستيكية شفافة مع محاكاة قناة جذرية ملونة بالحبر الأزرق (Weine et al., 1975) و طورت تدريجياً لتسمى مشابهاً الأقمية الجذرية. تصنع من مادة الراتنج الشفاف المصبوب، وتؤمن هذه القوالب عوامل موحدة من حيث الطول، القطر، الاستدقاق، مقدار الانحناء، والأبعاد الثابتة المعلومة، والبنية الثابتة (Alodeh, Doller, & Dummer, 1989 Schirrmeister, Strohl, Altenburger, Wrbas, & Hellwig, 2006)، يضمن ذلك درجة عالية من توحيد "تشرح" قناة الجذر، وهذا الأمر بحسب Hülsmann كان ولا يزال مفيداً حتى الآن في الدراسات المتعلقة بتحضير الأقمية ذات الانحناء المضاعف على شكل حرف S، حيث أنه من الصعب للغاية جمع عدد كافٍ من الأسنان المقلوعة ذات انحناء مضاعف قابل للمقارنة ثلاثية الأبعاد، فباستخدام مشابهاً الأقمية الجذرية يمكن تسجيل عدد من المتغيرات المختلفة: وقت التحضير، فشل الأداة (التشوه، الكسر)، فقدان طول العمل، الدرجات المتشكلة، الانسداد، انتقال القناة /الاستقامة، شكل القناة (المقعد الذروي، الاستدقاق)، والانحرافات (المرفق، الكوع، شكل الدمعة المقلوبة)، والانتقابات (Hülsmann, 2022). وعلى جانب آخر؛ فمشابهاً الأقمية الجذرية الراتنجية لا تحاكي العاج الطبيعي من حيث القساوة والبنية، ففي حين تتراوح القساوة المجهريّة للعاج البشري بين 40 - 35 كجم/مم² تكون القساوة في المواد الراتنجية التي تتراوح بين 22 - 20 كجم/مم² (ELDEEB & BORAAS, 1985)، وكذلك تختلف أبعاد وحجوم البرادة العاجية والبرادة الراتنجية فيما بينها، فالأخيرة تكون أكثر صعوبة في إزالتها من الأقمية الجذرية، ويزيد معها احتمال حدوث انسدادات القناة وتختلف مشابهاً الأقمية الجذرية في القوة اللازمة لتحضيرها فيه أقل مما هو مطلوب لتحضير العاج (Lim & Webber, 1985).



الشكل 21: القوالب الراتنجية ومشابهاً الأقمية الجذرية بأشكالها (Hülsmann, 2022)

3- الأسنان الراتنجية المصنوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D printed teeth:

أدت المشاكل في جمع كمية كافية من الأسنان المقلوبة المناسبة المتمثلة في الدراسات اللبّية (Anderson, 2018; Wealleans, & Ray, 2018)، وخطر نقل العدوى وخاصةً في أوقات الأوبئة الفيروسية إلى استخدام هذه الأسنان لاصطناعية (Reymus et al., 2020)، التي تم تصنيعها باستخدام بيانات التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة المقطعية الدقيقة أو المخروطية للأسنان المقلوبة في الدراسات المتعلقة بتحضير الأقنية الجذرية أو بحشوها (Gok, 2019; Capar, Akcay, & Keles, 2017; Karatekin, Keleş, & Gençoglu, 2019). تتمثل الفوائد الرئيسية للأسنان المطبوعة ثلاثية الأبعاد في:

- توحيد شكل وأبعاد الأسنان وتوافر أعداد كافية.
- إمكانية العمل على أسنان معقدة جداً وذات تشريعات نادرة (انحناءات مضاعفة وانحناءات شديدة وأقنية بشكل C وانقسامات واندماجات الأقنية الجذرية المعقدة). (Reymus et al., 2020)



الشكل 22: 3D printed teeth (Hülsmann, 2022)

عيوب الأسنان المطبوعة:

- القطر الأولي للقناة المطبوعة - لأسباب تقنية - لا يمكن أن يكون أصغر من حجم ISO 15 حيث تتراوح دقة طبقات الراتنج المفردة من 16 إلى 32 ميكرومتر. (Gok et al., 2017)
- صعوبة إزالة الشمع داخل القناة المطلوب أثناء طباعة نماذج الأسنان. (Hülsmann, 2022)
- اختلاف الظلالية الشعاعية والصلابة بين الراتنج والعاج. (Ordinola-Zapata et al., 2014)
- تستخدم في الدراسات المتعلقة بشكل قناة الجذر وليست مناسبة للتحقق من نظافة قناة الجذر أو أي تغييرات في العاج (السطح، والصلابة، والتركيب، والبنية).

وتكون مسبقة الصنع كمنتج متوافر تجارياً من شركات VDW و Smile Factory و NextDent و VOCO و Sculpteo، أو يمكن صناعتها من الراتنج المستخدم في الطابعات ثلاثية الأبعاد عن طريق محاكاة صور CBCT لأسنان طبيعية. تؤمن هذه النماذج عوامل موحدة من حيث الطول، ومقدار الانحناء، والأبعاد الثابتة المعلومة، والبنية الثابتة إلا أنها لا تحاكي العاج الطبيعي من حيث القساوة، وهناك نوع راتنجي واحد (V-Print) يشابه الظلالية الشعاعية للعاج (Reymus et al., 2020)، وهناك تطوير للأسنان المطبوعة لتتكون من راتنج مطبوع وشريحة من العاج الطبيعي تتوضع في الثلث الذروي بهدف توسيع المتغيرات البحثية المدروسة لتشمل الدراسات الجرثومية والمجهري الإلكتروني الماسح SEM و النظافة بعد التحضير وطبقة اللطاخة والحطام المتبقي وتأثيرات الأدوات على العاج كما في دراسة (Choi et al., 2021).

1-5-2 ثانياً - طرائق تقييم التحضير القتوي:

تصنّف إلى:

الفحص البصري Visual examination: يمكن إجراؤه على مشابهاة الأقنية الشفافة أو على الأسنان المقلوعة الشفافة، وتعطي هذه الطريقة بشكل أساسي بيانات بصرية بدلاً من البيانات الدقيقة القابلة للقياس كما في التصوير الشعاعي الذي يسمح بمقارنات أكثر دقة.

1. **الصور الفوتوغرافية Photography:** عند استخدام مشابهاة الأقنية الشفافة، ويتم تحليل الصور

عالية الدقة ببرامج حاسوبية ثنائية البعد كما في دراسة (Mahmoud, Alhimairi, Sultan, & Ayah, 2024)

ودراسة (Sharawy & El Shater, 2023) ودراسة (Gomaa, Osama, & Badr, 2021)

ودراسة (Biasillo et al., 2022).

2. **الصور الشعاعية Radiographs:** يمكن إجراؤها على الأسنان المقلوعة أو مشابهاة الشفافة عبر

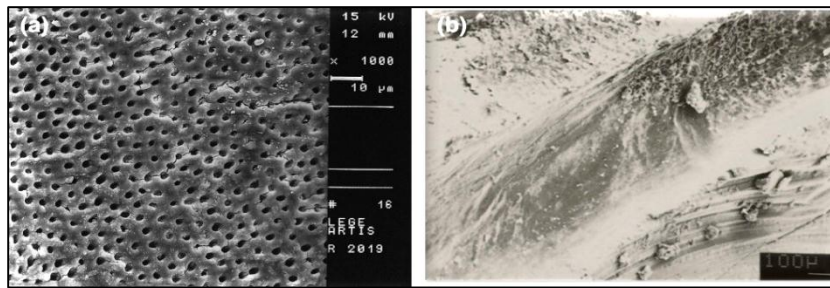
تحليل الصور الشعاعية قبل وبعد التحضير بشكل منفصل أو بتراكب الصور أو بالطرح الشعاعي،

واستُخدمت في العديد من الدراسات (Gröndahl, Gröndahl, & Webber, 1983) (Brägger,)

(1988) (CR, 1995)، ومن الواضح أنّ هذه الطرائق أقل جودة من التصوير المحوسب ثلاثي الأبعاد المتوافر اليوم.

المجهر الإلكتروني الماسح Scanning electron microscopy:

يسمح التصوير المجهرية المجهرية SEM بإجراء فحص عالي التكبير للتفاصيل الهيكلية والمورفولوجية الدقيقة لجدار قناة الجذر المُجهز (العاج المحضر) ويفيد في تقييم الجوانب الكيميائية الميكانيكية للتحضير بدلاً من الجوانب الميكانيكية كالمناطق غير المحضرة وطبقة اللطاخة المتبقية والحطام وفتحات القنوات العاجية وعلامات التحضير والتآكل على العاج والشقوق ، ومن سيئات هذه الطريقة هو تحيز المراقب لرؤية ساحة "مثيرة للاهتمام"، مثل المناطق النظيفة للغاية أو شديدة الاتساخ، أو الشقوق، أو التآكلات (Huelsmann, 2013; Hülsmann, 2013).

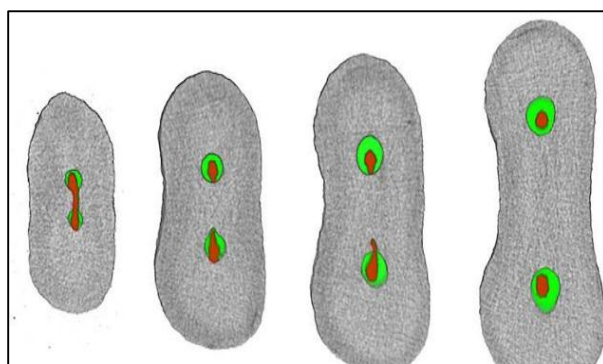


الشكل 23: صورة لسطح العاج المحضر مأخوذة بالمجهر الإلكتروني الماسح SEM (Hülsmann, 2013)

التحليل المحوسب للتصوير المقطعي Computed Tomographic Analysis:

إنّ تقنيّات CBCT و CT و Micro-CT هي تقنيّات التصوير الحالية التي أثبتت تفوقها على الصور الشعاعية التقليدية عند مقارنة تقييم القدرة على تشكيل الأفنية بالأدوات اللبّية (Hartmann, Barletta, Fontanella, & Vanni, 2014; J. Liu, Luo, Dou, & Yang, 2007)، وعلى الرّغم من بعض الدراسات التي تشير إلى أنّ التصوير المقطعي المحوسب CT هو وسيلة فعالة لتقييم تقنيّات الأدوات اللبّية لكنه لا يتيح تقييماً كافياً لمورفولوجيا الجذر بسبب محدودية الحد الأدنى لسماكة الشريحة في أجهزة CT في الحصول على تفاصيل دقيقة ذات قيمة، ويضاف لذلك التكلفة العالية لهذه التقنية (Michetti et al., 2010). تُعدّ تقنيّة Micro-CT أحدث وأدق أداة في التصوير

الشعاعي في مداواة الأسنان اللبية، فيمكنها إعطاء صور ضمن نطاق حجم فوكسل يتراوح من 5 إلى 50 ميكرون (بسبب منبع الأشعة السينية المركز والواقط عالية الدقة)، ويتيح حجم الفوكسل الصغير هذا تقييم تراكم بقايا الأنسجة الصلبة، وجدران قناة الجذر التي لم تمسها أدوات التحضير، وحجم الأفنية الجذرية، وكمية العاج التي تمت إزالتها بشكل فعال كما في دراسة Spin-Neto (2013) ودراسة Zuolo et al (2018) ودراسة Poly, AlMalki, Marques, and Karabucak (2019). تعتبر طريقة مرجعية لهذا النوع من الدراسات، ومن ناحية أخرى فمساوئ هذه التقنية أنها باهظة الثمن، وتحتاج وقتاً أطول للمسح وإعادة البناء المحوسب للصور مقارنة بتقنية التصوير المحوسب ذي الحزمة المخروطية CBCT، ويقتصر على الدراسات المخبرية حتى الآن بسبب جرعة الإشعاع العالية الخاصة به، وقد تم استخدامه لتقييم كل من التغيرات في حجم قناة الجذر، والتغيرات في مؤشر نموذج الهيكل SMI، والتغيرات ثلاثية الأبعاد في شكل قناة الجذر، تراكم برادة التحضير، ومساحة جدران القناة المحضرة وغير المحضرة، وكمية بقايا الأنسجة الصلبة المتبقية، وانتشار وحدوث تصدعات الأسنان، وأثبتت دراسة De- Deus أن أنسجة اللب المتبقية يمكن تصويرها باستخدام التصوير المقطعي المحوسب الدقيق المعزز بالتباين (De- Deus et al., 2020).

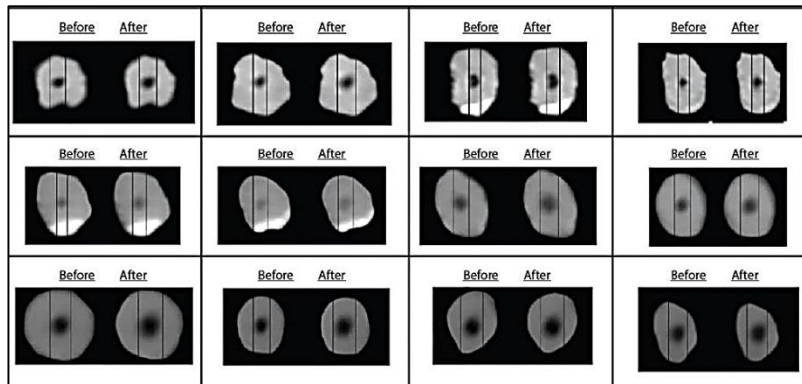


الشكل 24: تقنية MICRO-CT المستخدمة في تقييم التحضير القنوي (Karabucak, 2019)

تقنية التصوير المحوسب ذي الحزمة المخروطية CBCT:

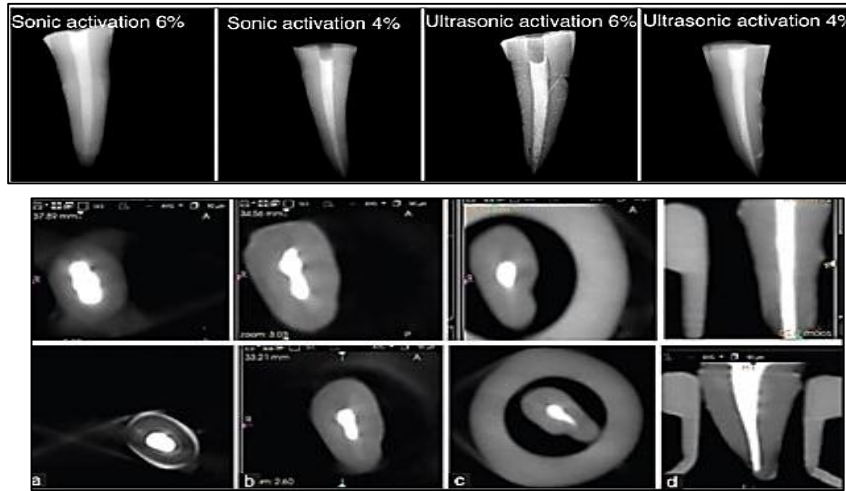
تقنية تصوير فعالة لقياس إزالة العاج وتقييم حدوث انتقال القناة والحفاظ على مركزية القناة (ElAyouti, Dima, 2011), وأهم عامل مؤثر على دقة الدراسات اللبية في تقنية CBCT هي حجم الفوكسل وبالأخص لدى دراسة التفاصيل الدقيقة في مورفولوجيا قناة الجذر، فأحجام الفوكسل الأكبر تعطي دقة أقل

(Bechara et al., 2012) وقد وجد Spin-Neto عام (2013) أنّ الصور عالية الدقة هي التي تمتلك حجم فوكسل أصغر من 200 مكرون، ويمكن استخدامها في عند الاشتباه بوجود كسر في الجذر، في حين وجد Kamburogiu أنّ الصور عالية الدقة هي التي تمتلك حجم فوكسل أصغر من 160 مكرون، وهي أكثر دقة في تشخيص الامتصاص الداخلي للجذور (Kamburoğlu & Kursun, 2010)، وقد استُخدمت تقنية CBCT على نطاق واسع في العديد من الدراسات دراسة (Elnaghy & Elsaka, 2014)، (J. Liu et al., 2014)، (Hassan, 2018) لتقييم فعالية الأدوات اللبّية في نطاق فوكسل كبير يصل إلى 125 مكرون، إلّا أن حجم الفوكسل الأصغر 75-78 مكرون ووضع عالي الدقة (ENDO 5X5 Endo mode) كافٍ لتقييم فعالية أنظمة التحضير الآليّة، ولتوفير مزيد من النتائج المفصلة ورسم الخرائط التشريحية للمنظومة القويّة الجذريّة يمكن استخدام Micro-CT (Öztürk, Ateş, & Fişekçioğlu, 2020). وأجريت دراسات عديدة استخدمت CBCT لتقييم نقل القناة والحفاظ على مركزيتها (Vinodhini et al., 2024)، (Delgoshayi et al., 2018)، (Hage et al., 2020)، (Nascimento, Nascimento, Gaêta- Araujo, Fontenele, & Freitas, 2019)، (Weber, 2015)، (Stratz, Fleiner, Schulze, & Hannig, 2015).



الشكل 25: تقنية CBCT المستخدمة في تقييم التحضير القوي (Hage et al., 2020)

واستخدمت دراسات أخرى حقن المادة الظليلة **Omnipaque** ضمن القناة اللبية (Sowmya et al., 2024)، (Pacheco-Yanes et al., 2020) واستخدمت بعد الحقن تقنية MICRO-CT، و (Abdelhafeez et al., 2023) و (Nangia, Nawal, & Talwar, 2020) استخدمت تقنية CBCT في دراسة التقييم الشعاعي بعد العمل.



الشكل 26: تقنية CBCT مع المادة الظليلة في تقييم التحضير القنوي (Nangia, 2020) (Sowmya et al., 2024)

1-5-3 ثالثاً : المتغيرات ومواضيع الأبحاث المتعلقة بتقييم عملية التحضير القنوي:

من أهمّ المواضيع الأساسية قيد البحث فيما يتعلق بتحضير الأفنية الجذرية:

المقطع العرضي والطولي لقناة الجذر، ونسبة تمركز القناة، ونقل القناة والاستقامة وتشكل الدرجة والانتقابات، وجدران القناة غير المحضرة، وتأثير الأدوات على الكائنات الحية الدقيقة، وتدمير الأغشية الحيوية، وتأثير الأدوات على طبقة اللطاخة وإزالة الأنسجة الميتة والبرادة، وبقايا النسيج الصلبة المتبقية بعد التحضير، والبقايا المقذوفة ذروباً بعد التحضير، وكمية العاج المزال وتآكل العاج، والتغيرات في مقاومة الجذر للكسور، وارتفاع درجة الحرارة داخل قناة الجذر وخارج الجذر، وتلف النسيج الصلبة للأسنان (الشقوق والكسور)، ووقوع اختلاطات التحضير وسلامة العمل، وتحسين فعالية الإرواء، ونتائج العلاج (ألم ما بعد الجراحة، تغيرات جودة الحياة لدى المرضى، النجاح السريري، بقاء الأسنان على قيد الحياة) وذلك بدراسات سريرية، ووقت العمل (Hülsmann et al., 2005).

1-6 دراسات سابقة:

اعتمدت معظم دراسات تقييم قدرة الأنظمة الآلية على تحضير الأفقية مضاعفة الانحناء تصميمات دراسية متشابهة، ولكن نادرًا ما تكون متطابقة، مما يجعل مقارنة النتائج أو جميع الأدوات صعبة أو حتى مستحيلة، ومن هذه الدراسات، دراسة Shi التي استخدمت مشابهاً الأفقية الراتنجية مضاعفة الانحناء للمقارنة بين فعالية نظامي تحضير ProTaper Gold (PTG) متعدد المبارد ذو الحركة الدورانية ونظام WaveOne Gold (WOG) وحيد المبارد ذو الحركة التبادلية في تحضير الأفقية مضاعفة الانحناء، ووجدت تفوق نظام WOG في الثلث الذروي من حيث نقل وتمركز القناة (Shi et al., 2022).

وقارنت دراسة Gomaa ثلاثة أنظمة ذات حركة دورانية (PTN) ProTaper Next و (HEDM) HyFlex EDM و (OC) One Curve في تحضير مشابهاً الأفقية الراتنجية مضاعفة الانحناء ووجدت أن التمرکز الأكبر لها جميعها كان في الثلث المتوسط، مع تفوق نظام One Curve في الثلث الذروي بسبب المعالجة الحرارية لخليطته. (Gomaa et al., 2021).

ودراسة Biasillo وجدت أن الحركة التناوبية أفضل من حيث تمرکز القناة في المنطقة الذروية وذلك بغض النظر عن استخدام Glide path، واستخدام Glide path حسن التمرکز في المنطقة الذروية ولكنه قلله في المنطقة الناجية (Biasillo et al., 2022).

وأظهرت دراسة Mahmoud التي قارنت ستة أنظمة TruNatomy و Procodile و VDW Rotate و Hyflex CM و OneCurve و WaveOne Gold ذات حركات مختلفة تبادلية ودورانية إضافة إلى تقنيات هجينة تبادلية دورانية معاً (الجمع بين نظامين في التحضير)، أن التقنية الهجينة هي المفضلة، وفي حين عدم توافرها فالخيار المفضل التالي هو الحركة الدورانية (Mahmoud et al., 2024).

ووجدت دراسة Alrahhal بعد مقارنة أربعة أنظمة تحضير Reciproc Blue و XP-endo Shaper،

WaveOne Gold و Twisted File Adaptive ذات حركات مختلفة تبادلية ودورانية، أنّ طبيعة حركة المبرد

الآلية سواء كانت دورانية أم تبادلية لم تؤثر في الحفاظ على مركزية القناة وشكلها الأصلي في الألفية مضاعفة

الانحناء (Alrahhah & Tunç, 2024).

وكذلك دراسة Kaddoura بيّنت أيضاً بعد مقارنة أربعة أنظمة تحضير آلية، اثنتين منها بحركة تبادلية

WaveOne Gold و Reciproc Blue ،واثنتين بحركة دورانية OneCurve و AF F-one عدم التأثير

المباشر لطبيعة حركة المبرد على مركزية القناة وشكلها الأصلي في الألفية مضاعفة الانحناء (Kaddoura,

Madarati, & Al Tayyan, 2021).



المواد والطرائق

Materials and Methods



2-1 تصميم الدراسة: دراسة مخبرية تجريبية.

2-2 العينة: تم حساب حجم العينة بالاعتماد على دراسة سابقة (Kuzekanani et al., 2021)، واستُخدم في هذه الدراسة 40 قالباً راتنجياً من مشابهات الأقمية ذات انحناء مضاعف Endo Training Bloc S-Shape من شركة Dentsply Sirona ذات استدقاق وقطر متطابقين مع قياس $\varnothing 15$ أي باستدقاق 2% وقياس 15 والطول العامل 16 مم، وتتضمن انحنائين تاجي، كانت زاوية انحنائه 30 درجة، ونصف قطره 5 مم، وآخر ذروي زاوية انحنائه 20 درجة ونصف قطره 4.5 مم. تمتاز هذه القوالب الراتنجية أنّ شكلها مماثل للأقمية الجذرية الطبيعية، وتسمح بتوحيد صفات العينة، وتعتبر بديلاً عملياً للأسنان المقلوقة فهي رخيصة الثمن وسهلة التأمين ومناسبة أيضاً لأغراض البحث العلمي (Tchorz et al., 2015) (Bitter, Gruner, Wolf, & Schwendicke, 2016). وُزعت العينة عشوائياً إلى مجموعتين المجموعة S والمجموعة R في كل مجموعة 20 قالب راتنجي تبعاً لنظام التحضير المستخدم، نظام S ONE ونظام R3 على الترتيب، ثم رُقمت القوالب من 1 إلى 20 في كل مجموعة على حدة.

2-3 المواد والأجهزة المستخدمة في الدراسة:

1. جهاز التحضير الآلي Woodpecker Endo Motor لشركة Guilin Woodpecker Medical Instrument CO., LTD, China لتحضير الأقمية بالأنظمة ذات الحركة التبادلية Reciprocating Rotation والحركة الدورانية Continuous Rotation.



الشكل 27: جهاز التحضير الآلي

2. جهاز التصوير الشعاعي PHT-6500 : PaX-i3D من شركة VATECH-Korea بحجم الفوكسل
Voxel Size=76-80 μ m وحجم الساحة CT FOV Size=5X5 وتباين اللون الرمادي لأقصى حد
Gray Scale= 16 bit.



الشكل 28: جهاز التصوير الشعاعي
لتقنية CBCT

3. قوالب راتنجية شفافة تحوي كل قناة منها انحناء مضاعف S-shaped canal بقياس Ø15 من شركة
Dentsply.



الشكل 29: القوالب الراتنجية ذات الانحناء المضاعف

4. المادة الظليلة Omnipaque بشكلها السائل من شركة G.E Health Care، وهي عامل تشخيص يستخدم في التطبيقات الطبية الشعاعية، فهي مادة تمتص الأشعة بشكل أكبر من الأنسجة المحيطة بها، وبالتالي يظهر الفراغ الذي يحوي المادة المظللة بشكل أوضح.

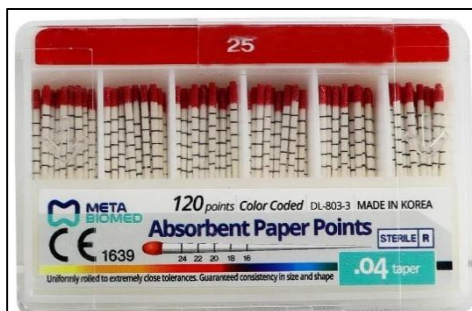


الشكل 30: المادة الظليلة

5. مبادر K-File بطول 25 مم وقياس 10 لشركة Mani.Japan.

6. ماء مقطر ومحاقن بلاستيكية سعة 3 مل لغسل الأقفية أثناء العمل، ورؤوس إرواء 31 gauge بفتحة جانبية.

7. أقماع ورقية Ø25 لتجفيف الأقفية بعد تحضيرها وغسلها.



الشكل 33: أقماع ورقية 25



الشكل 32: رؤوس إرواء بفتحة جانبية



الشكل 31: مبادر 10 k

8. نظام التحضير الآلي وحيد المبرد FANTA AF BLUE R3: المبرد المتوسط R2 25/0.06.

9. نظام التحضير الآلي وحيد المبرد FANTA AF BLUE S one: المبرد الثاني 25/0.06.

2-4 أنظمة التحضير المستخدمة في الدراسة:

قدّمت شركة FANTA مبادر تحضير آليّة معالجة حراريّاً مصنوعة من سلك من خليطة نيكول-تيتانيوم معدّلة بتقنيّات خاصة (AFTM-Wire)، ولها ثلاثة مستويات من المرونة تبعاً لمدى انتقال الخليطة ضمن أطوارها البلوريّة عند الإجهاد وهي:

- (AFTM_L) مرّن.
- (AFTM_R) شديدة المرونة.
- (AFTM_H) فائق المرونة.

تصميم نظام التحضير الآلي AF Blue R3:

نظام وحيد المبرد يعتمد الحركة التبادلية (150 درجة بعكس عقارب الساعة و 30 درجة باتجاه عقارب الساعة) مصنوع من خليطة معالجة حراريّاً (AFTM_R)، له مقطع عرضي غير مركزي على شكل مستطيل أو متوازي أضلاع أقرب للمستطيل بحافتي قطع بزاوية 85 درجة، ورأس غير عامل ممّا يضمن فعالية قطع جيدة مع الحفاظ على مركزية الأداة ضمن القناة، وله استدقاق ثابت 0.06، ويحوي عدة مبادر بقياسات مختلفة:

- المبرد الأولي R1: مبرد أصفر اللون باستدقاق 0.06 وقياس 20 .
 - المبرد المتوسط R2: مبرد أحمر اللون باستدقاق 0.06 وقياس 25 .
 - المبرد الكبير R3: مبرد أسود اللون باستدقاق 0.06 وقياس 40 .
- ولها أطوال تتراوح بين (21 و 25 و 31).

تصميم نظام التحضير الآلي AF Blue S one:

نظام وحيد المبرد يعتمد الحركة الدورانية بسرعة 400 Rpm وعزم دوران 2.5 Ncm ، مصنوع من نفس الخليطة المعالجة حراريّاً (AFTM_R)، له مقطع عرضي يحوي على ثلاثة تصميمات مختلفة، المثلثي بثلاث حواف قطع

متناظرة عند نهاية المبرد، وينتهي بحافتي قطع على شكل حرف S في الجزء التاجي مما يضمن فعالية قطع جيدة مع

الحفاظ على مركزية الأداة ضمن القناة، وله استدقاق ثابت، ويحوي عدة مبرد بقياسات مختلفة:

المبرد الأول: مبرد أصفر اللون باستدقاق 0.04 وقياس 20.

المبرد الثاني: مبرد أحمر اللون باستدقاق 0.06 وقياس 25.

المبرد الثالث: مبرد أخضر اللون باستدقاق 0.04 وقياس 35.

المبرد الرابع: مبرد أسود اللون باستدقاق 0.04 وقياس 40.

ولها أطوال تتراوح بين (21 و 25 و 31).



الشكل 34: أنظمة التحضير المستخدمة



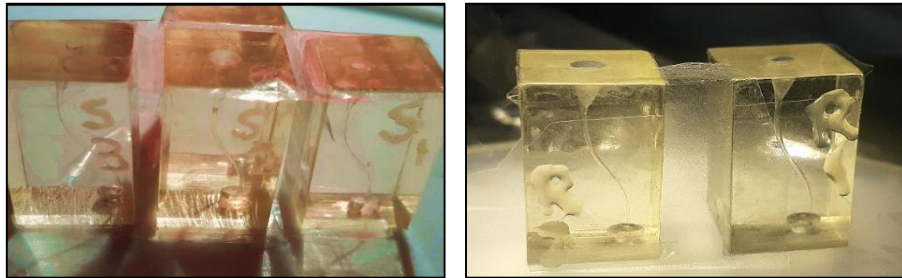
الشكل 36: نظام التحضير R3



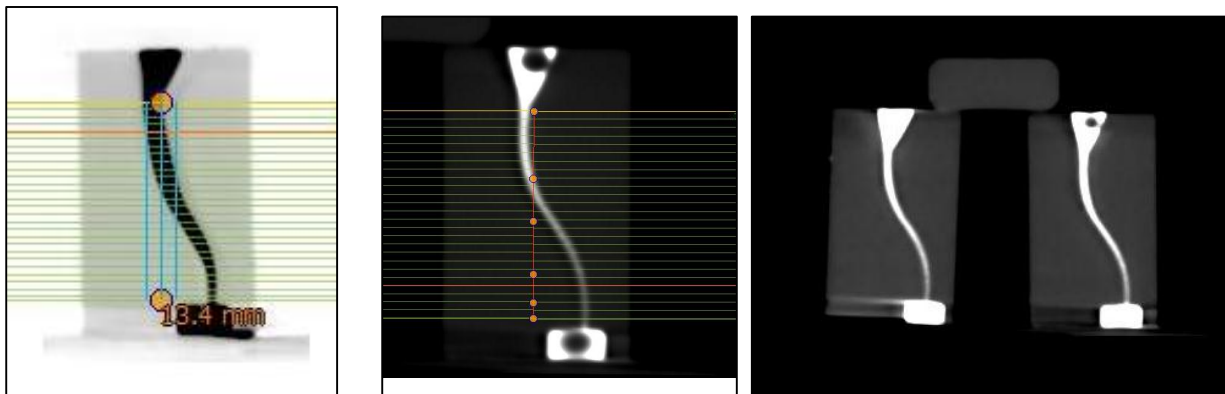
الشكل 35: نظام التحضير s one

5-2 طريقة العمل:

- تم تأمين ممر زلق Glide Path لكل العينة يدوياً باستخدام مبرد K10، و تم توزيع العينة عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين S و R، في كل مجموعة 20 قالب راتنجي تبعاً لنظام التحضير المستخدم S ONE و R3 على الترتيب، ثم رُقمت القوالب من 1 إلى 20 في كل مجموعة على حدة.
- التأكد من نفوذية كل قناة عيانياً وباستخدام مبرد K10، ثم حقن المادة الظليلة ضمنها دون بقاء فقاعات هوائية، وإغلاقها من سطحها العلوي والسفلي بلاصق شفاف وأخذت صورة CBCT أولية ظليلة لكل قناة من عينة الدراسة قبل التحضير.

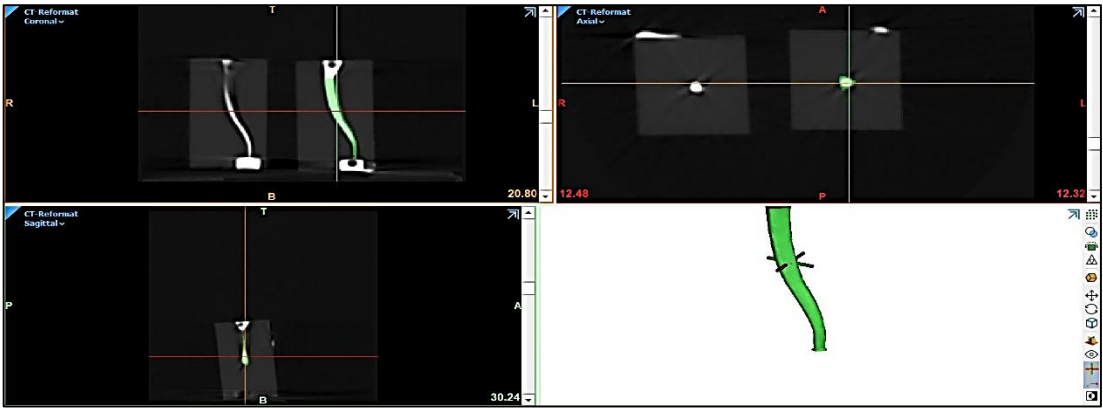


الشكل 37: القوالب الراتنجية مغلقة بلاصق شفاف

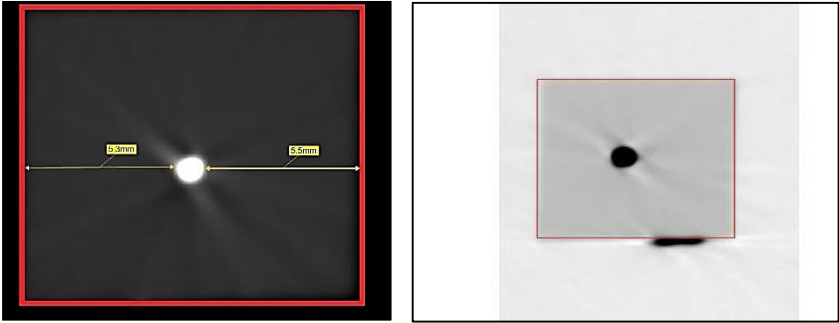
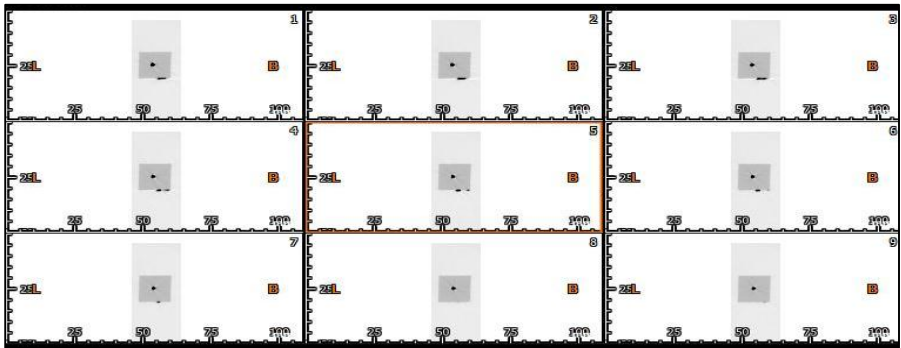


الشكل 38: أخذ صورة CBCT قبل التحضير

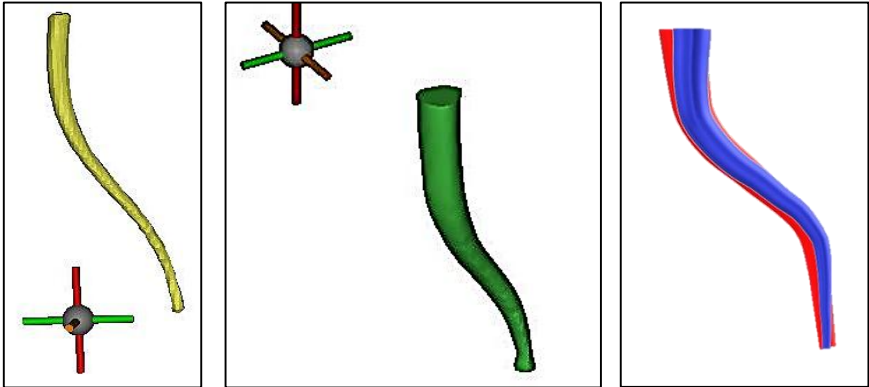
- حُضِرَت كل الأقفنية باستخدام جهاز التحضير الآلي Woodpecker بطريقة Crown-Down حسب تعليمات الشركة المصنّعة، واستُعمل مبرد واحد لكل قناة، وكان إنهاء التحضير لكل العينات للقياس 25 وتمّ تأكيد ذلك باستخدام قمع غوتابيركا بقياس 25/0.04.
- المجموعة R: نظام التحضير R3 والمبرد المستخدم هو المبرد المتوسط 25/0.06 بحركة تبادلية (150 درجة بعكس عقارب الساعة و 30 درجة باتجاه عقارب الساعة) حركة النقر pecking motion (سعة أقل من 3 مم، نقرتان داخل وخارج القناة) حتى كامل الطول العامل، وتمّ تنظيف أخاديد الأدوات بعد كل نقرتين، حسب تعليمات الشركة المصنّعة.
- المجموعة S: نظام التحضير S one والمبرد المستخدم هو المبرد 25/0.06 بحركة دورانية (سرعة 400 Rpm وعزم دوران 2.5 Ncm) بنفس حركة النقر وتنظيف الأدوات، حسب تعليمات الشركة المصنّعة.
- تمّ الإرواء أثناء وبعد التحضير بماء مقطر، ثمّ التجفيف بالأقماع الورقية، ثم حقن المادة الظليلة ضمن الأقفنية المُحضّرة المُجفّفة مع التأكد من عدم وجود فقاعات هوائية، وإغلاق سطحها العلوي والسفلي بلاصق شفاف، ثم أخذت صورة CBCT نهائية ظليلة لكل قناة من عينة الدّراسة.
- أُدخلت الصور جميعها (قبل وبعد التحضير) إلى البرنامج الحاسوبي Mimics Innovation Suite 21، وتمّ حساب مقدار حجم ومساحة القناة قبل وبعد التحضير باستخدام أداة Measure، ثم أدوات Area و Volume، ثمّ تمّ تحديد مستويات الدّراسة عبر استخدام أداة Segment وأداة Ruler، واختيار المقطع المطلوب دراسته لحساب الفرق بين جدران القناة قبل وبعد التحضير عند كل مقطع من مستويات الدّراسة عبر استخدام الأداة Measure، ثم الأداة Distance.



الشكل 39: واجهة البرنامج المستخدم Mimics Innovation Suite 21



الشكل 40: تحديد مستويات الدراسة وإجراء القياسات المطلوبة



الشكل 41: شكل القناة قبل وبعد التحضير

- أجريت الدراسة على 7 مستويات:

النقطة 6	بداية الانحناء التاجي
النقطة 5	عند منتصف الانحناء التاجي
النقطة 4	نقطة تبدل الانحناء
النقطة 3	عند منتصف الانحناء الذروي
النقطة 2	قبل الذروة بـ 1 مم
النقطة 1	قبل الذروة بـ نصف مم
النقطة 0	عند الذروة

تم استخراج البيانات وسجلت مرات انكسار الأدوات في كلا النظامين ، وقُيِّمت فعالية التحضير للأنظمة المستخدمة،

ثم تمّ مقارنتها بدراسة المتغيرات التالية:

- نقل القناة.
- تركز القناة.
- التغير في كل من مساحة وحجم القناة قبل وبعد التحضير.
- حساب مساحة الجزء غير المحضر.

وفق المعادلات التالية (Gambill et al., 1996):

نقل القناة	$\text{Canal Transportation} = (m1 - m2) - (d1 - d2)$ إذا كان الناتج سالباً فانتقال القناة يكون نحو الوحشي. إذا كان الناتج موجباً فانتقال القناة يكون نحو الأنسي.
الحفاظ على	معدل التمرکز =
تمركز القناة	$(d1 - d2) / (m1 - m2) \text{ عندما تكون } (d1 - d2) < (m1 - m2)$ $(d1 - d2) / (m1 - m2) \text{ عندما تكون } (d1 - d2) > (m1 - m2)$

القيمة 1 تشير إلى القدرة على التمرکز وكلما اقتربت القيمة من 0 قلّت قدرة الأداة على البقاء في مركز القناة	
تم حسابهما في برنامج Mimics Innovation Suite 21 باستخدام أداة Measure، ثم أدوات Area و Volume.	مساحة وحجم القناة
تم حسابه في برنامج Mimics Innovation Suite 21 باستخدام أداة Masks Comparison Verify.	مساحة الجزء غير المحضر

- سُجِّلَت البيانات وأُجريت الدّراسة الإحصائيّة للبحث باستخدام برنامج SPSS الإصدار 13.0، وأُجري اختبار t-

tests ت-ستيوذنت، واختبار Chi-square كاي مربع، عند مستوى دلالة $P \leq 0.05$.



الدراسة الإحصائية والنتائج

Statistical analysis and results



الدراسة الإحصائية :

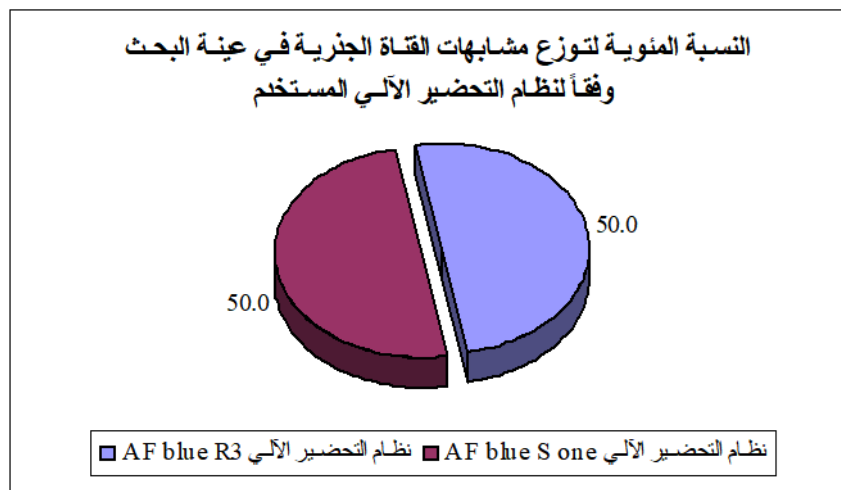
أولاً - وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 40 مشابهة قناة جذرية ذات انحناء مضاعف كانت مقسمة إلى مجموعتين رئيسيتين اثنتين متساويتين وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم (مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3، مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one)، وقد تمّ تحديد سبعة مواقع قياس مختلفة (عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدّل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة) في كل مشابهة قناة جذرية مدروسة في عينة البحث، فكانت عينة البحث مؤلفة أيضاً من 280 موقع قياس مقسمين إلى مجموعتين رئيسيتين اثنتين متساويتين وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم (مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3، مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one)، وكانت كل من المجموعتين الرئيسيتين مقسمة إلى سبع مجموعات فرعية متساوية وفقاً لموقع القياس المدروس (عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدّل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة)، وكان توزع مشابهات القناة الجذرية ومواقع القياس في عينة البحث كما يلي:

1- توزع مشابهات القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم:

جدول 1 يبين توزع مشابهات القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

النسبة المئوية	عدد مشابهات القناة الجذرية	نظام التحضير الآلي المستخدم
50.0	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3
50.0	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one
100	40	المجموع

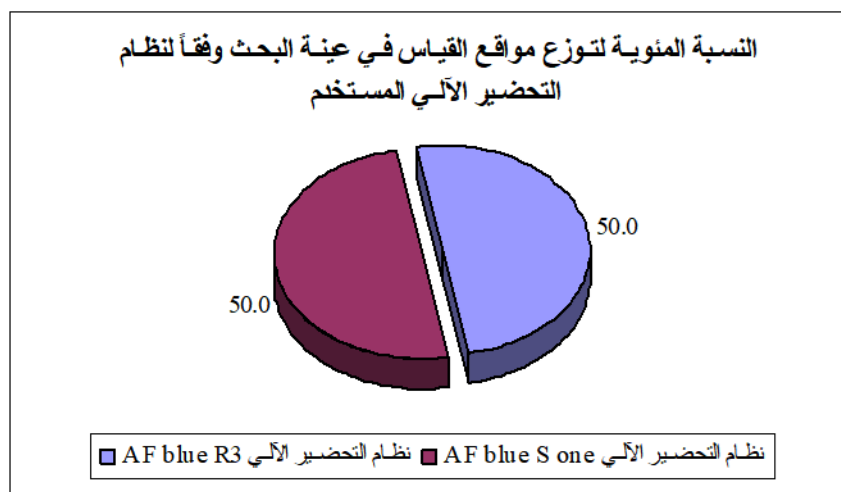


مخطط 1 : يمثل النسبة المئوية لتوزيع مشابهاة القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

2- توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم:

جدول 2 : يبين توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

النسبة المئوية	عدد مواقع القياس	نظام التحضير الآلي المستخدم
50.0	140	نظام التحضير الآلي AF blue R3
50.0	140	نظام التحضير الآلي AF blue S one
100	280	المجموع

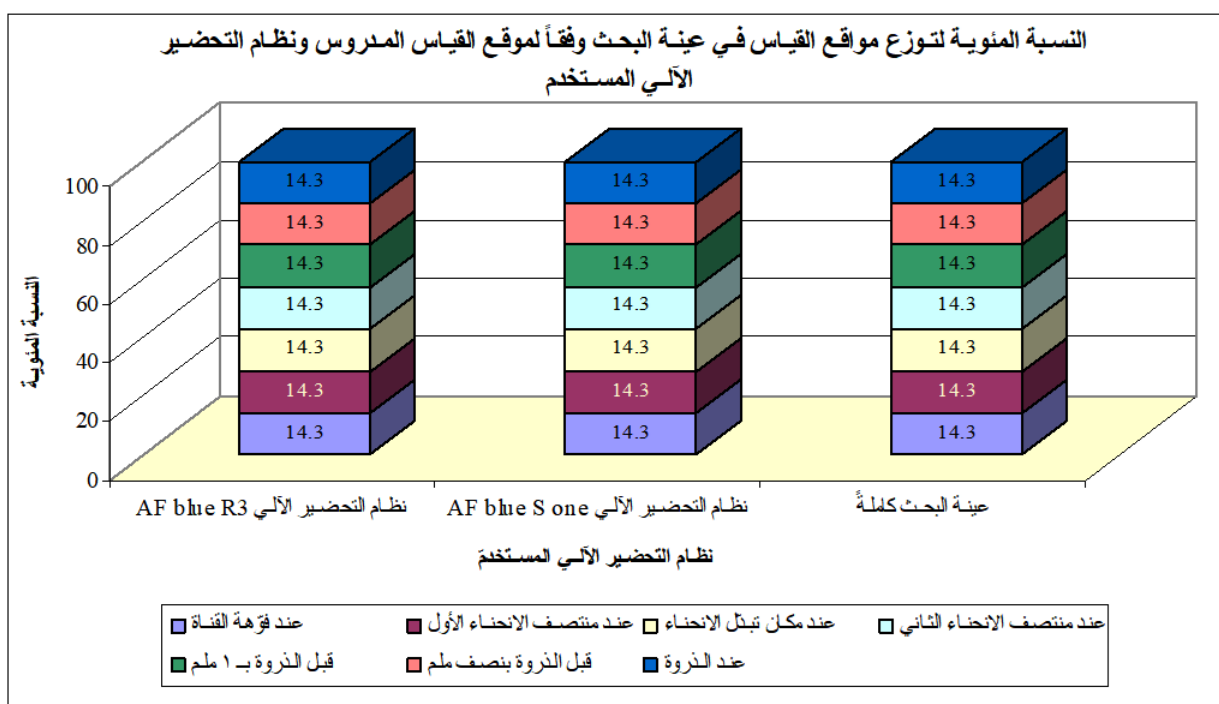


مخطط 2 : يمثل النسبة المئوية لتوزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

3- توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم:

جدول 3 : يبين توزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم.

موقع القياس المدروس	عدد مواقع القياس			النسبة المئوية		
	نظام التحضير الآلي	نظام التحضير الآلي	عينة البحث	نظام التحضير الآلي	نظام التحضير الآلي	عينة البحث
	AF blue S one	AF blue R3	كاملة	AF blue S one	AF blue R3	كاملة
عند فوهة القناة	20	20	40	14.3	14.3	14.3
عند منتصف الانحناء الأول	20	20	40	14.3	14.3	14.3
عند مكان تبدل الانحناء	20	20	40	14.3	14.3	14.3
عند منتصف الانحناء الثاني	20	20	40	14.3	14.3	14.3
قبل الذروة ب 1 مم	20	20	40	14.3	14.3	14.3
قبل الذروة بنصف مم	20	20	40	14.3	14.3	14.3
عند الذروة	20	20	40	14.3	14.3	14.3
المجموع	140	140	280	100	100	100



مخطط 3 يمثل النسبة المئوية لتوزيع مواقع القياس في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم.

ثانياً - الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس كل من مساحة القناة وحجم القناة في مرحلتين اثنتين مختلفتين (قبل التحضير، بعد التحضير)، كما تم حساب نسبة السطح غير المحضّر (%) لكل مشابهة من مشابهات القناة الجذرية في عينة البحث، وتم حساب مقدار التغير بعد التحضير في قيم كل من مساحة القناة وحجم القناة لكل مشابهة قناة من مشابهات القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً للمعادلات التالية:

مقدار التغير في مساحة القناة لكل مشابهة قناة = مساحة القناة بعد التحضير - مساحة القناة قبل التحضير لمشابهة القناة نفسها
مقدار التغير في حجم القناة لكل مشابهة قناة = حجم القناة بعد التحضير - حجم القناة قبل التحضير لمشابهة القناة نفسها

كما تم حساب نسب التغير بين المرحلتين المدروستين في قيم كل من مساحة القناة وحجم القناة لكل مشابهة قناة من مشابهاة القناة الجذرية في عينة البحث وفقاً للمعادلات التالية:

نسبة التغير في مساحة القناة لكل مشابهة قناة = (قيمة مقدار التغير في مساحة القناة ÷ مساحة القناة قبل التحضير) × 100 لمشابهة القناة نفسها
نسبة التغير في حجم القناة لكل مشابهة قناة = (قيمة مقدار التغير في حجم القناة ÷ حجم القناة قبل التحضير) × 100 لمشابهة القناة نفسها

كما تم قياس وحساب مقدار انتقال القناة ومعدل تمرکز القناة، وتم تحديد حدوث انتقال القناة لكل موقع قياس من مواقع القياس المدروسة في عينة البحث.

ثم تمت دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس في قيم كل من المتغيرات المقاسة والمحسوبة في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

1-دراسة مساحة القناة:

➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مساحة القناة وفقاً للمرحلة المدروسة:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مساحة القناة بين مجموعة

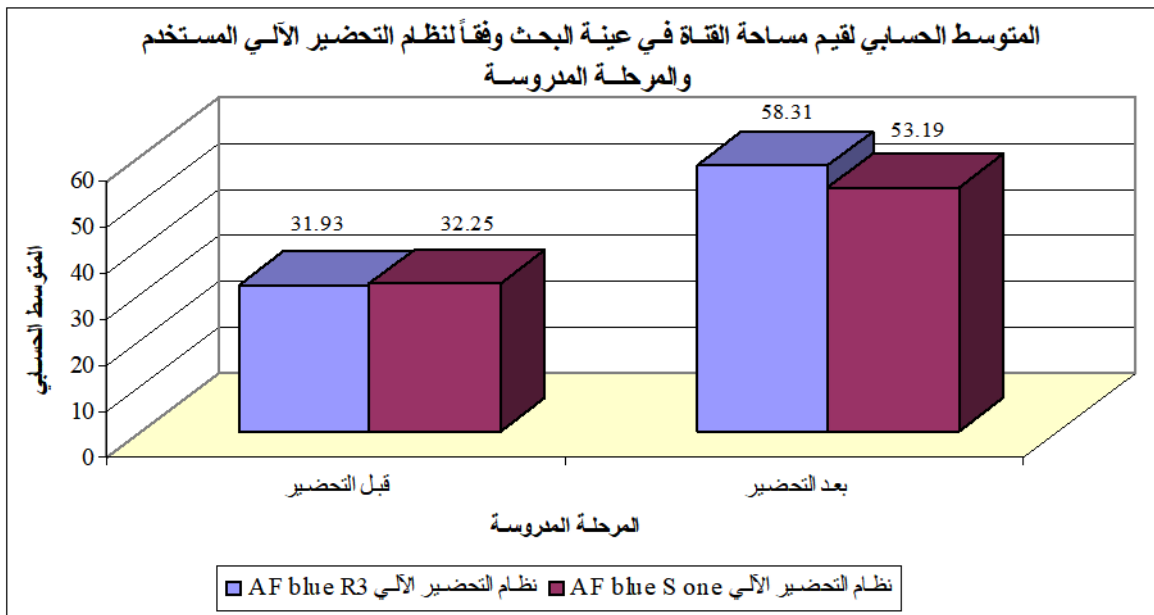
نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً

للمرحلة المدروسة كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 4: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = مساحة القناة						نظام التحضير الآلي المستخدم	المرحلة المدروسة
الحد الأدنى	الحد الأعلى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد مشابهاة القناة الجذرية		
28.16	35.83	0.41	1.85	31.93	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل التحضير
29.76	35.92	0.37	1.65	32.25	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
56.26	59.9	0.24	1.08	58.31	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	بعد التحضير
50.94	55.92	0.32	1.42	53.19	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	



مخطط 4 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة.

يبين المخطط 4 أنّ متوسط قيم مساحة القناة بعد التحضير بنظام R3 كان أكبر (58.31) من التحضير بنظام S one (53.19)، ولمعرفة ما إذا كان الفارق دال إحصائياً أُجري اختبار T ستيودنت.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 5 يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = مساحة القناة				المرحلة المدروسة
دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	قيمة t المحسوبة	الفرق بين المتوسطين	
لا توجد فروق دالة	0.561	-0.587	-0.32	قبل التحضير
توجد فروق دالة	0.000	12.832	5.12	بعد التحضير

يبين الجدول 5 أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 قبل التحضير، أي أنّه عند مستوى الثقة 95%

لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مساحة القناة قبل التحضير بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

أما بعد التحضير فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مساحة القناة بعد التحضير بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم مساحة القناة بعد التحضير في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

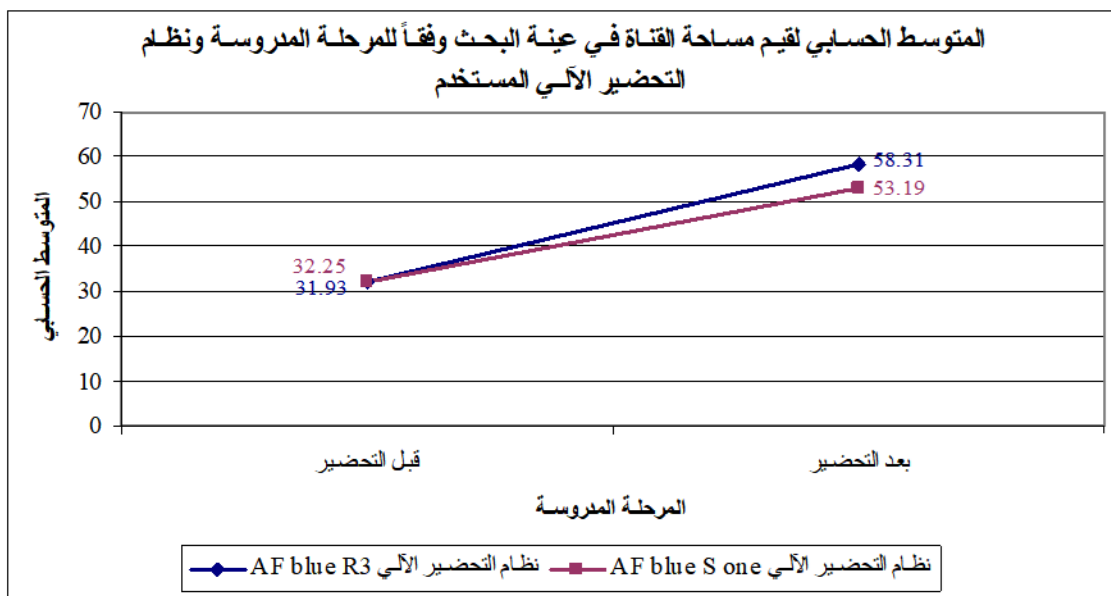
➤ دراسة تأثير المرحلة المدروسة في مساحة القناة وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم مساحة القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 6 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم

المتغير المدروس = مساحة القناة							
نظام التحضير الآلي المستخدم	المرحلة المدروسة	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل التحضير	20	31.93	1.85	0.41	28.16	35.83
	بعد التحضير	20	58.31	1.08	0.24	56.26	59.9
نظام التحضير الآلي AF blue S one	قبل التحضير	20	32.25	1.65	0.37	29.76	35.92
	بعد التحضير	20	53.19	1.42	0.32	50.94	55.92



مخطط 5 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مساحة القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة:

جدول 7 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم مساحة القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المقارنة في قيم مساحة القناة بين الفترتين:	نظام التحضير الآلي المستخدم	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد التحضير – قبل التحضير	نظام التحضير الآلي AF blue R3	26.39	57.492	0.000	توجد فروق دالة
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20.94	41.982	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 7 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط قيم مساحة القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم مساحة القناة بعد التحضير كانت أكبر منها قبل التحضير مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم في عينة البحث وبفارق هام إحصائياً.

2-دراسة مقدار التغير في مساحة القناة:

➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار التغير في مساحة القناة:

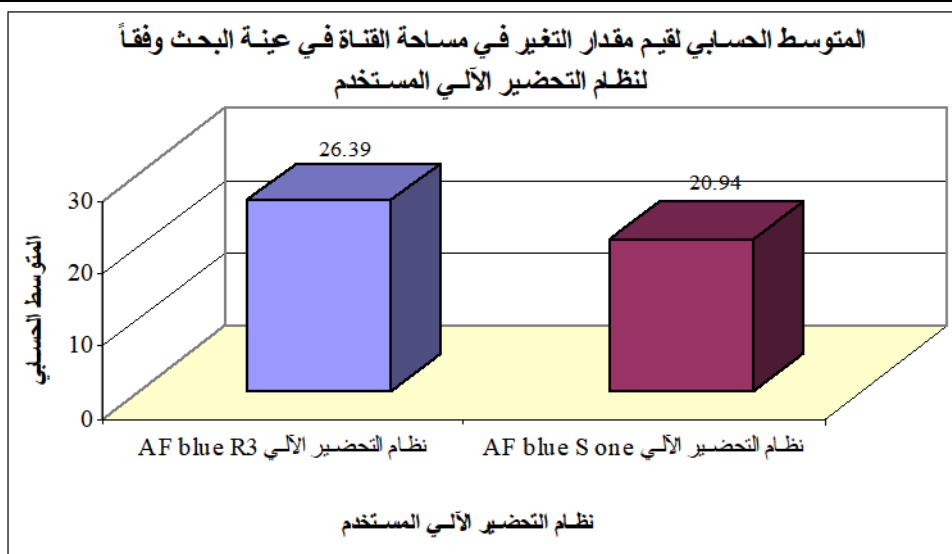
- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في مساحة القناة

بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 8 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = مقدار التغير في مساحة القناة					
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	26.39	2.05	0.46	22.1
نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	20.94	2.23	0.50	15.46



مخطط 6 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 9 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار التغير في مساحة القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
5.45	8.034	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 9 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق

دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3

ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم مقدار التغير في مساحة القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

3-دراسة نسبة التغير في مساحة القناة:

◀ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في نسبة التغير في مساحة القناة:

- تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في مساحة القناة

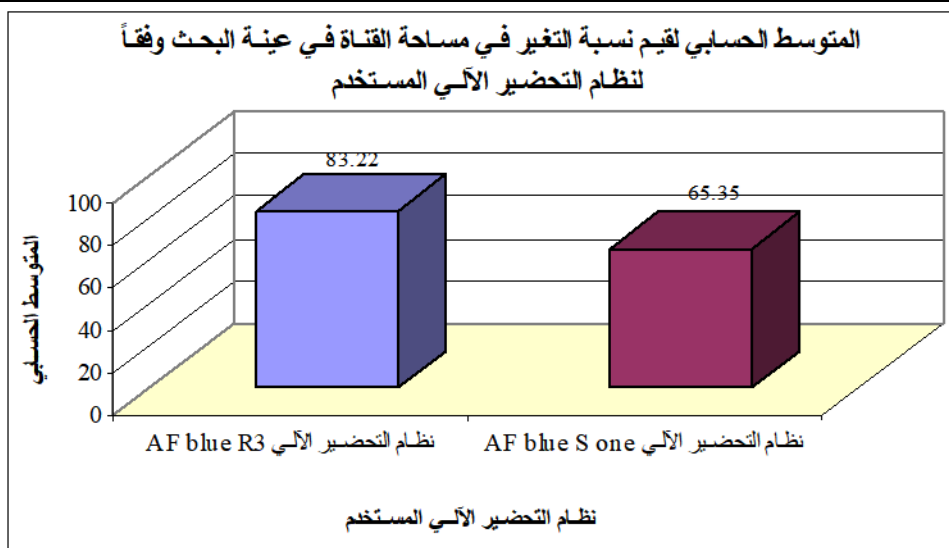
بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 10 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = نسبة التغير في مساحة القناة					
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	83.22	10.68	2.39	63.0 101.9
نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	65.35	9.54	2.13	43.0 82.9



مخطط 7 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة التغير في مساحة القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم

- نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة:

جدول 11 : يبين نتائج اختبار T ستبوندت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = نسبة التغير في مساحة القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
17.87	5.582	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 11 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم نسبة التغير في مساحة القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم نسبة التغير في مساحة القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

4-دراسة حجم القناة:

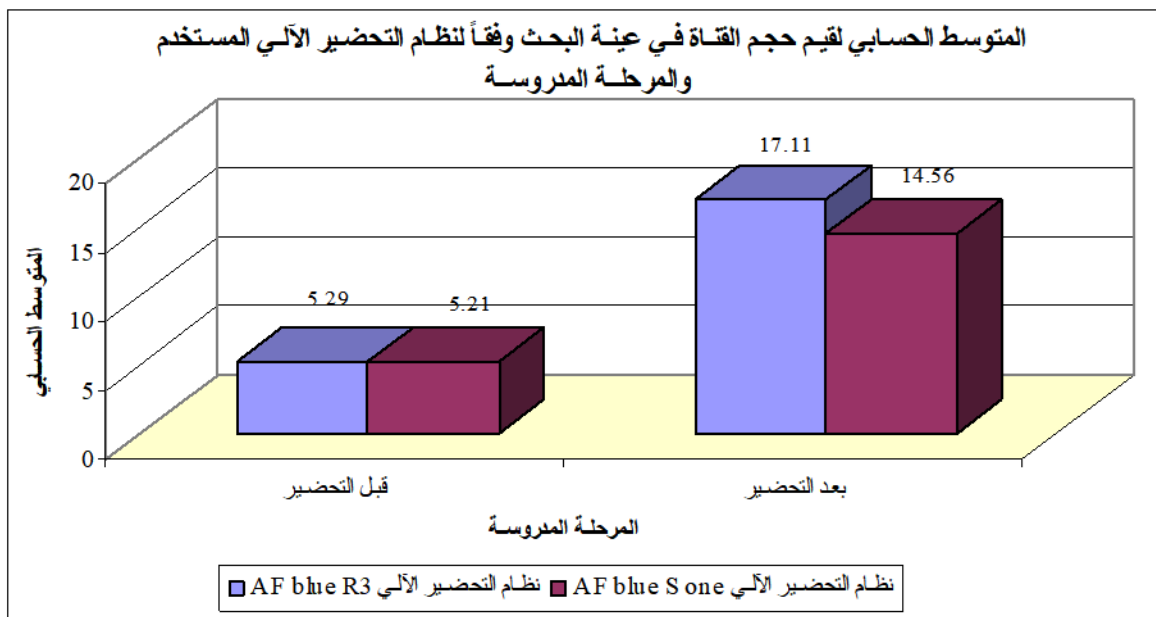
◀ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في حجم القناة وفقاً للمرحلة المدروسة:

- تم إجراء اختبار T ستبوندت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 12 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = حجم القناة						
المرحلة المدروسة	نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهات القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى / الحد الأعلى
قبل التحضير	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	5.29	0.44	0.10	4.04 / 5.87
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	5.21	0.29	0.07	4.61 / 5.67
بعد التحضير	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	17.11	0.55	0.12	16.3 / 18.21
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	14.56	0.56	0.12	13.55 / 15.84



مخطط 8 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم والمرحلة المدروسة.

يبين المخطط 8 أنّ متوسط قيم حجم القناة بعد التحضير بنظام R3 كان أكبر (17.11) من التحضير بنظام S one (14.56)، ولمعرفة ما إذا كان الفارق دال إحصائياً أُجري اختبار T ستودنت.

- نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة:

جدول 13 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = حجم القناة				
المرحلة المدروسة	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قبل التحضير	0.09	0.742	0.463	لا توجد فروق دالة
بعد التحضير	2.55	14.488	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 13 أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 قبل التحضير، أي أنه عند مستوى الثقة 95%

لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط قيم حجم القناة قبل التحضير بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue

R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

أما بعد التحضير فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95%

توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم حجم القناة بعد التحضير بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم حجم القناة بعد التحضير في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

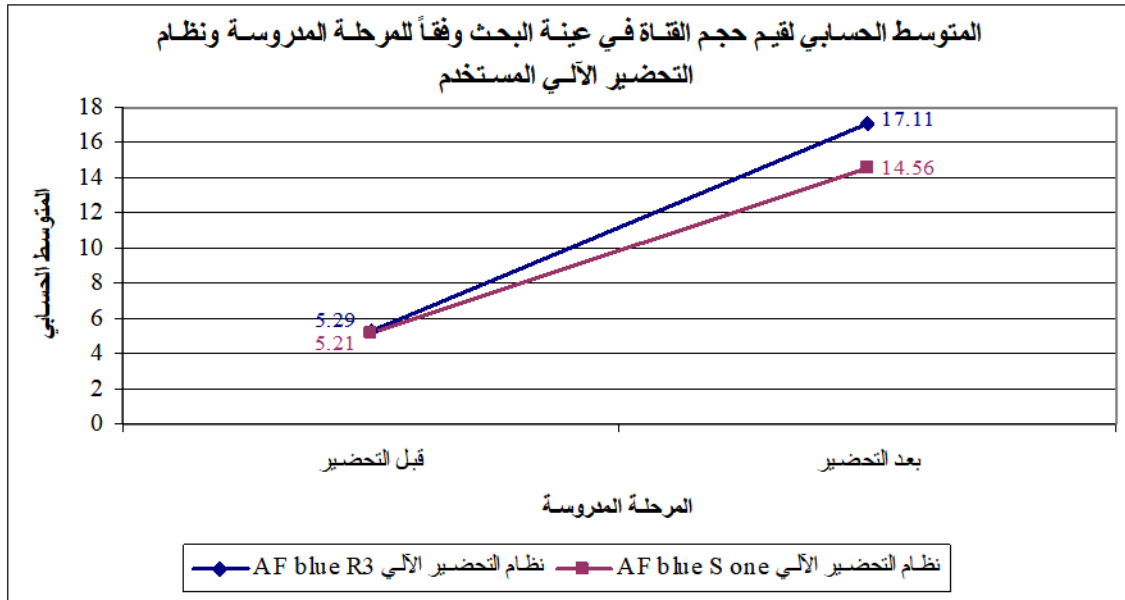
◀ دراسة تأثير المرحلة المدروسة في حجم القناة وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم حجم القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 14 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = حجم القناة						
نظام التحضير الآلي المستخدم	المرحلة المدروسة	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى | الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل التحضير	20	5.29	0.44	0.10	4.04 | 5.87
	بعد التحضير	20	17.11	0.55	0.12	16.3 | 18.21
نظام التحضير الآلي AF blue S one	قبل التحضير	20	5.21	0.29	0.07	4.61 | 5.67
	بعد التحضير	20	14.56	0.56	0.12	13.55 | 15.84



مخطط 9 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة ونظام التحضير المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة:

جدول 15 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم حجم القناة بين المرحلتين المدروستين (قبل التحضير، بعد التحضير) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المقارنة في قيم حجم القناة بين الفترتين:	نظام التحضير الآلي المستخدم	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد التحضير – قبل التحضير	نظام التحضير الآلي AF blue R3	11.82	103.566	0.000	توجد فروق دالة
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	9.36	85.310	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 15 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم،

أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط قيم حجم القناة بين المرحلتين المدروستين

(قبل التحضير، بعد التحضير) مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية

للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم حجم القناة بعد التحضير كانت أكبر منها قبل التحضير مهما كان

نظام التحضير الآلي المستخدم في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

5-دراسة مقدار التغير في حجم القناة:

➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار التغير في حجم القناة:

- تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في حجم القناة

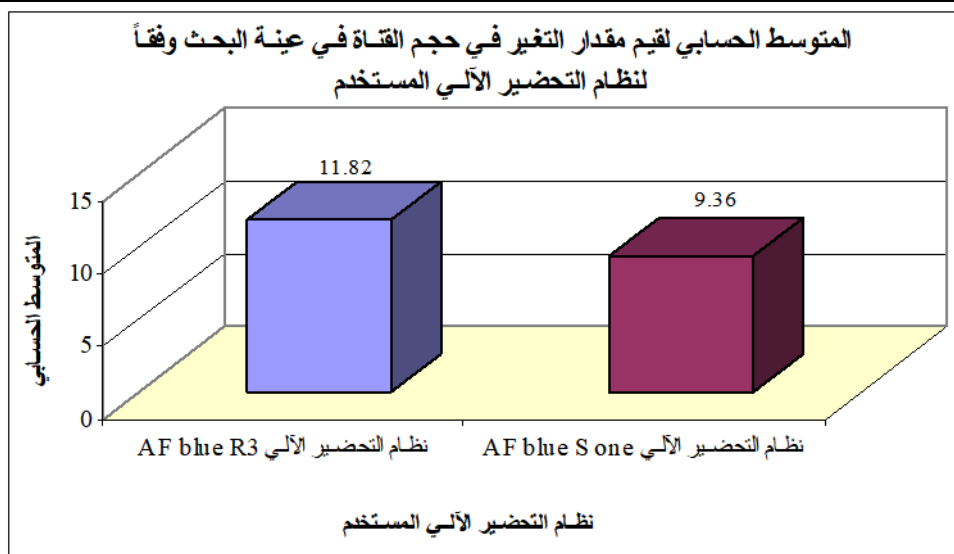
بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 16 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = مقدار التغير في حجم القناة						
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	11.82	0.51	0.11	11.03	13.06
نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	9.36	0.49	0.11	8.77	10.71



مخطط 10 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة:

جدول 17 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار التغير في حجم القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
2.46	15.540	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 17 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم مقدار التغير في حجم القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

6-دراسة نسبة التغير في حجم القناة:

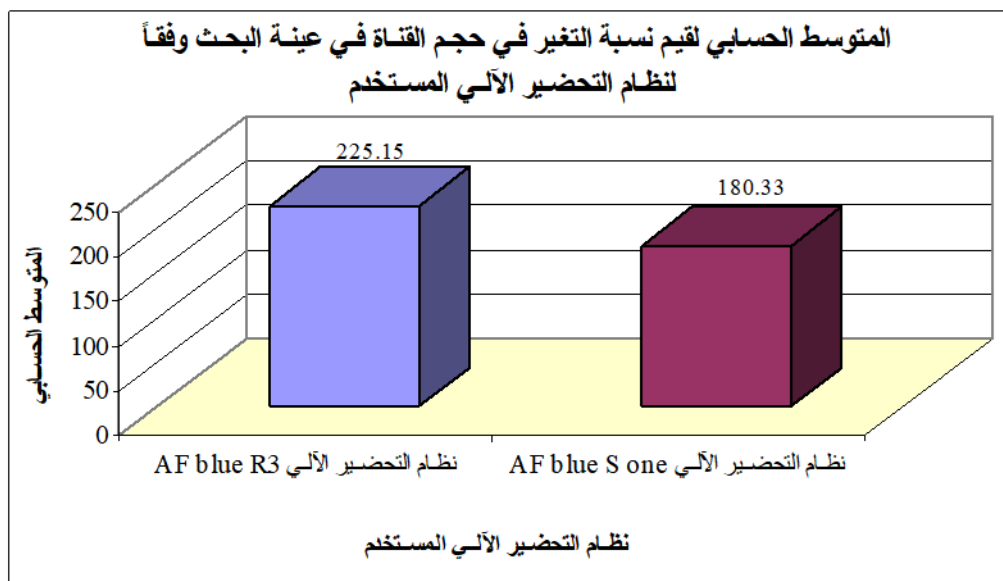
➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في نسبة التغير في حجم القناة:

- تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 18 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = نسبة التغير في حجم القناة						
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	225.15	26.71	5.97	193.1	303.5
نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	180.33	15.13	3.38	162.8	226.4



مخطط 11 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة التغير في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 19 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = نسبة التغير في حجم القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
44.82	6.530	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 19 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم نسبة التغير في حجم القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم نسبة التغير في حجم القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

7-دراسة نسبة السطح غير المحضّر:

◀ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في نسبة السطح غير المحضّر:

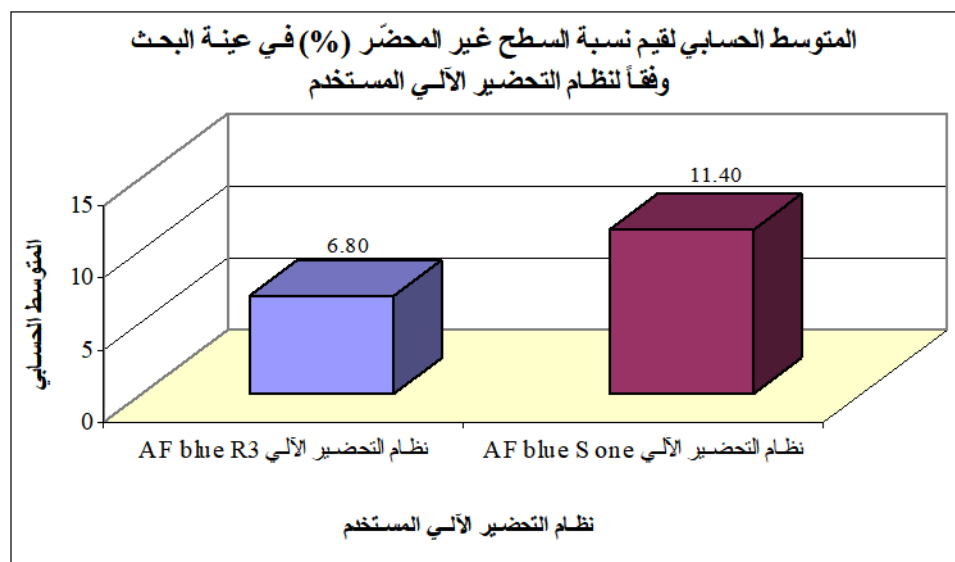
- تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة السطح غير المحضّر (%) بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في

عينة البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 20 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم نسبة السطح غير المحضّر (%) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = نسبة السطح غير المحضّر (%)						
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مشابهاة القناة الجذرية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	6.80	2.14	0.48	3	11
نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	11.40	2.95	0.66	6	16



مخطط 12 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم نسبة السطح غير المحضّر (%) في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم

- نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة:

جدول 21 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم نسبة السطح غير المحضّر (%) بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = نسبة السطح غير المحضّر (%)			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
-4.60	-5.649	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 21 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم نسبة السطح غير المحضّر (%) بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم نسبة السطح غير المحضّر (%) في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أصغر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

8-دراسة مقدار انتقال القناة:

◀ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار انتقال القناة:

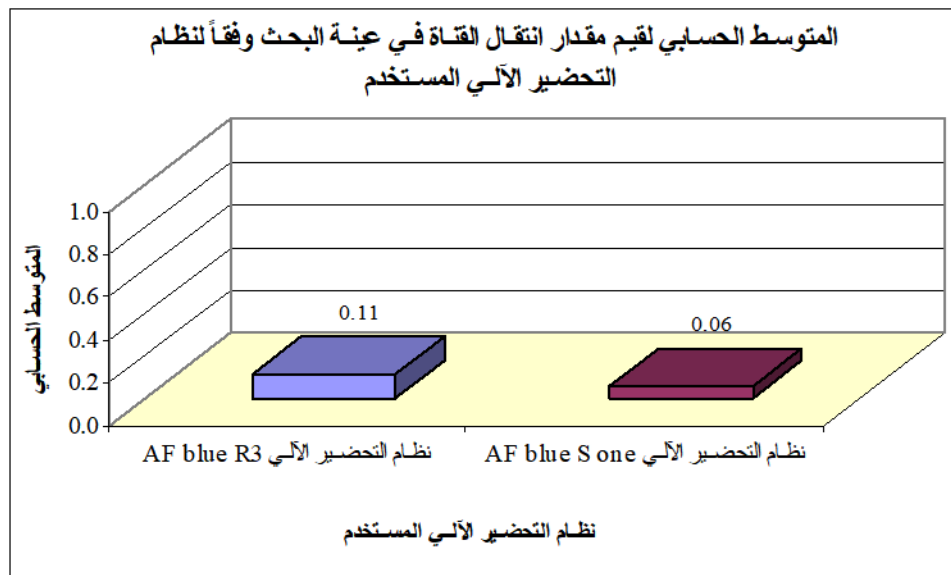
- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 22 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة					
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مواقع القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى / الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	140	0.11	0.24	0.02	-0.6 / 0.77
نظام التحضير الآلي AF blue S one	140	0.06	0.30	0.03	-0.47 / 0.75



مخطط 13 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 23 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
0.06	1.782	0.076	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول 23 أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة

إحصائياً في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام

التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار انتقال القناة وفقاً لموقع القياس المدروس:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين

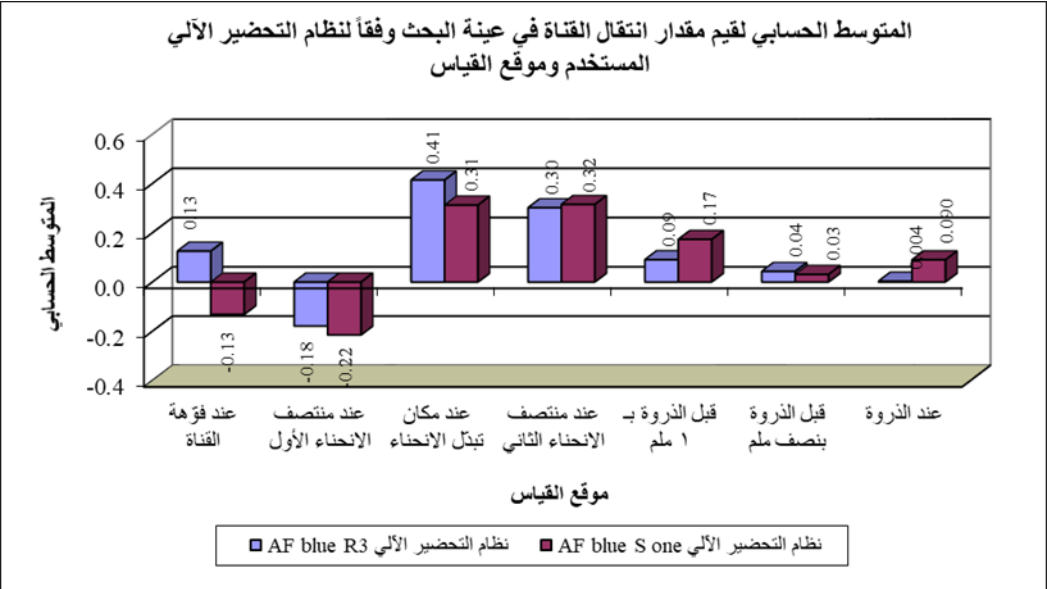
مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث وفقاً لموقع القياس المدروس كما يلي:

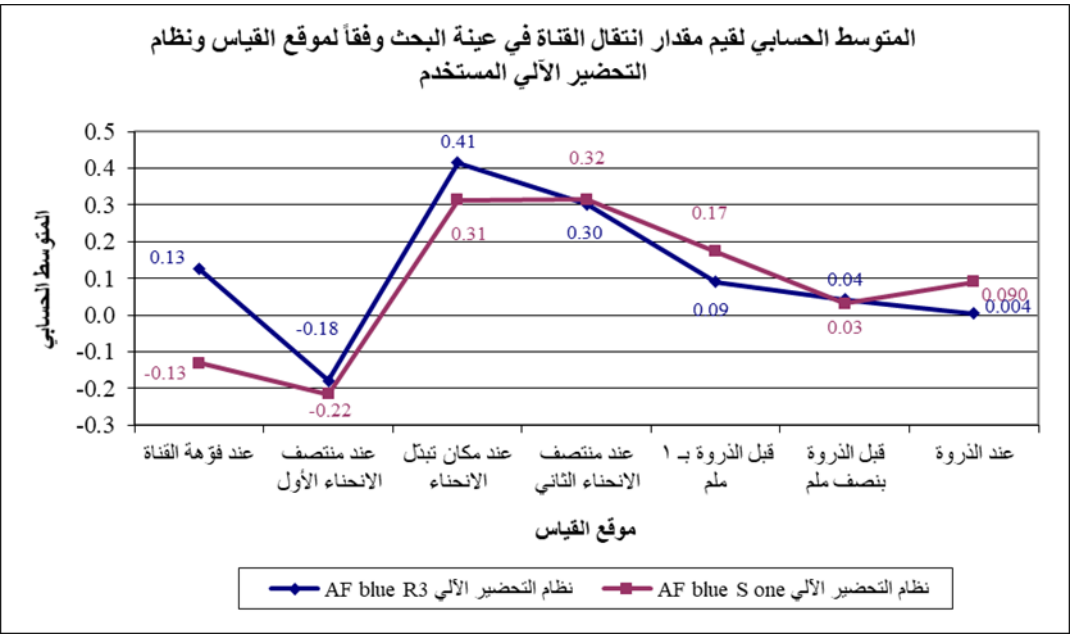
- إحصاءات وصفية:

جدول 24 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة							موقع القياس المدروس
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد مواقع القياس	نظام التحضير الآلي المستخدم	
0.36	-0.45	0.05	0.21	0.13	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند فوهة القناة
0.28	-0.47	0.06	0.27	-0.13	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.34	-0.6	0.05	0.21	-0.18	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند منتصف الانحناء الأول
0.46	-0.45	0.06	0.27	-0.22	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.77	0.23	0.03	0.14	0.41	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند مكان تبدل الانحناء
0.75	-0.33	0.06	0.27	0.31	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.7	0.1	0.03	0.15	0.30	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند منتصف الانحناء الثاني
0.74	-0.39	0.06	0.25	0.32	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.26	-0.22	0.03	0.14	0.09	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل الذروة بـ 1 مم
0.29	-0.29	0.04	0.17	0.17	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.19	-0.2	0.03	0.11	0.04	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل الذروة بنصف مم
0.19	-0.37	0.04	0.18	0.031	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.16	-0.17	0.02	0.11	0.004	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند الذروة
0.2	-0.35	0.04	0.16	0.090	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	



مخطط 14 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.



مخطط 15 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة:

جدول 25 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة				
موقع القياس المدروس	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عند فوهة القناة	0.26	3.366	0.002	توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الأول	0.04	0.470	0.641	لا توجد فروق دالة
عند مكان تبدل الانحناء	0.10	1.509	0.140	لا توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الثاني	-0.01	-0.205	0.839	لا توجد فروق دالة
قبل الذروة ب 1 مم	-0.08	-1.673	0.103	لا توجد فروق دالة
قبل الذروة بنصف مم	0.01	0.256	0.799	لا توجد فروق دالة
عند الذروة	0.08	2.134	0.039	توجد فروق دالة

يبين الجدول 25 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند فوهة القناة وعند الذروة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار انتقال القناة عند فوهة القناة وعند الذروة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبدراسة قيم المتوسطات الحسابية نستنتج أن قيم مقدار انتقال القناة عند فوهة القناة وعند الذروة كانت سالبة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 وموجبة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث. أما بالنسبة لكل من مواقع القياس المدروسة الخمسة الباقية فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في كل من مواقع القياس المدروسة المعنية (عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة ب 1 مم، قبل الذروة بنصف مم) على حدة في عينة البحث.

9-دراسة مقدار انتقال القناة (بالقيم المطلقة):

➤ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار انتقال القناة:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين

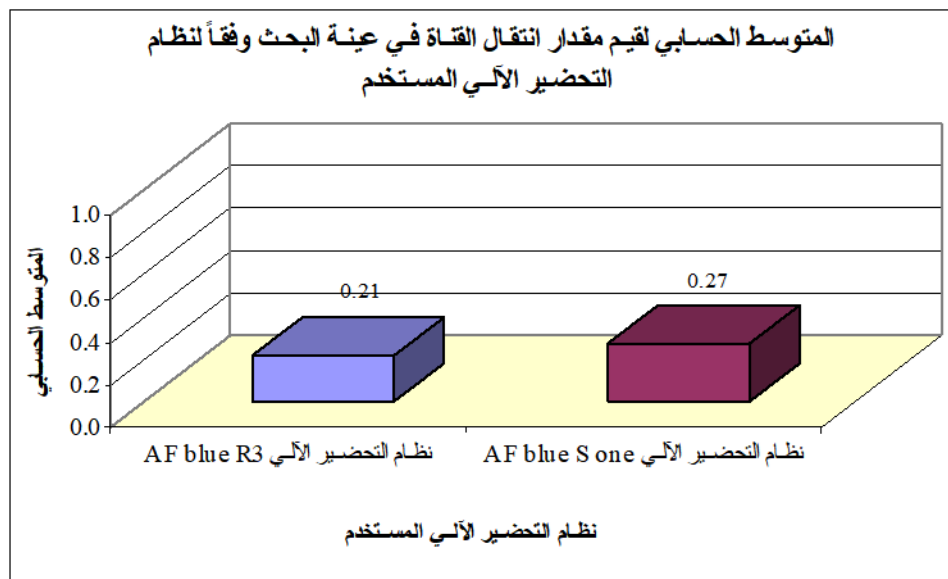
مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 26 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة						
نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مواقع القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام التحضير الآلي AF blue R3	140	0.21	0.15	0.01	0	0.77
نظام التحضير الآلي AF blue S one	140	0.27	0.14	0.01	0.08	0.75



مخطط 16 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 27 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
-0.05	-3.069	0.002	توجد فروق دالة

يبين الجدول 27 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق

دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام

التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن

قيم مقدار انتقال القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أصغر منها في مجموعة نظام

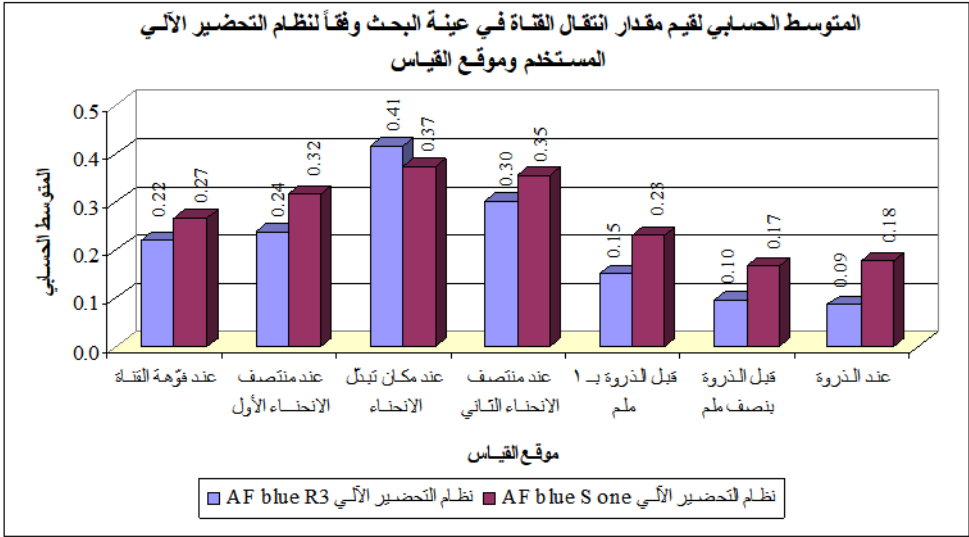
التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث بفارق هام إحصائياً.

- دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في مقدار انتقال القناة وفقاً لموقع القياس المدروس:
- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس كما يلي:

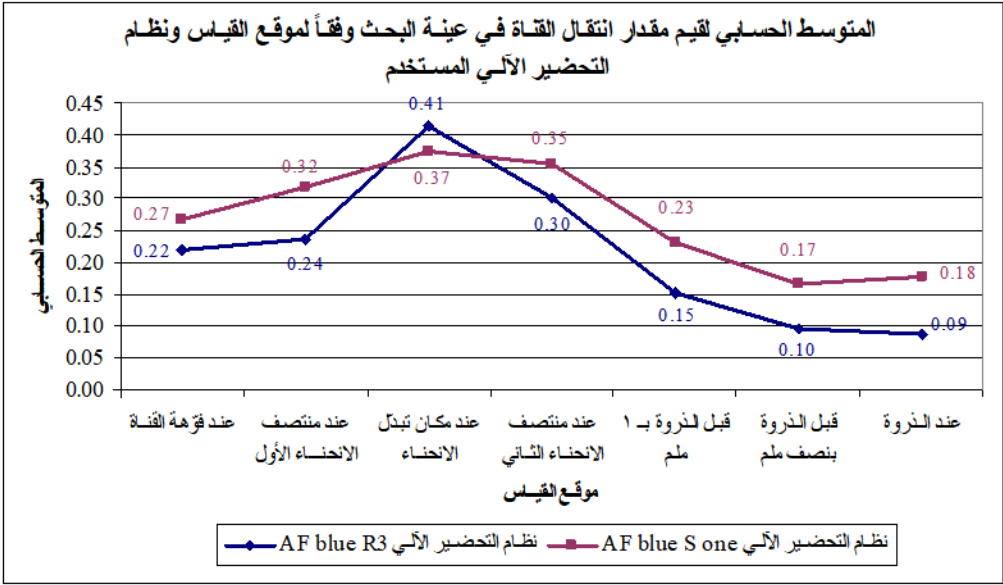
- إحصاءات وصفية:

جدول 28 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة							موقع القياس المدروس
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد مواقع القياس	نظام التحضير الآلي المستخدم	
0.45	0.08	0.02	0.09	0.22	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند فوهة القناة
0.47	0.1	0.03	0.13	0.27	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.6	0	0.03	0.14	0.24	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند منتصف الانحناء الأول
0.46	0.1	0.03	0.12	0.32	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.77	0.23	0.03	0.14	0.41	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند مكان تبدل الانحناء
0.75	0.23	0.04	0.16	0.37	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.7	0.1	0.03	0.15	0.30	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند منتصف الانحناء الثاني
0.74	0.17	0.04	0.19	0.35	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.26	0	0.02	0.07	0.15	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل الذروة بـ 1 مم
0.29	0.08	0.01	0.06	0.23	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.2	0	0.02	0.07	0.10	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	قبل الذروة بنصف مم
0.37	0.09	0.01	0.06	0.17	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	
0.17	0	0.01	0.06	0.09	20	نظام التحضير الآلي AF blue R3	عند الذروة
0.35	0.12	0.01	0.05	0.18	20	نظام التحضير الآلي AF blue S one	



مخطط 17 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.



مخطط 18 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم مقدار انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس ونظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 29 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = مقدار انتقال القناة				
موقع القياس المدروس	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عند فوهة القناة	-0.05	-1.364	0.181	لا توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الأول	-0.08	-1.918	0.063	لا توجد فروق دالة
عند مكان تبدل الانحناء	0.04	0.843	0.405	لا توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الثاني	-0.05	-0.962	0.342	لا توجد فروق دالة
قبل الذروة بـ 1 مم	-0.08	-3.695	0.001	توجد فروق دالة
قبل الذروة بنصف مم	-0.07	-3.451	0.001	توجد فروق دالة
عند الذروة	-0.09	-5.187	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 29 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 قبل الذروة بـ 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار انتقال القناة قبل الذروة بـ 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة نستنتج أن قيم مقدار انتقال القناة قبل الذروة بـ 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أصغر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

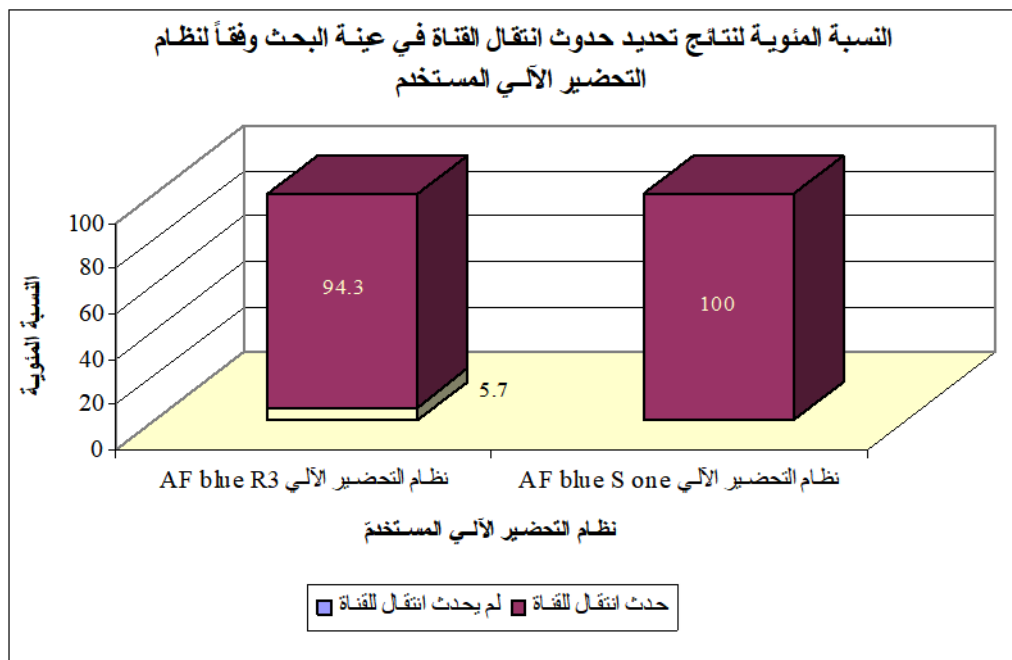
أما بالنسبة لكل من مواقع القياس المدروسة الأربعة الباقية فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم مقدار انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في كل من مواقع القياس المدروسة المعنية (عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني) على حدة في عينة البحث.

10- دراسة حدوث انتقال القناة:

نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم:

جدول 30 : يبين نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

النسبة المئوية			عدد مواقع القياس			نظام التحضير الآلي المستخدم
المجموع	حدث انتقال للقناة	لم يحدث انتقال للقناة	المجموع	حدث انتقال للقناة	لم يحدث انتقال للقناة	
100	94.3	5.7	140	132	8	نظام التحضير الآلي AF blue R3
100	100	0	140	140	0	نظام التحضير الآلي AF blue S one



مخطط 19 : يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم

دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في حدوث انتقال القناة:

- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير

الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث كما يلي:

- نتائج اختبار كاي مربع:

جدول 31 : يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير

الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغيران المدروسان = حدوث انتقال القناة × نظام التحضير الآلي المستخدم				
عدد مواقع القياس	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
280	8.235	1	0.004	توجد فروق دالة

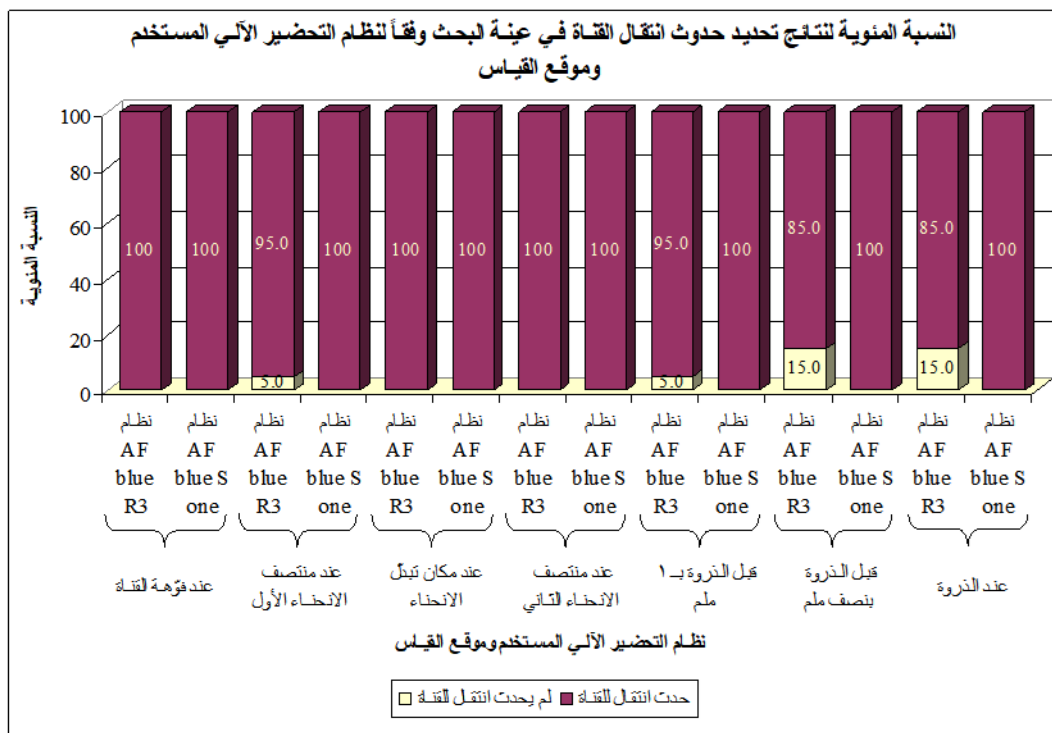
يبين الجدول 31 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق

دالة إحصائية في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبدراسة جدول التكرارات والنسب المئوية الموافق يلاحظ أن نسبة حدوث انتقال القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أصغر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس:

جدول 32 : يبين نتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.

موقع القياس المدروس	نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مواقع القياس			النسبة المئوية		
		لم يحدث انتقال للقناة	حدث انتقال للقناة	المجموع	لم يحدث انتقال للقناة	حدث انتقال للقناة	المجموع
عند فوهة القناة	نظام التحضير الآلي AF blue R3	0	20	20	0	100	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
عند منتصف الانحناء الأول	نظام التحضير الآلي AF blue R3	1	19	20	5.0	95.0	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
عند مكان تبدل الانحناء	نظام التحضير الآلي AF blue R3	0	20	20	0	100	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
عند منتصف الانحناء الثاني	نظام التحضير الآلي AF blue R3	0	20	20	0	100	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
قبل الذروة ب 1 مم	نظام التحضير الآلي AF blue R3	1	19	20	5.0	95.0	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
قبل الذروة بنصف مم	نظام التحضير الآلي AF blue R3	3	17	20	15.0	85.0	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100
عند الذروة	نظام التحضير الآلي AF blue R3	3	17	20	15.0	85.0	100
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	0	20	20	0	100	100



مخطط 20 : يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد حدوث انتقال القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس

- دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في حدوث انتقال القناة وفقاً لموقع القياس المدروس:
- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس كما يلي:

- نتائج اختبار كاي مربع:
- جدول 33 : يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث انتقال القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.

المتغيران المدروسان = حدوث انتقال القناة × نظام التحضير الآلي المستخدم					
موقع القياس المدروس	عدد مواقع القياس	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عند فوهة القناة	40	-	-	-	لا توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الأول	40	1.026	1	0.311	لا توجد فروق دالة
عند مكان تبذل الانحناء	40	-	-	-	لا توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الثاني	40	-	-	-	لا توجد فروق دالة
قبل الذروة بـ 1 مم	40	1.026	1	0.311	لا توجد فروق دالة
قبل الذروة بنصف مم	40	3.243	1	0.072	لا توجد فروق دالة

المتغيران المدروسان = حدوث انتقال القناة × نظام التحضير الآلي المستخدم					
موقع القياس المدروس	عدد مواقع القياس	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عند الذروة	40	3.243	1	0.072	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول 33 أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 عند منتصف الانحناء الأول وقبل الذروة بـ 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات حدوث انتقال القناة عند منتصف الانحناء الأول وقبل الذروة بـ 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي مواقع القياس المدروسة فلم يتم حساب قيم كاي مربع لأنه حدث انتقال للقناة في جميع مواقع القياس المعنية مهما كان نظام التحضير الآلي المستخدم، وبالتالي نقرر أنه لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات حدوث انتقال القناة عند فوهة القناة وعند مكان تبدل الانحناء وعند منتصف الانحناء الثاني بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

11- دراسة معدل تمرکز القناة:

دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في معدل تمرکز القناة:

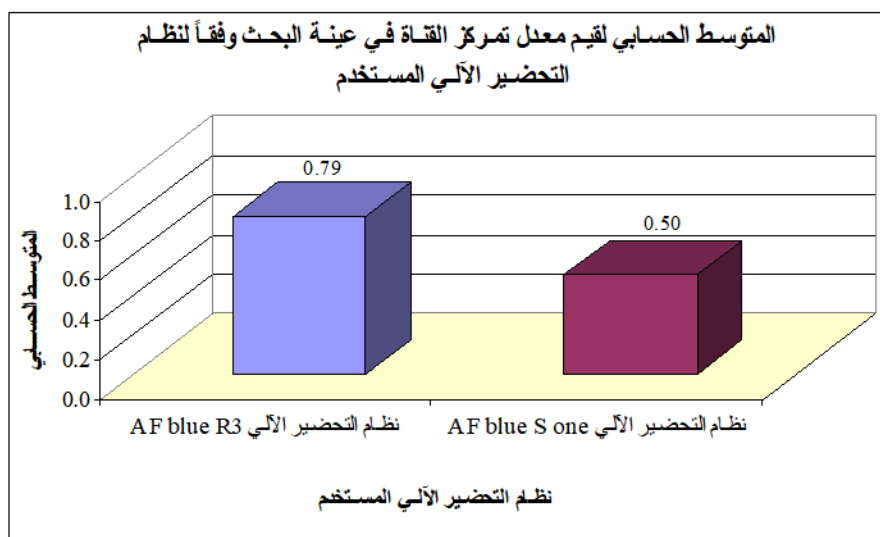
- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة

البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول 34 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم

المتغير المدروس = معدل تمرکز القناة						نظام التحضير الآلي المستخدم
الحد الأدنى	الحد الأعلى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد مواقع القياس	
0.63	0.96	0.01	0.07	0.79	140	نظام التحضير الآلي AF blue R3
0.4	0.94	0.01	0.08	0.50	140	نظام التحضير الآلي AF blue S one



مخطط 21 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 35 : يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

المتغير المدروس = معدل تمرکز القناة			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
0.29	33.652	0.000	توجد فروق دالة

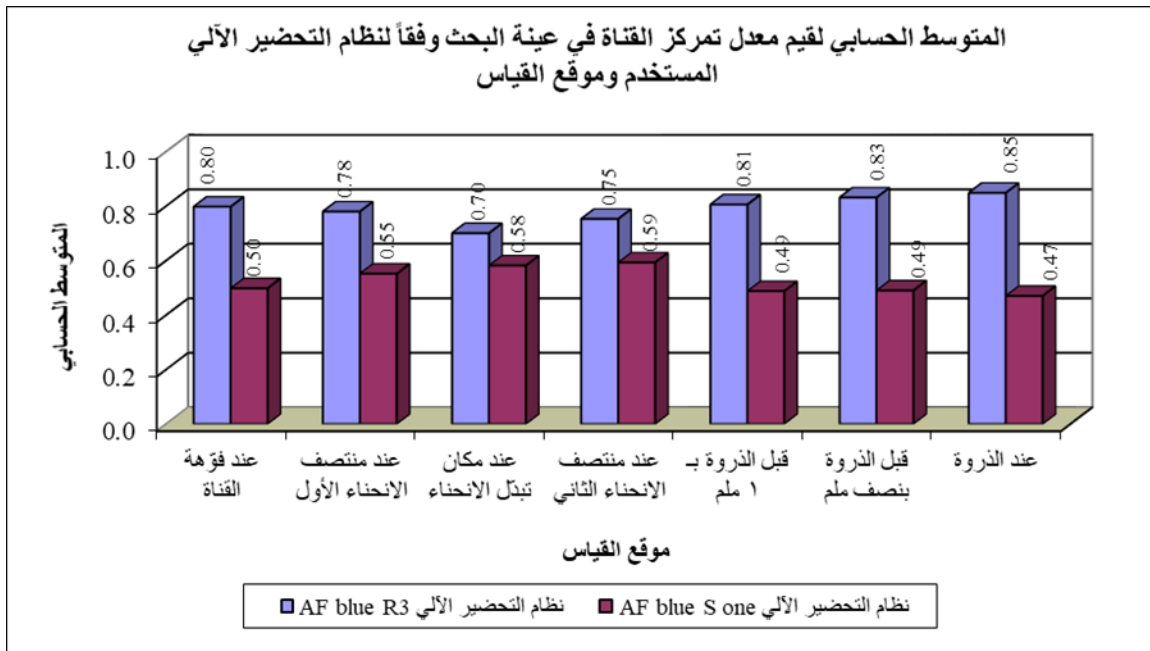
يبين الجدول 35 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن قيم معدل تمرکز القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث.

- ◀ دراسة تأثير نظام التحضير الآلي المستخدم في معدل تمرکز القناة وفقاً لموقع القياس المدروس:
- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس كما يلي:

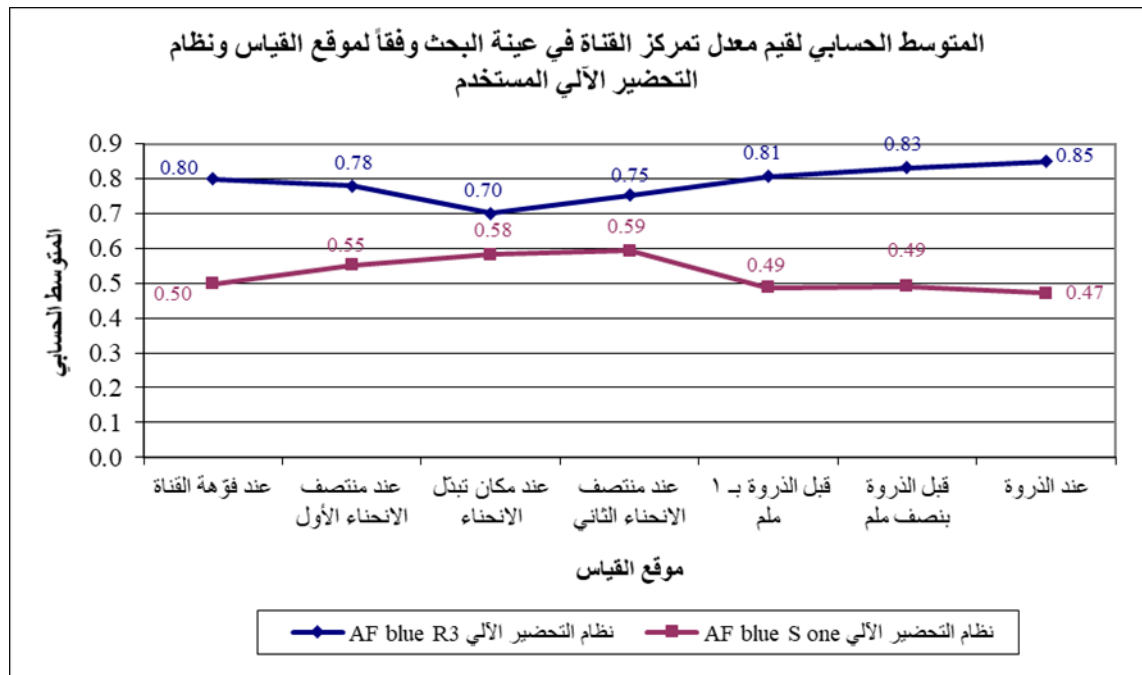
- إحصاءات وصفية:

جدول 36 : يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = معدل تمرکز القناة							
موقع القياس المدروس	نظام التحضير الآلي المستخدم	عدد مواقع القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
عند فوهة القناة	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.80	0.06	0.01	0.68	0.89
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.50	0.06	0.01	0.4	0.59
عند منتصف الانحناء الأول	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.78	0.07	0.02	0.64	0.96
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.55	0.11	0.03	0.41	0.94
عند مكان تبدل الانحناء	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.70	0.05	0.01	0.65	0.83
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.58	0.04	0.01	0.42	0.55
عند منتصف الانحناء الثاني	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.75	0.06	0.01	0.63	0.84
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.59	0.06	0.01	0.4	0.59
قبل الذروة ب 1 مم	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.81	0.05	0.01	0.71	0.91
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.49	0.08	0.02	0.4	0.61
قبل الذروة بنصف مم	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.83	0.06	0.01	0.72	0.95
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.49	0.09	0.02	0.4	0.65
عند الذروة	نظام التحضير الآلي AF blue R3	20	0.85	0.05	0.01	0.79	0.96
	نظام التحضير الآلي AF blue S one	20	0.47	0.08	0.02	0.4	0.64



مخطط 23 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.



مخطط 22 : يمثل المتوسط الحسابي لقيم معدل تمرکز القناة في عينة البحث وفقاً لنظام التحضير الآلي المستخدم وموقع القياس المدروس.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 37 : يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في عينة البحث وفقاً لموقع القياس المدروس.

المتغير المدروس = معدل تمرکز القناة				
موقع القياس المدروس	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عند قوّة القناة	0.30	16.244	0.000	توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الأول	0.23	7.729	0.000	توجد فروق دالة
عند مكان تبدّل الانحناء	0.12	15.848	0.000	توجد فروق دالة
عند منتصف الانحناء الثاني	0.16	13.583	0.000	توجد فروق دالة
قبل الذروة ب 1 مم	0.32	15.695	0.000	توجد فروق دالة
قبل الذروة بنصف مم	0.34	14.712	0.000	توجد فروق دالة
عند الذروة	0.38	17.948	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول 37 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كان موقع القياس المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط قيم معدل تمرکز القناة بين مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 ومجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one مهما كان موقع القياس المدروس في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم معدل تمرکز القناة في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue R3 كانت أكبر منها في مجموعة نظام التحضير الآلي AF blue S one في كل من مواقع القياس السبع المدروسة (عند قوّة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدّل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة ب 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة على حدة في عينة البحث).

ملخص نتائج الدراسة الإحصائية:

- 1- لم تسبب أي من أنظمة التحضير المستخدمة انكساراً للأدوات أثناء العمل.
- 2- مقدار ونسبة التغير في حجم ومساحة القناة بعد التحضير في المجموعة R كان أكبر منه في المجموعة S في عينة البحث.
- 3- نسبة السطح غير المحضر في المجموعة R كانت أصغر منها في المجموعة S في عينة البحث.
- 4- أقل نسبة لبقاء سطح قنوي غير محضر (لم تمسه مبادر التحضير) كانت 3% وأكبر نسبة كانت 16 %
- 5- المتوسط الحسابي لمقدار انتقال القناة في جميع النقاط الـ 280 المدروسة في العينة لا يدل على فرق بين المجموعة R والمجموعة S من حيث مقدار انتقال القناة، ولكن عند دراسة كل نقاط الدراسة (عند قوّة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدّل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة ب 1 مم، قبل

- الذروة بنصف مم، عند الذروة) على حدة ومقارنتها بين المجموعتين تبيّن أنّ:
- 6- مقدار ونسبة حدوث انتقال القناة: تفوّق نظام التحضير R3 في الثلث الذروي (النقاط الثلاث الأخيرة قبل الذروة ب 1 مم وقبل الذروة بنصف مم وعند الذروة) ولم يوجد فرق في مقدار انتقال القناة في الانحناء التاجي ومنطقة تبدل الانحناء.
- 7- الحفاظ على تمركز القناة في المجموعة R كان أكبر منه في المجموعة S في عينة البحث.
- 8- كان أكبر نسبة تمركز للقناة ضمن المجموعة R في ثلاث مستويات (قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة) أي في الثلث الذروي.
- 9- كان أكبر نسبة تمركز للقناة ضمن المجموعة S في ثلاث مستويات (عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني) أي في الثلث المتوسط.



المناقشة

Discussion



4-1 مناقشة فكرة البحث:

إنَّ تحضير القناة يعدُّ حجر الزاوية في سلسلة خطوات المعالجة اللبّية ويحدد جودة الإجراءات التي تليه، فله الدور الرئيسي في إزالة البقايا النسيجية والجراثيم بالإضافة إلى تأمين فراغ مناسب لتطبيق سوائل الإرواء، والضمادات، ومواد الحشو القوي وذلك بهدف تطهير المنظومة القنويّة وختمها بشكل محكم مما يحقق معالجة لبّية ناجحة، (O. A. Peters & Peters, 2020)، وإنَّ الوصول الى شكل مخروطي مستدق من الذروة إلى التاج مع المحافظة على تشريح وشكل القناة اللبّية هو الهدف الأهم عند تشكيل الأُقنية المنحنية (Orel et al., 2021). ويعدُّ ذلك أمراً صعباً المنال بسبب ما يواجهه الممارس من اختلاطات تقنية محتملة، مثل تشكل الصدوع، وانتقال القناة وميلها للاستقامة والتغيّر الكبير في شكل القناة اللبّية الأصلي. إنَّ القطع الزائد للعاج خلال هذه العملية قد يؤدي إلى إضعاف بنية الجذر، وبالتالي فشل المعالجة نتيجة الانثقاب أو الإنتان أو الكسر (Elias, Kubiak, 2020). (Poncyjusz, & Surdacka, 2020).

للوصول إلى تحضير مثالي وتقليل حدوث هذه الأخطاء الإجرائية تم الاستغناء عن الطرائق التقليدية في تحضير الأُقنية المنحنية ومضاعفة الانحناء التي تعتمد على استخدام مبرد مصنوعة من الفولاذ اللاصدئ SS، تُجبر هذه المبردات القناة على الاستقامة نتيجة ذاكرتها الشكلية وقساوتها، واعتمدت مبرد نيكول تيتانيوم NITI كبديل لها، لما تتمتع به هذه المبردات من مرونة عالية تسمح بالحفاظ على الشكل الأصلي للقناة، وذلك عند استخدام التحضير الآلي فتميز هذا البديل بسرعة إتمام العمل مع تقليل حدوث هذه المخاطر أثناء العلاج (Schäfer, Schulz, 2004). (Bongert, & Tulus, 2004).

مع التطوّر الكبير لأنظمة التحضير وظهور أدوات جديدة وتعديلات على الأنظمة الموجودة، وسباق الشركات المصنعة في اختيار أفضل الخلطات والتصاميم المتعلقة بالأدوات، فليس سهلاً على طبيب الأسنان الممارس أن يكون ذا دراية كافية بكل هذه الأدوات، على الرغم من توافرها بالخصائص التصميمية العامة، فالمعلومات المقدمة من الشركات المصنعة محدودة ولها أيضاً أهداف تسويقية، ولذلك فإن المعلومات المتعلقة بمعنى تلك الاختلافات وتأثيرها على خصائص الأداة غير موجودة عملياً، ولأجل ذلك كله وبسبب التنوع الكبير لأدوات NiTi الآلية

الموجودة في السوق حالياً وبسبب آخر التطورات في أنظمة التحضير والتي سعت إلى التحول من أنظمة متعددة المبرد إلى نظام وحيد المبرد بهدف تسهيل العمل على الطبيب واختصاراً لوقت المعالجة، وبسبب قلة الدراسات التي تناولت دراسة أنظمة وحيدة المبرد في الأقنية المنحنية وخاصة مضاعفة الانحناء منها، يحتاج اليوم الممارسون السريريون تقييماً موضوعياً لجميع الأنظمة لاختيار المناسب لكل حالة، لذلك تم القيام بهذه الدراسة.

4-2 مناقشة مواد وطرائق العمل:

في السنوات الأخيرة كان هدف العديد من الدراسات المنجزة هو مقارنة فعالية التحضير للأنظمة الآلية المصنوعة من خليطة NITI في أشكال متباينة من الأقنية، كالأقنية المستقيمة والمنحنية بزوايا مختلفة ومضاعفة الانحناء، لما تتمتع به هذه الخليطة من مرونة فائقة تناسب تحضير الأقنية المنحنية بشدة، وخاصة بعد تطويرها التراكمي والمعالجة الحرارية التي خضعت لها مما حسن خواصها الميكانيكية فكانت أكثر أماناً أثناء التحضير وأكثر تركيزاً ضمن القناة مما يحافظ على شكلها الأصلي (Berutti et al., 2012)، ولوفرة دراسات فعالية التحضير للأقنية المنحنية والمنحنية بشدة، وقلتها النسبية على الأقنية مضاعفة الانحناء تم اختيارها في هذه الدراسة.

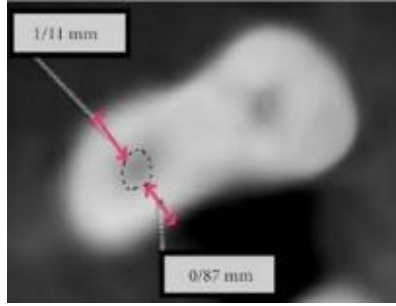
تم العمل على مشابهاة الراتنجية لأنها الخيار الوحيد المتوافر الذي يحقق معايير توحيد صفات العينة من حيث طول وحجم وشكل القناة والمادة المصنوعة منها وقساوتها وزاوية ونصف قطر الانحناء وعدم وجود مخاوف تتعلق بمكافحة العدوى (Orel et al., 2021)، وعلى الرغم من أن القوالب الراتنجية تفتقر إلى صفات العاج البشري من حيث الصلابة والخصائص الحرارية، فقد تم التحقق من صحة استخدامها كبداية للأسنان في العديد من الدراسات (Mahmoud et al., 2024; Shi, Zhou, Wan, & Yang, 2022)، وقد تم ذكر بعض الاختلالات لاستخدامها وأهمها توليد الحرارة أثناء التحضير، والتي قد تؤدي إلى تليين مادة الراتنج وتعشيق شفرات القطع لها (Silva et al., 2016)، ولتجنب ذلك في هذه الدراسة تم استخدام عمليات غسيل وفيرة لتقليل الآثار الناجمة عن توليد الحرارة، ومن ناحية أخرى، فالأسنان المقلوقة -في حال جمع عدد كاف بجذور مضاعفة الانحناء- لا توفر شرط التماثل التام بين أفراد العينة وإن أي فروق تشريحية مهما كانت بسيطة من الممكن أن تحدث تغييراً كبيراً في النتائج (O. A. Peters, Laib, Göhring, & Barbakow, 2001) وخصوصاً أن هذه

الدراسة وُحِّدَت خليطة صنع المبرد المقارنة وحجم ذروتها واستدقاقها، والأسنان المطبوعة بتقنية 3D غير متوافرة ضمن إمكانيات العمل ولكنه يبقى الاختيار الأول عند توافره.

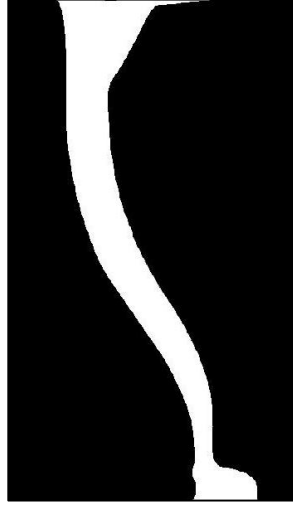
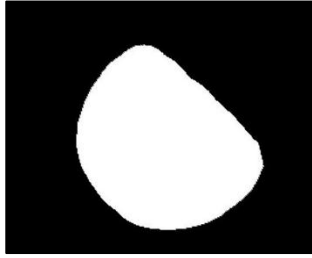
استخدمت هذه الدراسة أنظمة تحضير وحيدة المبرد التي تم طرح مفهوم عملها عام 2008 من قبل Yared لتقليل مدة المعالجة مقارنة بالأنظمة ذات المبرد متسلسلة الاستخدام، وتقليل انكسار الأدوات، وتخفيض تكلفة المعالجة ومكافحة العدوى من خلال الاستخدام الوحيد للمبرد (S Bürklein, Hinschitza, Dammaschke, & Schäfer, 2012)، وهذه الأنظمة (AF blue R3 – AF blue S one) مصنوعة من نفس الخليطة ونفس طريقة معالجة أثناء التصنيع وقياس ذروة واستدقاق موحد بهدف توحيد حجم التحضير القنوي النهائي وتوفير ظروف عمل مضبوطة بدقة، مما يؤمن موثوقية أكبر في المقارنة بين أنظمة التحضير المختلفة (Luo et al., 2006)، على الرغم من وجود عدة دراسات قارنت أنظمة تحضير وهي مختلفة بالاستدقاق مما يجعل النتائج محل شك نظراً لاختلاف حجم التحضير النهائي لكل نظام.

استخدم في هذه الدراسة تقنية CBCT، والتي تعتبر فعالة لقياس إزالة العاج وتقييم حدوث انتقال القناة والحفاظ على مركزية القناة لعدم توافر التقنية المرجعية الأساسية في دراسة الألفية اللبية مخبرياً وهي Micro-CT (ElAyouti et al., 2011)، ولأهمية حجم الفوكسل على دقة الدراسات اللبية في تقنية CBCT (Bechara et al., 2012) كان حجم الفوكسل المتوافر الأصغر $Voxel\ Size = 76-80\ \mu m$ ، وكان وضع عالي الدقة في جهاز الأشعة (5X5 Endo mode) كافٍ لتقييم فعالية أنظمة التحضير، وأنتج صوراً شعاعية دقيقة ثلاثية الأبعاد قابلة للنسخ والقياس والتحليل، وتراوح حجم الفوكسل في الدراسات الحديثة التي استخدمت CBCT لتقييم التحضير القنوي ونقل القناة والتمركز القنوي بين 80 و 125 و 166 ميكرون. (Mokhtari et al., 2024) (Vinodhini et al., 2024) (Damkoengsunthon et al., 2024) (Hage et al., 2020) (Delgoshayi et al., 2018)

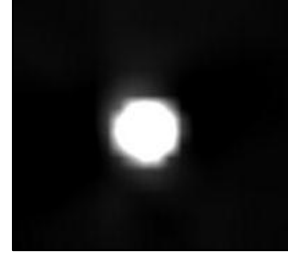
تمّ الاستعانة بأربع ممارسين لتقييم صورة CBCT أو أخذ متوسط القيم المقاسة مرتين بفواصل أسبوعين كما أنجز ببعض الدراسات (Öztürk et al., 2020)، أو تمّ إعادة القياس لأكثر من مرة (Shantiaee et al., 2023)، وذلك لتقليل أخطاء القياسات التي تعتمد عليها بشكل أساسي المعادلات الحسابية لنقل القناة وتمركز القناة، ولكن اعتمدت هذه الدراسة على حقن المادة الظليلة Omnipaque لزيادة التباين وتوضيح حدود القناة بأكثر دقة ممكنة ضمن الصورة الشعاعية.



الشكل 42: حدود القناة الجذرية في صورة CBCT بدون المادة الظليلة (Kuzekanani et al., 2021)



الشكل 44: حدود القناة الجذرية في صورة CBCT بحجم فوكسل = 80 ميكرون



الشكل 43: حدود القناة الجذرية في صورة CBCT بحجم فوكسل = 200 ميكرون

تمّ تحديد النقاط التي تتم دراستها في هذا البحث تبعاً لموقعها من القناة (عند فوهة القناة، عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني، قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة)، والتي تعدّ النقاط الأكثر احتمالاً لحدوث الأخطاء الإجرائية، وقد حدّدت الدراسات على الألفية المنحنية المستويات المدروسة بأنها أول الانحناء، وأوسطه، وآخره (Elashiry, Saber, & Elashry, 2020)، تعتمد

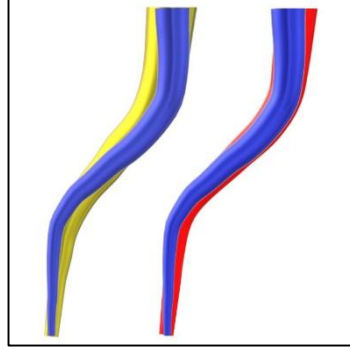
أغلب الدراسات التقسيم الملمتري للقناة وتحوله لتقسيم مكاني (الثلاث الذروي والمتوسط والتاجي) عند تفسير النتائج ومناقشتها.

لتفسير استخدام هذه الدراسة لـ Glide path تم إنجازها يدوياً قبل التحضير، فيفسر ذلك بالحاجة لاستخدام أنظمة التحضير المدروسة وفق تعليمات الشركة الصانعة، ولوجود تضارب في الدراسات على مدى فعالية Glide path قبل تحضير الأقنية مضاعفة الانحناء، فدراسة Yilmaz أظهرت عدم وجود فرق في نقل القناة فقط عند استخدام Glide path وكانت نسبة التمرکز أفضل عند استخدامه، في حين أظهرت دراسة Bürklein أن Glide path ليس له تأثير على النقل أو تمرکز القناة، وعلى العكس من تلك النتائج وجدت دراسة Karam تغييراً أكبر بكثير في انحناء القناة في غياب Glide path ، وأظهرت دراسة Kato على الأقنية المنحنية أن الفرق كان في وقت العمل ولم يلاحظ فرق في نسبة التمرکز (Yilmaz et al., 2017) (Sebastian Bürklein, Poschmann, 2014) (Karam, Zogheib, & Khalil, 2021) (Coelho, Fontana, Kato, de Martin, 2014) (& Schäfer, 2014) (& da Silveira Bueno, 2016).

عند مراجعة الأدب الطبي اقترح العالم Yared البدء بتشكيل القناة بعد استخدام أداة واحدة بدون Glide path، أي استخدام مبرد K 08 لاستكشاف scouting القناة (Ghassan Yared, 2008)، في حين بينت دراسة Berutti عام 2004 أنه من الضروري قبل تشكيل القناة إجراء عملية تمهيدية preflaring من أجل تقليل قوى الاحتكاك بين الأداة والقناة، ووضعت دراسة Berutti عام 2009 إنشاء Glide path شرطاً أساسياً لتأمين مسار أدوات التحضير، وبينت دراسة كل من Peters و Patiño أنه يجب توسيع القناة باستخدام مبرد K 15 على الأقل قبل أي استخدام للأدوات الآلية بغض النظر عن التقنية المستخدمة، وذلك متوافر في هذه الدراسة عبر استخدام القوالب الراتنجية ذات القياس 15 والتأكد من ذلك يدوياً بعملية Glide path. (Berutti, Negro, 2004) (Lendini, & Pasqualini, 2004) (Berutti et al., 2009) (O. A. Peters, Peters, 2003) (Schonenberger, & Barbakow, 2003) (Patiño, Biedma, Liébana, Cantatore, & Bahillo, 2005)

4-3 مناقشة النتائج: إنَّ الترسيم البصري للنتائج المكتوبة بأشكال هندسية يساعد على توضيح النتائج

وتخيل شكل القناة قبل وبعد التحضير بكل من النظامين المدروسين، وكانت النتائج كما يلي :



الشكل 45: ترسيم هندسي للمتوسط الحسابي للنتائج بعد التحضير

تفوق نظام التحضير R3 على نظام التحضير S one في الحفاظ على شكل القناة الأصلي في ثلاث مستويات (قبل الذروة بـ 1 مم، قبل الذروة بنصف مم، عند الذروة) ولم يكن هناك فرق بينهما في نقل القناة في المستويات الأربعة الأخرى. كما تفوق نظام التحضير R3 على نظام التحضير S one في تمركز القناة في كامل نقاط الدراسة، وكان أكبر تمركز للقناة ضمن المجموعة R في الثلث الذروي، بينما كان أكبر تمركز للقناة ضمن المجموعة S في ثلاث مستويات (عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني) أي في الثلث المتوسط. وبينت النتائج تفوق نظام التحضير S one في الحفاظ على حجم القناة ومساحتها. كما لم يبد أي من نظامي التحضير تحضيراً تاماً لكامل المساحة القنوية الداخلية مع تفوق نظام التحضير R3 من حيث نسبة السطح المحضر. ولم يحدث أي انكسار للادوات في كلا النظامين.

لقد أظهرت نتائج هذه الدراسة عند دراسة مقدار ونسبة التغير في حجم ومساحة القناة بعد التحضير في المجموعة R (نظام التحضير R3) كان أكبر منه في المجموعة S (نظام التحضير S one) في عينة البحث، ويُفسر ذلك بأن مساحة وحجم الشكل المنحني (المحدب والمقعر) أكبر منها في الشكل المسطح.

دراسة انتقال القناة: أظهر نظاما التحضير R3 و S one نقلاً للقناة بشكل كبير في الثلث التاجي ويُفسر ذلك بتقنية التحضير Crown Down المعتمدة في المبادر الآلية، أي النزول التدريجي مسافة 0.5 الى 1 مم من الفوهة حتى الوصول إلى الذروة، فإنَّ عدد مرات تلامس الشفرات القاطعة للمبرد لجدران الثلث التاجي أكثر منه في الثلث الذروي (فهناك تماس عند تحضير المبرد للثلث التاجي نفسه، وهناك تماس آخر يكون عند تحضير المبرد للثلث الذروي، ولكن بعدد مرات تلامس أقل في هذه المرحلة لأن القناة اتسعت نسبياً في المنطقة التاجية)، وعند دراسة انتقال القناة في الثلث الذروي تفوق نظام التحضير R3 على نظام التحضير S one ويُفسر ذلك بما تتميز

به الحركة التبادلية لأدوات التحضير عن مثيلتها الدورانية بأنها أقل مدى في تغلغل شفرات المبادر ضمن الجدران العاجية، وقلة عدد الدورات الكاملة المنجزة ضمن الألفية اللازمة لإتمام عملية التنظيف والتشكيل مقارنة مع الحركة الدورانية واتفقت هذه النتائج مع دراسة Shi التي وجدت تفوق الحركة التبادلية في الثلث الذروي من حيث نقل وتمركز القناة (Shi et al., 2022).

دراسة تمركز القناة: أظهر نظام التحضير R3 نسبة أكبر في الحفاظ على تمركز القناة منه في نظام التحضير S one في كامل نقاط الدراسة، وكانت أكبر نسبة تمركز للقناة ضمن المجموعة R في الثلث الذروي واتفقت هذه النتائج مع دراسة Biasillo التي وجدت أن نظام الحركة التبادلية تفوق من حيث تمركز القناة في المنطقة الذروية (Biasillo et al., 2022)، وضمن المجموعة S أظهر نظام التحضير S one أكبر نسبة له في تمركز القناة في ثلاث مستويات (عند منتصف الانحناء الأول، عند مكان تبدل الانحناء، عند منتصف الانحناء الثاني) أي في الثلث المتوسط، واتفقت هذه النتائج مع دراسة Gomaa التي قارنت ثلاث أنظمة ذات حركة دورانية ووجدت تشابهاً بينها في تمركز القناة الأكبر في الثلث المتوسط، واختلافاً في الثلث التاجي والذروي (Gomaa et al., 2021).

عند دراسة الفرق بين الحركة الدورانية والتبادلية في تأثيرها على تمركز القناة: ضمن ظروف هذه الدراسة تفوقت الحركة التبادلية على الدورانية في الحفاظ على مركزية القناة في المنطقة الذروية، وهناك العديد من الدراسات التي تضاربت نتائجها من حيث تفضيل الحركة التبادلية في الألفية مضاعفة الانحناء ففي دراسة Biasillo وُجد أن الحركة التآويبية أفضل من حيث تمركز القناة في المنطقة الذروية وذلك بغض النظر عن استخدام Glide path، و استخدام Glide path حسن التمركز في المنطقة الذروية ولكنه قلله في المنطقة التاجية (Biasillo et al., 2022)، وفي دراسة Shi لتمركز القناة في الألفية ذات الانحناء المضاعف وُجد أن الحركة التبادلية تفوقت على الحركة الدورانية في المنطقة الذروية، وتفوقت الحركة الدورانية في الثلث المتوسط أي منطقة تبدل الانحناء وذلك عند دراستها لنظامي تحضير ProTaper Gold and WaveOne Gold (Shi et al., 2022).

في دراسة Mahmoud التي قارنت ستة أنظمة ذات حركات مختلفة تبادلية ودورانية إضافة إلى تقنيات هجينة تبادلية -دورانية معاً (الجمع بين نظامين في التحضير)، وُجد أن التقنية الهجينة هي المفضلة، وفي حين عدم توافرها فالخيار المفضل التالي هو الحركة الدورانية (Mahmoud et al., 2024).

ووجدت كل من دراسة Alrahhal ودراسة Kaddoura ودراسة Ceyhanli أن طبيعة حركة المبادر الآلية سواء كانت دورانية أم تبادلية لم تؤثر في الحفاظ على مركزية القناة وشكلها الأصلي في الألفية مضاعفة الانحناء (Alrahhal & Tunç, 2024)(Kaddoura, Madarati, & Al Tayyan, 2021)(Ceyhanli, Kamaci, Taner, Erdilek, & Celik, 2015).

في دراسة Gomaa قارنت ثلاث أنظمة ذات حركة دورانية في مشابهاة الأفنية مضاعفة الانحناء، خلصت النتائج إلى أن التأثير الرئيسي لتفضيل أحد الأنظمة وهو نظام One Curve كان لخليطة هذا المبرد بسبب المعالجة الحرارية الخاصة لهذه الخليطة (Gomaa et al., 2021).

يمكن أن تُعزى هذه التناقضات في النتائج بين الدراسات المختلفة إلى اختلاف تصميم الدراسة ونوع القوالب الراتنجية المستخدمة، وتحليلها للنتائج التي تراوح بين تقنية التصوير الفوتوغرافي وتقنية CBCT وتقنية Micro-CT.

دراسة تأثير التصميم الهندسي للأداة على نقل القناة وتمركزها: تفوق نظام التحضير R3 (ذو المقطع العرضي المستطيل-متوازي الأضلاع- مع حافتي قطع بزاوية 85 درجة تلامسان جدار القناة بالتناوب، وهذا المقطع العرضي غير المركزي تكون حافة قطع واحدة فقط على اتصال بجدار القناة) على نظام التحضير S one (يحيوي بمقطعه العرضي على ثلاثة تصميمات مختلفة، المثلي ثلاث حواف قطع متناظرة عند نهاية المبرد، وينتهي بحافتي قطع على شكل حرف S في الجزء التاجي) ويُفصل ذلك بالنقاط التالية :

1- توفر الذاكرة المرنة لأي مبرد قوة استعادة تعمل على تقويمه عندما يتشوه بسبب الانحناء وهذه القوة هي السبب الحقيقي لنقل القناة وتمنع الأداة من البقاء متمركزة تماماً داخل القناة، وذلك هو السبب الحقيقي لنقل القناة في كلا النظامين.

2- يُفسر نقل القناة بشكل كبير في الثلث التاجي في كلا النظامين، بانخفاض مرونة الأدوات مع زيادة قطر القلب المعدني Core Diameter و هذا ما وجدته دراسة Ceyhanli من تشابه في التحضير التاجي بين الحركة الدورانية والحركة التبادلية لذات الأسباب (Ceyhanli et al., 2015).

3- يُفسر تفوق نظام R3 في الحفاظ على الشكل الأصلي للقناة في المنطقة الذروية بما تتميز به الحركة التبادلية لأدوات التحضير عن مثيلتها الدورانية بأنها أقل قدرة على تغلغل شفرات المبادر ضمن الجدران العاجية، وقلة عدد الدورات الكاملة اللازمة لإتمام عملية التشكيل مقارنة مع الحركة الدورانية، ويعد الشفرات الأقل مما هو عليه في النظام الآخر حركة الفرشة brush-cutting action المنجزة أثناء تحضير المنطقة الذروية - بعد التوسيع التاجي - تخلق مساحة جانبية وتسمح للشفرات الأكبر والأقوى والأكثر كفاءة بالعمل بشكل سلبي عميقاً في القناة (Ruddle, 2005).

4- يُفسر التغير الأعلى في نقل القناة عند استخدام نظام S one بما أظهرته العديد من الدراسات، فعندما يواجه طرف الأداة جزءاً من القناة أصغر من قطره، فإنه يقفل ويصل بسرعة إلى عزم دوران مرتفع وإذا وصل الأخير إلى مستوى مرتفع للغاية، فإن الأداة ستسبب تحضيراً جائراً (Karam et al., 2021)، ومن ناحية أخرى فالدوران بحد ذاته يفسر سحب الأداة ذروباً بتأثير التغذية الذاتية self-feeding effect حتى بعدم وجود ضغط عمودي مما قد يحفز اليد المشغلة على القيام بحركة سحب بعدد مرات

أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى قطع كبير لجدار القناة في جميع الاتجاهات، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تضخم قناة الجذر غير الضروري (Shi et al., 2022)، وبالعلاقة الطردية بين عدد الشفارات العاملة للأداة المستخدمة والزيادة في الحجم القنوي (Sharawy & El Shater, 2023)، تلك الأسباب جميعها وبطريقة معكوسة تُفسّر تفوق نظام R3 في هذا الأمر.

5- يُفسّر الفرق في نقل القناة بين المستويات المختلفة للأقنية المحضرة بنظام S one بالانتقال بين تصميمات مختلفة لحواف القطع والمقطع العرضي على طول المبرد، والتغير المتزايد لقطر القلب المعدني، ففي دراسة Elashiry التي استخدمت نظام One Shape المطابق من حيث تصميمه مع نظام S one المستخدم في هذه الدراسة، وُجد نفس النتائج من حيث الفرق في نقل القناة بين المستويات المختلفة للقنوات المحضرة (Elashiry et al., 2020).

6- يُفسّر الفرق في تمركز القناة بين المستويات المختلفة للأقنية المحضرة بنظام S one (كان تمركز القناة بشكل أكبر في الثلث المتوسط أي منطقة تبدل الانحناء) بأن الانحنائين المدروسين في اتجاهين متعاكسين مما أخضع الأداة إلى تشوه مرّن أكثر شدة في هاتين المنطقتين (منطقة منتصف الانحناء الأول، ومنطقة منتصف الانحناء الثاني) وهذا بدوره يسبب تقويماً أكبر للمبرد في هاتين المنطقتين، ويؤدي أيضاً إلى نقل أكبر للقناة ذروباً (Shi et al., 2022).

وقد تم تحديد العديد من العوامل المؤثرة على حدوث نقل القناة وتمركزها، مثل صفات تصميم الأداة (الهندسية والحركية)، والخصائص المعدنية للخليطة، وهنالك تفسيرات متعددة لنتائج الدراسات المتشابهة مما يتطلب إجراء توحيد أكبر عدد ممكن من صفات التصميم للأدوات المختلفة لتقييمها بشكل منفصل، ويبقى فهم تصميم الأدوات المستخدمة من حيث التصميم الهندسي والحركي وطرائق التصنيع حجر الأساس للقيام بدراسات مقارنة لأنظمة تحضير مختلفة لما يُبنى عليه من تفسير النتائج وفهمها. وقد قدّمت هذه الدراسة ضمن محدوديتها - مقارنةً مخبريةً لتقييم الاختلافات الهندسية في شكل القناة، فلم تستطع عكس الصورة الحقيقية التامة لعمل أنظمة التحضير ضمن الأقنية الجذرية الطبيعية مضاعفة الانحناء، ورغم ذلك تتطلب معالجة هذه الأقنية سريراً دراسة الصورة الشعاعية بشكل كاف لفهم تشريحها، وتحديد صعوبات العمل، وتحديد الأدوات اللازمة والتقنيات المطلوبة، واستخدام الأدوات المصنوعة من الأجيال الجديدة من الخلائط المعدنية المعاملة حرارياً لما تتمتع به من مرونة فائقة.



الاستنتاجات

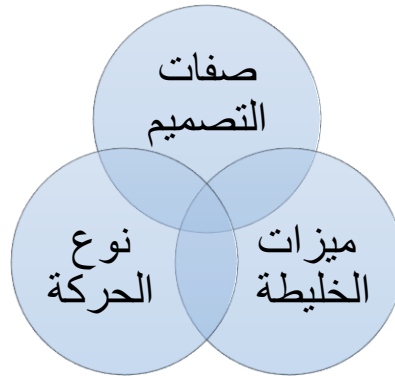
Conclusions



الاستنتاجات:

ضمن محدودية هذه الدراسة يمكن استنتاج ما يلي:

1. تفوق نظام التحضير R3 في الحفاظ على مركزية القناة، وشكل القناة في المنطقة الذروية، فهو الأقرب للحفاظ على الشكل الأصلي في هذه المنطقة.
2. لم يستطع أي من النظامين من الحفاظ على التمرکز التام للقناة، وفي نظام R3 كانت أكبر نسبة تمرکز للقناة في الثلث الذروي.
3. لم يُبدِ أي من النظامين تحضيراً تاماً بنسبة 100% لكامل سطح القناة الداخلي.
4. لم يحدث كسر للأدوات أثناء العمل في كلا النظامين.
5. إنّ توزيع مستويات الدراسة تبعاً لأقسام القناة والانحناءات أكثر جدوى في فهم النتائج من التقسيم لمستويات رقمية متدرجة من بداية الى نهاية القناة.
6. ان العلاقة المتتالية المستمرة بين عناصر (صفات التصميم - ميزات الخليطة - نوع الحركة) في تأثيرها على فعالية التحضير لا تزال غير مكتشفة بشكل كامل مقارنةً بمجالات أخرى في علم المداواة اللبية، ولكنّ محصلة تفاعلها تُنتج شكل تحضير القناة النهائي.





التوصيات والمقترحات

Recommendations and Suggestions



التوصيات :

من خلال هذه الدراسة نوصي بما يلي:

1. استخدام الأدوات المصنوعة من الأجيال الجديدة من الخلائط المعدنية المعاملة حرارياً لما تتمتع به من مرونة فائقة.
2. نوصي باستخدام نظام التحضير R3 عند الحاجة في تحضير هذه الأقمشة، وخصوصاً استخدامه مع تقنية هجينة وذلك باستخدامه في المرحلة الثانية من العمل بعد توسيع ثلثي القناة بنظام آخر أكثر تحفظاً في هذه المنطقة.
3. اعتماد تقنية CBCT في الدراسات المخبرية لتقييم فعالية التحضير مدعومة بمواد ظليلة لتجنب الارتباب في القياسات المطلوبة.
4. اعتماد مستويات الدراسة تبعاً لأقسام القناة والانحناءات لفهم أكبر لنتائج أي دراسة.

المقترحات:

1. دراسة مخبرية لتقييم فعالية نظام التحضير R3 باستخدام تقنيات هجينة لتقييم فعالية التحضير لأفنية مضاعفة الانحناء.
2. دراسة مخبرية مقارنة بين طريقتين لتقييم فعالية التحضير، الأولى باستخدام تقنية CBCT مع المادة الظليلة والأخرى بدونها، لتقييم ومقارنة دقة القياسات المطلوبة.
3. دراسة مخبرية مقارنة بين أنظمة تحضير مختلفة الاستدقاق لتحديد العلاقة بين مساحة السطح غير المحضّر واستدقاق الأداة.
4. إجراء الدراسات السريرية والمخبرية على فعالية هذه المبادئ في تقليل الجراثيم الموجودة في مثل هذه الحالات، واختبار جودة الحشو القنوي لها.



المراجع

References



:References المراجع

1. Abageru, A., Pop, M., Kovács, M., Stoica, A., & Monea, M. (2019). *Evaluation of the Apical Seal after Root Canal Cleaning and Shaping with Two Nickel–Titanium Systems. Acta Marisiensis–Seria Medica, 65(4), 135–139.*
2. Abdelhafeez, M. M., Alharbi, A. S., Srivastava, S., Abdelaziz, R., Eldwakhly, E., Almohareb, R. A., Soliman, M. (2023). *Assessment of penetrability for different endodontic irrigation activating techniques using cone–beam computed tomography and periapical digital radiography—An in vitro study. Applied Sciences, 13(13), 7436.*
3. Adiga, S., Ataide, I., Fernandes, M., & Adiga, S. (2010). *Nonsurgical approach for strip perforation repair using mineral trioxide aggregate. Journal of conservative dentistry: JCD, 13(2), 97.*
4. Ahmed, H., Versiani ,M., De- Deus, G., & Dummer, P. (2017). *A new system for classifying root and root canal morphology. Int Endod J, 50(8), 761–770.*
5. Ajuz, N. C., Armada, L., Gonçalves, L. S., Debelian, G., & Siqueira Jr, J. F. (2013). *Glide path preparation in S-shaped canals with rotary pathfinding nickel–titanium instruments. Journal of endodontics, 39(4), 534–537.*
6. Akpata, E. (1976). *Effect of endodontic procedures on the population of viable microorganisms in the infected root canal. Journal of endodontics, 2(12), 369–373.*
7. Alodeh, M., Doller, R., & Dummer, P. (1989). *Shaping of simulated root canals in resin blocks using the step- back technique with K- files manipulated in a simple in/out filing motion. International Endodontic Journal, 22(3), 107–117.*
8. Alrahal, M & ,.Tunç, F. (2024). *Comparison of four different file systems in terms of transportation in S-shaped canals and apically extruded debris. Journal of oral science, 66(4), 226–230.*
9. Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J. (2018). *Endodontic applications of 3D printing . Int Endod J, 51(9), 1005–1018.*
10. Ansari, I., & Maria, R. (2012). *Managing curved canals. Contemporary clinical dentistry, 3(2), 237–241.*

11. Arias, A., & Peters, O. A. (2022). *Present status and future directions: Canal shaping.* **Int Endod J**, **55**, 637–655.
12. Bahia, M., Martins, R., Gonzalez, B., & Buono, V. (2005). *Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel- titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments.* **Int Endod J**, **38** (11), 795–801.
13. Balani, P., Niazi, F., & Rashid, H. (2015). *A brief review of the methods used to determine the curvature of root canals.* **J Res Dent**, **3**(3), 57–63.
14. Baugh, D., & Wallace, J. (2005). *The role of apical instrumentation in root canal treatment :a review of the literature.* **Journal of endodontics**, **31**(5), 333–340.
15. Bechara, B., McMahan, C. A., Moore, W. S., Noujeim, M., Geha, H., & Teixeira, F. B. (2012). *Contrast-to-noise ratio difference in small field of view cone beam computed tomography machines.* **Journal of oral science**, **54**(3), 227–232.
16. Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2020). **Cohen's Pathways of the Pulp: Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book**, United States of America, Elsevier Health Sciences, 283–348.
17. Berutti, E. (1993). *Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system.* **Journal of endodontics**, **19**(5), 236–238.
18. Berutti, E., Cantatore, G., Castellucci, A., Chiandussi, G., Pera, F., Migliaretti, G., & Pasqualini, D. (2009). *Use of nickel–titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals.* **Journal of endodontics**, **35**(3), 408–412.
19. Berutti, E., Chiandussi, G., Gaviglio, I., & Ibba, A. (2003). *Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel–titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile.* **Journal of endodontics**, **29**(1), 15–19.
20. Berutti, E., Negro, A. R., Lendini, M., & Pasqualini, D. (2004). *Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments.* **Journal of endodontics**, **30**(4), 228–230.

21. Berutti, E., Paolino, D. S., Chiandussi, G., Alovise, M., Cantatore, G., Castellucci, A., & Pasqualini, D. (2012). *Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path*. **Journal of endodontics**, **38**(1), 101–104.
22. Best, S., Watson, P., Pilliar, R., Kulkarni, G., & Yared, G. (2004). *Torsional fatigue and endurance limit of a size 30. 06 ProFile rotary instrument*. **Int Endod J**, **37**(6), 370–373.
23. Bhuva, B., & Ikram, O. (2020). *Complications in endodontics*. **Primary dental journal**, **9**(4), 52–58.
24. Biasillo, V., Castagnola, R., Colangeli, M., Panzetta, C., Minciocchi, I., Plotino, G., . . . Grande, N. M. (2022). *Comparison of shaping ability of the Reciproc Blue and One Curve with or without glide path in simulated S-shaped root canals*. **Restorative Dentistry & Endodontics**, **47** (2), 146–151.
25. Bitter, K., Gruner, D., Wolf, O., & Schwendicke, F. (2016). *Artificial versus natural teeth for preclinical endodontic training: a randomized controlled trial*. **Journal of endodontics**, **42**(8), 1212–1217.
26. Blum, J., Cohen, A., Machtou, P., & Micallef, J. P. (1999). *Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using Profile NiTi rotary instruments*. **Int Endod J**, **32**(1), 24–31.
27. Bogle, J. (2013). *Endodontic treatment of curved root canal systems*. **Oral Health**, **19**(1), 26–27.
28. Brägger, U. (1988). *The development of digital subtraction radiography in dentistry—a review*. **Schweizer Monatsschrift fur Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto–stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia**, **98**(11), 1200–1207.
29. Brantley, W. A., Luebke, N. H., Luebke, F. L., & Mitchell, J. C. (1994). *Performance of engine-driven rotary endodontic instruments with a superimposed bending deflection: V. Gates Glidden and Peeso drills*. **Journal of endodontics**, **20**(5), 241–245.
30. Brockhurst, P. J., & Denholm, I. (1996). *Hardness and strength of endodontic files and reamers*. **Journal of endodontics**, **22**(2), 68–70.

31. Bürklein, S., Hinschitza, K., Dammachke, T., & Schäfer, E. (2012). *Shaping ability and cleaning effectiveness of two single- file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper*. **Int Endod J**, **45**(5), 449–461.
32. Bürklein, S., Poschmann, T., & Schäfer, E. (2014). *Shaping ability of different nickel–titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path*. **Journal of endodontics**, **40**(8), 1231–1234.
33. Bürklein, S., & Schäfer, E. (2012). *Apically extruded debris with reciprocating single–file and full–sequence rotary instrumentation systems*. **Journal of endodontics**, **38**(6), 850–852.
34. Bürklein, S., & Schäfer, E. (2013). *Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation*. **Endodontic Topics**, **29**(1), 110–124.
35. BYSTRÖM, A., & SUNDQVIST, G. (1981). *Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy*. **European Journal of Oral Sciences**, **89**(4), 321–328.
36. Camps, J., & Pertot, W. J. (1994). *Torsional and stiffness properties of Canal Master U stainless steel and nitinol instruments*. **Journal of endodontics**, **20**(8), 395–398.
37. Capar, I. D., Ertas, H., Ok, E., Arslan, H., & Ertas, E. T. (2014). *Comparative study of different novel nickel–titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals*. **Journal of endodontics**, **40**(6), 852–856.
38. Card, S. J., Sigurdsson, A., Ørstavik, D., & Trope, M. (2002). *The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria*. **Journal of endodontics**, **28**(11), 779–783.
39. Castellucci, A. (2022). **Endodontics2**, United States of America, Edra Publishing, 618.
40. Ceyhanli, K., Kamaci, A., Taner, M., Erdilek, N., & Celik, D. (2015). *Shaping ability of two M- wire and two traditional nickel- titanium instrumentation systems in S- shaped resin canals*. **Nigerian journal of clinical practice**, **18**(6), 713–717.

41. Chen, J., & Messer, H. (2002). *A comparison of stainless steel hand and rotary nickel-titanium instrumentation using a silicone impression technique.* **Australian dental journal**, **47**(1), 12–20.
42. Cheung, G. S. (2007). *Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes.* **Endodontic Topics**, **16**(1), 1–26.
43. Choi, M. J., Kim, M. A., Choi, Y., Neelakantan, P., Yu, M. K., & Min, K. S. (2021). *A novel three- dimensionally printed model to assess biofilm removal by ultrasonically activated irrigation.* **Int Endod J**, **54**(10), 1871–1877.
44. Chole, D., Burad, P. A., Kundoor, S., Bakle, S., Devagirkar, A., & Deshpande, R. (2016). *Canal Transportation a threat in Endodontics: A review.* **IOSR-JDMS**, **15**(7), 64–72.
45. Chow ,T. (1983). *Mechanical effectiveness of root canal irrigation.* **Journal of endodontics**, **9**(11), 475–479.
46. Chubb, D. W. R. (2019). *A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success.* **Australian Endodontic Journal**, **45**(1), 5–11.
47. Coelho, M. S., Fontana, C. E., Kato, A. S., de Martin, A. S., & da Silveira Bueno, C. E. (2016). *Effects of glide path on the centering ability and preparation time of two reciprocating instruments.* **Iranian Endodontic Journal**, **11**(1), 28–33.
48. Coldero, L., McHugh ,S., MacKenzie, D., & Saunders, W. (2002). *Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement.* **Int Endod J**, **35**(5), 437–446.
49. Coleman, C. L., & Svec, T. A. (1997). *Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals.* **Journal of endodontics**, **23**(4), 232–235.
50. CR, G. (1995). *A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments.* **J Endod**, **21**, 146–151.
51. Damkoengsunthon, C ,.Wongviriya, A., Tantanapornkul, W., Wisithphrom, K., Ketpan, K., Piyapattamin, T., & Puapichartdumrong, P. (2024). *Evaluation of the shaping ability of different rotary file systems in severely and abruptly curved root canals using cone beam computed tomography.* **The Saudi Dental Journal**, **36**(10), 1333–1338.

52. De- Deus, G., Simões- Carvalho, M., Belladonna, F. G., Versiani, M., Silva, E., Cavalcante, D., . . . Paciornik, S. (2020). *Creation of well- balanced experimental groups for comparative endodontic laboratory studies: a new proposal based on micro- CT and in silico methods.* **Int Endod J**, **53**(7), 974–985.
53. Delgoshayi, N., Abbasi, M., Bakhtiar, H., Sakhdari, S., Ghannad, S., & Ellini, M. R. (2018). *Canal transportation and centering ability of ProTaper and SafeSider in preparation of curved root canals: a CBCT evaluation.* **Iranian Endodontic Journal**, **13**(2), 240.
54. Dolan, D. W., & Craig, R. G. (1982). *Bending and torsion of endodontic files with rhombus cross sections.* **Journal of endodontics**, **8**(6), 260–264.
55. Dummer, P. M., Al-Omari ,M. A., & Bryant, S. (1998). *Comparison of the performance of four files with rounded tips during shaping of simulated root canals.* **Journal of endodontics**, **24**(5), 364–371.
56. El-Kishawi, M., & Khalaf, K. (2021). *An update on root canal preparation techniques and how to avoid procedural errors in endodontics.* **The Open Dentistry Journal**, **15**(1) , 1–26.
57. Elashiry, M. M., Saber, S. E., & Elashry, S. H. (2020). *Comparison of shaping ability of different single-file systems using microcomputed tomography.* **European Journal of Dentistry**, **14**(01), 070–076.
58. ElAyouti, A., Dima, E., Judenhofer, M. S., Löst, C., & Pichler, B. J. (2011). *Increased apical enlargement contributes to excessive dentin removal in curved root canals: a stepwise microcomputed tomography study.* **Journal of endodontics**, **37**(11), 1580–1584.
59. ELDEEB, M. E., & BORAAS, J. C. (1985). *The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals.* **Int Endod J**, **18**(1), 1–7.
60. Elias, W., Kubiak, K., Poncyljusz, W., & Surdacka, A. (2020). *Root canal transportation after root canal preparation with ProTaper next, WaveOne gold, and twisted files.* **Journal of Clinical Medicine**, **9**(11), 3661.

61. Elizabeth M, S. (2005). *Hand instrumentation in root canal preparation*. **Endodontic Topics**, 10(1), 163–167.
62. Elnaghy, A. M., & Elsaka, S. E. (2014). *Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path*. **Journal of endodontics**, 40(12), 2053–2056.
63. Endodontists ,A. A. o. (2003). **Glossary of endodontic terms: American Association of Endodontists**, 16(3), 105–112.
64. Fan, B., Wu, M. K., & Wesselink, P. (2000). *Leakage along warm gutta- percha fillings in the apical canals of curved roots*. **Dental Traumatology**, 16(1), 29–33.
65. Ferrara, G ,.Taschieri, S., Corbella, S., Ceci, C., Del Fabbro, M., & Machtou, P. (2017). *Comparative evaluation of the shaping ability of two different nickel–titanium rotary files in curved root canals of extracted human molar teeth*. **Journal of investigative and clinical dentistry**, 8(1), 12–18.
66. Frotscher, M., Kahleyss, F., Simon, T., Biermann, D., & Eggeler, G. (2011). *Achieving small structures in thin NiTi sheets for medical applications with water jet and micro machining: a comparison*. **Journal of materials engineering and performance**, 20(2), 776–782.
67. Gambarini, G. (2001). *Cyclic fatigue of nickel–titanium rotary instruments after clinical use with low–and high–torque endodontic motors*. **Journal of endodontics**, 27(12), 772–774.
68. Gambarini, G., Gerosa, R., De Luca ,M., Garala, M., & Testarelli, L. (2008). *Mechanical properties of a new and improved nickel–titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility*. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, 105(6), 798–800.
69. Gambill, J. M., Alder, M., & del Rio, C. E. (1996). *Comparison of nickel–titanium and stainless steel hand–file instrumentation using computed tomography*. **Journal of endodontics**, 22(7), 369–375.
70. Glickman, G. N., & Koch, K. A. (2000). *21st–century endodontics*. **The Journal of the American Dental Association**, 131, 39–46.

71. Gok, T., Capar, I. D., Akcay, I., & Keles, A. (2017). *Evaluation of different techniques for filling simulated C-shaped canals of 3-dimensional printed resin teeth*. **Journal of endodontics**, **43**(9), 1559–1564.
72. Goldman, M., Sakurai-Fuse, E., Turco, J., & White, R. R. (1989). *A silicone model method to compare three methods of preparing the root canal*. **Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology**, **68**(4), 457–461.
73. Gomaa, M. A., Osama ,M., & Badr, A. E. (2021). *Shaping ability of three thermally treated nickel- titanium systems in S- shaped canals*. **Australian Endodontic Journal**, **47**(3), 435–441.
74. Grande, N., Plotino, G., Pecci, R., Bedini, R., Malagnino, V. A., & Somma, F. (2006). *Cyclic fatigue resistance and three- dimensional analysis of instruments from two nickel–titanium rotary systems*. **Int Endod J**, **39**(10), 755–763.
75. Gröndahl, H.–G., Gröndahl, K., & Webber, R. L. (1983). *A digital subtraction technique for dental radiography*. **Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology**, **55**(1), 96–102.
76. Gutmann, J. (2016). *Grossman's Endodontic Practice–13th Edition*. **Journal of Conservative Dentistry**, **19**(5), 494–494.
77. Gutmann, J., Dumsha, T., & Lovdahi, P. (2006). **Problem solving in the assessment of treatment outcomes, quality assurance, treatment planning** 4th Edition, United States of America, Masby–Elsevier, 392.
78. Gutmann, J. L., & Lovdahl, P. E. (2010a). **Problem Solving in Endodontics–E–Book: Prevention, Identification and Management**, United States of America, Elsevier Health Sciences, 348–356.
79. Gutmann, J. L., & Lovdahl, P. E. (2010b). **Problem solving in endodontics: prevention, identification and management**, United States of America, Elsevier Health Sciences, 194.
80. Ha, J.–H. (2015). *Safe root canal preparation using reciprocating nickel–titanium instruments*. **Restorative Dentistry and Endodontics**, **40**(3), 253–254.

81. Hage, W., Zogheib, C., Bukiet, F., Sfeir, G., Khalil, I., Gergi, R., & Naaman, A. (2020). *Canal transportation and centring ability of reciproc and reciproc blue with or without use of glide path instruments: A CBCT study.* **European endodontic journal**, 5(2), 118.
82. Hartmann, M. S. M., Barletta, F. B., Fontanella, V. R. C., & Vanni, J. R. (2007). *Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography.* **Journal of endodontics**, 33(8), 962–965.
83. Hassan, R., Roshdy, N., & Issa, N. (2018). *Comparison of canal transportation and centering ability of Xp Shaper, WaveOne and Oneshape: a cone beam computed tomography study of curved root canals.* **Egyptian Dental Journal**, 64(2), 1845–1853.
84. Hata, G.-i., Uemura, M., Kato, A. S., Imura, N., Novo, N. F., & Toda, T. (2002). *A comparison of shaping ability using ProFile, GT file, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals.* **Journal of endodontics**, 28(4), 316–321.
85. Hou, B. (2019). *Complications occurred in root canal mechanical preparation: the reason, prevention and management.* Zhonghua kou qiang yi xue za zhi= Zhonghua kouqiang yixue zazhi= **Chinese journal of stomatology**, 54(9), 605–611.
86. Huelsmann, M. (2013). *Research that matters—canal preparation, retreatment and working length studies.* **Int Endod J**, 46(4), 13–19.
87. Hülsmann, M. (2013). *Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues.* **Endodontic Topics**, 29(1), 55–86.
88. Hülsmann, M. (2016a). *Prevention and management of problems during root canal treatment—A problem-based approach to root canal treatment Part I.* **ENDO**, 10(1), 127–140.
89. Hülsmann, M. (2016b). *Prevention and management of problems during root canal treatment—a problem-based approach to root canal treatment part I.* **ENDO**, 10(3), 127–140.
90. Hülsmann, M. (2022). *A critical appraisal of research methods and experimental models for studies on root canal preparation.* **Int Endod J**, 55(1), 95–118.

91. Hülsmann, M., Peters, O. A., & Dummer, P. M. (2005). *Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means*. **Endodontic Topics**, **10**(1), 30–76.
92. Hülsmann, M., & Schäfer, E. (2010). *Problems in Endodontics*. **Acta Stomatol Croat**, **44**(2), 79–136.
93. Hulsman, M., & Schaffer, E. (2009). *Problems in endodontics. Prevention, detection and elimination*. Moscow: **Dental-Azbuka**, **20**(5), 28–34.
94. Ilgüy, D., İlğüy, M., Fişekçioğlu, E., Ersan, N., Tanalp, J., & Dölekoğlu, S. (2013). *Assessment of root canal treatment outcomes performed by Turkish dental students: results after two years*. **Journal of dental education**, **77**(4), 502–509.
95. Ingle J, H. C., Glickman GN , Serene TP , Rosenberg D, Buchanan LS , West J Ruddle C, Camp J, Roane J, Cecchini S. (2002). **Ingle's Endodontics 6th edition: Endodontics**, Londodn, BC Decker 471.
96. Ingle, J. I., Bakland, L. K., & Baumgartner, J. C. (2008). **Ingle's Endodontics 7th edition**, Londodn, BC Decker 363.
97. Jafarzadeh, H., & Abbott, P. V. (2007). *Dilaceration: review of an endodontic challenge*. **Journal of endodontics**, **33**(9), 1025–1030.
98. Jain, N., & Tushar, S. (2008). *Curved canals: ancestral files revisited*. **Indian Journal of Dental Research**, **19**(3), 267–271.
99. Kaddoura, R., Madarati, A. A., & Al Tayyan, M. (2021). *Shaping ability of different single-file rotary systems in simulated S-shaped canals by a new investigation approach: An: in vitro: study*. **Saudi Endodontic Journal**, **11**(2), 173–180.
100. Kamburoğlu, K., & Kursun, S. (2010). *A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities*. **Int Endod J**, **43**(9), 798–807.
101. Karam, M., Zogheib, C., & Khalil, I. (2021). *Shaping ability of WaveOne gold reciprocating file with and without glidepath in artificial S-shaped canals*. **Giornale Italiano di Endodonzia**, **35**(1), 103–109.

102. Karatekin, A. Ö., Keleş, A., & Gençoğlu, N. (2019). *Comparison of continuous wave and cold lateral condensation filling techniques in 3D printed simulated C-shape canals instrumented with Reciproc Blue or Hyflex EDM*. **PLoS One**, **14**(11), 22–27.
103. Kuzekanani, M., Sadeghi, F., Hatami, N., Rad, M., Darijani, M & ,Walsh, L. J. (2021). *Comparison of Canal Transportation, Separation Rate, and Preparation Time between One Shape and Neoniti (Neolix): An In Vitro CBCT Study*. **International Journal of Dentistry**, **2021**(1), 57–64.
104. Lim, K., & Webber, J. (1985). *The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal*. **Int Endod J**, **18**(4), 233–239.
105. Liu, J., Luo, J., Dou, L., & Yang, D. (2014). *CBCT study of root and canal morphology of permanent mandibular incisors in a Chinese population*. **Acta Odontologica Scandinavica**, **72**(1), 26–30.
106. Liu, W., & Wu, B. (2016). *Root canal surface strain and canal center transportation induced by 3 different nickel–titanium rotary instrument systems*. **Journal of endodontics**, **42**(2), 299–303.
107. López–Ampudia, N., & Gutmann, J .L. (2011). *Management of ‘S-shaped’ root canals– technique and case report*. **ENDO (Lond Engl)**, **5**(1), 7–15.
108. Love, R., & Jenkinson, H. (2002). *Invasion of dentinal tubules by oral bacteria*. **Critical reviews in oral biology & medicine**, **13**(2), 171–183.
109. Luo ,H.–X., Huang, D.–M., Jia, L.–H., Luo, S.–G., Gao, X.–J., Tan, H., & Zhou, X.–D. (2006). *Shaping ability of multi-taper nickel–titanium files in simulated resin curved root canal*. Hua xi kou Qiang yi xue za zhi= Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi= **West China Journal of Stomatology**, **24**(4), 339–342.
110. Mahmoud, O., Alhimairi, S., Sultan, D., & Ayah, A. (2024). *Shaping Ability of Different Rotary and Reciprocating File Systems in Simulated S-Shaped Root Canals*. **European endodontic journal**, **9**(2), 114.
111. McCann, J. T., Keller, D. L., & LaBounty, G. L. (1990a). *A modification of the muffle model system to study root canal morphology*. **Journal of endodontics**, **16**(3), 114–115.

112. McCann, J. T., Keller, D. L., & LaBounty, G. L. (1990b). *Remaining dentin/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation*. **Journal of endodontics**, **16**(3), 109–113.
113. McGuigan, M., Louca, C., & Duncan, H. (2013). *Endodontic instrument fracture: causes and prevention*. **British dental journal**, **214**(7), 341–348.
114. Michetti, J., Maret, D., Mallet, J.-P., & Diemer, F. (2010). *Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy*. **Journal of endodontics**, **36**(7), 1187–1190.
115. Mishra, R., Verma, A., Rai, S., Singh, A. P., Singh, S. P., & Nigam, S. (2022). **ADVANCES IN ENDODONTICS A COMPLETE GUIDE**, **8**(1), 120–128.
116. Mokhtari, H., Razi, S., Rahimi, S., Haghighat, P., Abedi, A., & Behrouzpour, E. (2024). *Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of RaCe and Af f-one Systems by Cone-beam Computed Tomography: An in Vitro Study*. **Iranian Endodontic Journal**, **19**(3), 193.
117. Moshiri, M., Scarfe, W. C., Hilgers, M. L., Scheetz, J. P., Silveira, A. M., & Farman, A. G. (2007). *Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography*. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, **132**(4), 550–560.
118. Mounce, R. (2007). *Negotiating challenging mid root curvatures: rounding the bend*. **Dentistry today**, **26**(2), 108–112.
119. Nangia, D., Nawal ,R. R., & Talwar, S. (2020). *Evaluation of apical extrusion and cone-beam computed tomography assessment of irrigant penetration in oval-shaped canals, using XP Endo Finisher and EndoActivator*. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, **23**(2), 185–189.
120. Nascimento, E., Nascimento, M., Gaêta- Araujo, H., Fontenele, R., & Freitas, D. (2019). *Root canal configuration and its relation with endodontic technical errors in premolar teeth: a CBCT analysis*. **Int Endod J**, **52**(10), 1410–1416.
121. Naseri, M., Paymanpour, P., Kangarloo, A., Haddadpur, S., Dianat, O., & Ketabi, M. A. (2016). *Influence of motion pattern on apical transportation and centering ability of*

- WaveOne single-file technique in curved root canals. **Dental Research Journal**, 13(1), 13-17.*
122. Ordinola-Zapata, R., Bramante, C. M., Duarte, M. A. H., Cavenago, B. C., Jaramillo, D., & Versiani, M. A. (2014). *Shaping ability of reciproc and TF adaptive systems in severely curved canals of rapid microCT-based prototyping molar replicas. **Journal of Applied Oral Science**, 22(1), 509-515.*
 123. Orel, L., Velea-Barta, O.-A., Nica, L.-M., Boscornea-Puşcu, A.-S., Horhat, R. M., Talpos-Niculescu, R.-M., . . . Topala, F. (2021). *Evaluation of the shaping ability of three thermally treated nickel-titanium endodontic instruments on standardized 3D-printed dental replicas using cone-beam computed tomography. **Medicina**, 57(9), 901.*
 124. Oshida, Y. (2010). **Bioscience and bioengineering of titanium materials**, 8(2), 284-290.
 125. Öztürk, B. A., Ateş, A. A., & Fişekçioğlu, E. (2020). *Cone-beam computed tomographic analysis of shaping ability of XP-endo shaper and ProTaper next in large root canals. **Journal of endodontics**, 46(3), 437-443.*
 126. Özyürek, T., Gündoğar, M., Yılmaz, K., & Uslu, G. (2017). *Bending resistance and cyclic fatigue life of Reciproc Blue, WaveOne Gold, and Genius files in a double (S-shaped) curved canal. Journal of dental research, dental clinics, **dental prospects**, 11(4), 241.*
 127. Pacheco-Yanes, J., Provenzano, J. C., Marceliano-Alves, M. F., Gazzaneo, I., Pérez, A. R., Gonçalves, L. S., & Siqueira, J. F. (2020). *Distribution of sodium hypochlorite throughout the mesial root canal system of mandibular molars after adjunctive irrigant activation procedures: a micro-computed tomographic study. **Clinical oral investigations**, 24, 907-914.*
 128. Parashos, P., & Messer, H. H. (2006). *Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. **Journal of endodontics**, 32(11), 1031-1043.*
 129. Park, P.-S., Kim, K.-D., Perinpanayagam, H., Lee, J.-K., Chang, S. W., Chung, S. H., . . . Kum, K.-Y. (2013). *Three-dimensional analysis of root canal curvature and direction of maxillary lateral incisors by using cone-beam computed tomography. **Journal of endodontics**, 39(9), 1124-1129.*

130. Patel, S., & Barnes, J. J. (2019). **The principles of endodontics**, 40(3), 253–254.
131. Patiño, P. V., Biedma, B. M., Liébana, C. R., Cantatore, G., & Bahillo, J. G. (2005). *The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments.* **Journal of endodontics**, 31(2), 114–116.
132. Perez- Villalba, D., Macorra, J. C., Perez- Higuera, J. J., Peters, O. A., & Arias, A. (2021). *Body temperature fatigue behaviour of reciprocating and rotary glide path instruments in sodium hypochlorite solutions alone or combined with etidronate.* **Australian Endodontic Journal**, 47(3), 450–456.
133. Peters, L., Wesselink, P., Buijs, J., & Van Winkelhoff, A. (2001). *Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis.* **Journal of endodontics**, 27(2), 76–81.
134. Peters, O., Kappeler, S., Bucher, W., & Barbakow, F. (2001). *Maschinelle Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle: Messaufbau zur Darstellung physikalischer Parameter.* **Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin SMfZ**, 111(7), 834–842.
135. Peters, O. A. (2004). *Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review.* **Journal of endodontics**, 30(8), 559–567.
136. Peters, O. A., Laib, A., Göhring, T. N., & Barbakow, F. (2001). *Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography.* **Journal of endodontics**, 27(1), 1–6.
137. Peters, O. A., & Peters, C. I. (2020). *Cleaning and shaping of the root canal system.* **Cohen's Pathway of the Pulp ed, 12**, 236–303.
138. Peters, O. A., Peters, C. I., Schönenberger, K., & Barbakow, F. (2003). *ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT.* **Int Endod J**, 36(2), 86–92.
139. Plotino, G., Grande, N. M., Sorci, E., Malagnino, V. A., & Somma, F. (2006). *A comparison of cyclic fatigue between used and new Ni-Ti rotary instruments.* **Int Endod J**, 39(9), 716–723.
140. Poly, A., AlMalki, F., Marques, F., & Karabucak, B. (2019). *Canal transportation and centering ratio after preparation in severely curved canals: analysis by micro-computed*

- tomography and double-digital radiography. Clinical oral investigations, 23, 4255–4262.*
141. Pruett, J. P., Clement, D. J., & Carnes Jr, D. L. (1997). *Cyclic fatigue testing of nickel–titanium endodontic instruments. Journal of endodontics, 23(2), 77–85.*
 142. Rapisarda, E., Bonaccorso, A., Tripi, T. R., Condorelli, G. G & ,Torrisi, L. (2001). *Wear of nickel–titanium endodontic instruments evaluated by scanning electron microscopy: effect of ion implantation. Journal of endodontics, 27(9), 588–592.*
 143. Reymus, M., Stawarczyk, B., Winkler, A., Ludwig, J., Kess, S., Krastl, G & ,Krug, R. (2020). *A critical evaluation of the material properties and clinical suitability of in- house printed and commercial tooth replicas for endodontic training. Int Endod J, 53(10), 1446–1454.*
 144. Roane, J. B., Sabala, C. L., & Duncanson Jr, M. G .(1985) .*The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. Journal of endodontics, 11(5), 203–211.*
 145. Robertson, D., Leeb, I. J., McKee, M., & Brewer, E. (1980). *A clearing technique for the study of root canal systems. Journal of endodontics, 6(1), 421–424.*
 146. Rollison, S., Barnett, F., & Stevens, R. H. (2002). *Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 94(3), 366–371.*
 147. Ruddle, C. J. (2005). *The protaper technique. Endodontic Topics, 10(1), 187–190.*
 148. Rzhhanov, E. A., & Belyaeva, T. S. (2012). *Design features of rotary root canal instruments. ENDO–Endodontic Practice Today, 6(1), 29–39.*
 149. San Chong, B. (2016). *Harty's Endodontics in Clinical Practice E–Book, 31(3), 114–119.*
 150. Sattapan, B., Nervo, G. J., Palamara, J. E., & Messer, H. H. (2000). *Defects in rotary nickel–titanium files after clinical use. Journal of endodontics, 26(3), 161–165.*

151. Schäfer, E. (2002). *Effect of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel–titanium files.* **Journal of endodontics**, 28(12), 800–802.
152. Schäfer, E., Diez, C., Hoppe, W., & Tepel, J. (2002). *Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth.* **Journal of endodontics**, 28(3), 211–216.
153. Schäfer, E., Dzepina, A., & Danesh, G. (2003). *Bending properties of rotary nickel–titanium instruments.* **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, 96(6), 757–763.
154. Schäfer, E., Schulz–Bongert, U., & Tulus, G. (2004). *Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study.* **Journal of endodontics**, 30(6), 432–435.
155. Schirrmeister, J. F., Strohl, C., Altenburger, M. J., Wrbas, K.–T., & Hellwig, E. (2006). *Shaping ability and safety of five different rotary nickel–titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals.* **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, 101(6), 807–813.
156. Schneider, S. W. (1971). *A comparison of canal preparations in straight and curved root canals.* **Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology**, 32(2), 271–275.
157. Sekhon, D. A. K. (2021). *Root Canal Treatment: The complications.* **MAR Dental Sciences**, 2(1), 321–330.
158. Serene, T. P. (1995). *Nickel–titanium instruments: application in endodontics.* **Application in endodontics**, 11(4), 1–5.
159. Shantiaee, Y., Zandi, B., Taramsari, A. R., Baghban, A. A., Zargar, N., Shojaeian, S., . . . Soltaninejad, F. (2023). *Comparative Evaluation of Canal Transportation and Centering Ratio in Curved Canals: A Study of Cone–beam Computed Tomography and Micro–computed Tomography.* **Iranian Endodontic Journal**, 18(4), 241.
160. Sharawy, W. W., & El Shater, W. H. (2023). *Shaping ability of protaper gold and protaper ultimate in simulated root canals: A comparative study.* **Sch J Dent Sci**, 10, 12–19.

161. Shi, L., Zhou, J., Wan, J., & Yang, Y .(2022) .*Shaping ability of ProTaper Gold and WaveOne Gold nickel–titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals.* **Journal of Dental Sciences**, **17**(1), 430–437.
162. Silva, E. J. N. L., Muniz, B. L., Pires, F., Belladonna, F. G., Neves, A. A., Souza, E . M., & De-Deus, G. (2016). *Comparison of canal transportation in simulated curved canals prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold systems.* **Restorative Dentistry & Endodontics**, **41**(1), 1–5.
163. Sonntag, D., Stachniss- Carp, S., Stachniss, C., & Stachniss, V. (2006). *Determination of root canal curvatures before and after canal preparation (part II): A method based on numeric calculus.* **Australian Endodontic Journal**, **32**(1), 16–25.
164. Sonntag, D., Stachniss- Carp, S., & Stachniss, V. (2005). *Determination of root canal curvatures before and after canal preparation (part 1): a literature review.* **Australian Endodontic Journal**, **31**(3), 89–93.
165. Sowmya, M. R., Teja, K. V., Solete, P., Choudhari, S., Antony, S. D. P., & Mustafa, M. (2024). *Efficacy of sonic and ultrasonic activation on irrigant penetration in different tapered preparations: An in vitro study.* **Endodontology**, **10**(4), 41–43.
166. Spin-Neto, R. (2013). *Impact of voxel size variation on CBCT-based diagnostic outcome in dentistry: a systematic review.* **Journal of digital imaging**, **26**, 813–820.
167. Stewart, G. G. (1955). *The importance of chemomechanical preparation of the root canal.* **Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology**, **8**(9), 993–997.
168. Tchorz, J., Brandl, M., Ganter, P., Karygianni, L., Polydorou, O., Vach, K . . . ,. Altenburger, M. (2015). *Pre- clinical endodontic training with artificial instead of extracted human teeth: does the type of exercise have an influence on clinical endodontic outcomes?* **Int Endod J**, **48**(9), 888–893.
169. Thompson, S. (2000). *An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry.* **Int Endod J**, **33**(4), 297–310.
170. Tomson, P. L., & Simon, S. R. (2016). *Contemporary cleaning and shaping of the root canal system.* **Primary dental journal**, **5**(2), 46–53.

171. Torabinejad, M., Fouad, A., & Shabahang, S. (2020a). **Endodontics: Principles and practice 6th**, India, Elsevier Health Sciences, 55.
172. Torabinejad, M., Fouad, A. F., & Shabahang, S. (2020b). **Endodontics**, India, Elsevier Health Sciences, 133.
173. Turpin, Y., Chagneau, F., & Vulcain, J. (2000). *Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models.* **Journal of endodontics**, **26**(7), 414-417.
174. Usman, N., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2004). *Influence of instrument size on root canal debridement.* **Journal of endodontics**, **30**(2), 110-112.
175. Vachhani, K., Kachoriya, K., Kubavat, R., Bagda, K., Attur, K., & Patel, S. (2020). **Journal Homepage:journalijarcom**. **10**(6), 817-820.
176. Van der Vyver, P. J., Vorster, M., Paleker, F., & De Wet, F. A. (2019). *Errors in root canal preparation: a review of the literature and clinical case reports.* **South African Dental Journal**, **74**(5), 246-254.
177. Varela-Patiño, P., Ibañez-Párraga, A., Rivas-Mundina, B., Cantatore, G., Otero, X. L., & Martín-Biedma, B. (2010). *Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life.* **Journal of endodontics**, **36**(1), 157-159.
178. Vinodhini, V., Baig, M. M., Attur, K., Singh, S., Sharma, S., & Padda, P. (2024). *Compare the Centering Ability, Canal Transportation and Root Canal Area Increase of XP Endoshaper, Hyflex CM and K3 XF File System by using Cone Beam: An Original Research.* **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, **16**(1), 380-382.
179. Vorster, M., van der Vyver, P. J., & Paleker, F. (2018). *Influence of glide path preparation on the canal shaping times of WaveOne Gold in curved mandibular molar canals.* **Journal of endodontics**, **44**(5), 853-855.
180. Walton, R. E. (1976). *Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space.* **Journal of endodontics**, **2**(10), 304-311.

181. Weber, M.-T., Stratz, N., Fleiner, J., Schulze, D., & Hannig, C. (2015). *Possibilities and limits of imaging endodontic structures with CBCT*. **SWISS DENTAL JOURNAL SSO–Science and Clinical Topics**, 125(3), 293–311.
182. Weine, F. S., Kelly, R. F., & Lio, P. J. (1975). *The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape*. **Journal of endodontics**, 1(8), 255–262.
183. Wu, M.-K., Fan, B., & Wesselink, P. R. (2000). *Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings*. **Journal of endodontics**, 26(4), 210–216.
184. Wu, Y. N., Shi, J. N., Huang, L. Z., & Xu, Y. Y. (1992). *Variables affecting electronic root canal measurement*. **Int Endod J**, 25(2), 88–92.
185. Yared, G. (2008). *Canal preparation using only one Ni- Ti rotary instrument: preliminary observations*. **Int Endod J**, 41(4), 339–344.
186. Yared, G., Dagher, F. B., & Machtou, P. (1999). *Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after simulated clinical use*. **Int Endod J**, 32(2), 115–119.
187. Yared, G. M., & Dagher, F. E. B. (1994). *Influence of apical enlargement on bacterial infection during treatment of apical periodontitis*. **Journal of endodontics**, 20(11), 535–537.
188. Yilmaz, A., Kucukay, E. S., Istektepe, M., Sisli, S. N., Ersev, H., & Karagoz-Kucukay, I. (2017). *Comparison of the shaping ability of WaveOne Reciprocating files with or without glide path in simulated curved S-shaped root canals*. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, 7(1), 13–17.
189. Young, G., Parashos, P., & Messer, H. (2007). *The principles of techniques for cleaning root canals*. **Australian dental journal**, 52(1), 52–63.
190. Zuolo, M., Walton, R & ,Imura, N. (1992). *Histologic evaluation of three endodontic instrument/preparation techniques*. **Dental Traumatology**, 8(3), 125–129.

191. Zuolo, M., Zaia, A., Belladonna, F., Silva, E., Souza, E., Versiani, M., . . . De- Deus, G. (2018). *Micro- CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval- shaped canals.* Int Endod J, **51**(5), 564–571.

Abstract:

Aim of the study: This in-vitro study aims to evaluate and compare the preparation efficacy of two single-chip preparation systems in S-shape double curvature root canal simulants, in terms of maintaining canal shape and centrality, percentage of canal volume and area change, remaining unprepared surface, and incidence of instrument separation during the procedure.

Materials and Methods: The study sample consisted of 40 artificial canals with double curvature, it was randomly distributed into two equal groups according to the used preparing system, the first group(R): AF blue R3, the second group(S): AF blue S one, All artificial canals were scouted with k-file #10, Manufacturer recommended root canal instrumentation was done. Specialized software examined pre- and post-instrumentation CBCT scans (with contrast material "Omnipaque"), Centering ability, canal transportation, and increase in canal area and volume were measured at different levels from the apex, and the data were analyzed by t-tests and Chi-square tests ($P \leq 0.05$).

Results: The AF blue R3 file system had the best centering at all levels, and less canal transportation at the apical levels, AF blue S one increased the canal area and volume less, No instrument separation was recorded in both groups.

Conclusions: Based on these results, AF blue R3 rotary file system is preferred because it maintains the original shape of double curvature root canals better than AF blue S one,

Keywords: AFBlue R3, AFBlue S ONE, S-shaped canal, shaping ability, centering ability, Canal transportation, cone beam computed tomography, endodontic file systems

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Dentistry

Department of Endodontics and Operative Dentistry



Evaluating the Effectiveness of Two Single-file Rotary Systems (AF blue S one - AF blue R3) on Simulated S-Shaped Canal Preparation (A Comparative In Vitro Study)

A dissertation submitted in partial Fulfillment of the requirements for the
Degree of Master in Endodontics and Operative Dentistry

By

Abdulrahman Bassam Kanaan

Supervisor

Prof. Thuraya Lazkani

2025