

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Dentistry

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان



أثر فعل التحريض الحيوي لليزر على إحداث الامتصاص بالأنسجة
الصلبة أثناء الحركة السنية التقويمية
(دراسة كيميائية مناعية)

BIOSTIMULATORY EFFECT OF LASER ON HARD
TISSUE RESORPTION DURING ORTHODONTIC
TOOTH MOVEMENT
(IMMUNO-HISTOCHEMICAL STUDY)

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الدكتوراة في كلية طب الأسنان
في إختصاص النسيج والتشريح المرضي

إعداد الباحث الدكتور

مهندس سمير قنار

الأستاذ المشرف المشارك

أ. د محمد ناصر الصوّان

أستاذ في قسم تقويم الأسنان و الفكين
كلية طب الأسنان - جامعة دمشق

الأستاذ المشرف

أ. د أحمد المنديلي

أستاذ في قسم النسيج والتشريح المرضي
نقيب المعلمين في جامعة دمشق
كلية طب الأسنان - جامعة دمشق

1434 هـ / 2013 م

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم / ١٩٠٧ / المتخذ

بالجلسة رقم / ١٤ / تاريخ ٢٠١٣/٤/١

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم / ٣٢٤ /

تاريخ ٢٠١٣/٣/١٩

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

قرار مجلس جامعة دمشق رقم / ٣٨٨٩ / ص تاريخ ٢٠١٠/٤/١١ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة

الطالب

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الدكتوراه في قسم النسخ والتشريح المرضي للفم والأسنان

التي أعدها الطالب مهند قزاز بعنوان : ((أثر فعل التحريض الحيوي لليزر على إحداث الامتصاص

بالأنسجة الصلبة أثناء الحركة السنية التقويمية _ دراسة كيميائية مناعية)) بكلية طب الأسنان من

السادة الأساتذة :

د. أحمد المنذلي	الأستاذ في قسم النسخ والتشريح المرضي للفم والأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: التشريح المرضي	عضواً مشرفاً
د. قصي عزيز	الأستاذ المساعد في قسم النسخ والتشريح المرضي للفم والأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: التشريح المرضي	عضواً
د. نبيل قوشجي	الأستاذ المساعد في قسم النسخ والتشريح المرضي للفم والأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: التشريح المرضي	عضواً
د. رانية حداد	المدرسة في قسم تقويم الأسنان والفكين	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: تقويم الأسنان والفكين	عضواً
د. عمر حمادة	المدرس في قسم طب الفم	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: طب الفم	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.

قرار لجنة الحكم على رسالة دكتوراه

الأخوة الزملاء - إخواني الطلبة

بناءً على قانون تنظيم الجامعات الصادر بالقانون رقم ٦/ تاريخ ٢٠٠٦/١/٤ و على المادة ١٦٤/ من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادر بالمرسوم ٢٥٠/ تاريخ ٢٠٠٦/٧/١٠ و على قرار مجلس التعليم العالي رقم ٦٨/ تاريخ ٢٠٠٦/١١/١٦ وقرار مجلس الجامعة رقم ٨/١٤٣٦ تاريخ ٢٠١٠/١/١٥ (المتضمن إجراءات القيد في الدراسات العليا وتشكيل لجان الحكم وإجراءات المناقشة العلنية للرسائل والأطروحات والدفاع عنها ومنح الدرجات العلمية). والمادة الأولى من نظام الدراسات العليا لكلية طب الأسنان التي تهدف إلى إعداد المختصين في مختلف ميادين طب الأسنان ، وتأهيل الطلاب و تزويدهم بمستوى عال من المعرفة في مجال اختصاصهم و النهوض و المشاركة بالبحوث العلمية في مجالات طب الأسنان و في هذه المناسبة نقدم إليكم موضوع رسالة الدكتوراه للباحث د. مهند قزاز من مواليد دمشق ١٩٧٥م حيث تخرج من كلية طب الأسنان جامعة دمشق عام ١٩٩٧م بتقدير جيد جداً وانتسب إلى الدراسات العليا باختصاص النسج والتشريح المرضي وحصل على شهادة الماجستير في عام ٢٠٠٤م بتقدير جيد جداً من جامعة دمشق وسجل موضوع الدكتوراه في جامعة دمشق عام ٢٠١٠م وقضى ثلاث سنوات في تحضير رسالته و كان خلال فترة دراسته مثالا للطلاب النشيط التي يتلعب أموره بكل دقة و مهارة .

قرار لجنة حكم

بناءً على قرار مجلس الشؤون العلمية في جامعة دمشق رقم ١١٠٧/ تاريخ ٢٠١٣/٤/١ المتخذ بالجلسة رقم ١٤ / بالموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الدكتوراه للسيد الباحث مهند قزاز و ذلك من السادة الأساتذة التالية أسماؤهم :



((عضوا))

٢- الأستاذ المساعد الدكتور نبيل قوشجي

((مشرفاً))

١- الأستاذ الدكتور احمد المنديلي

٤- المدرسة الدكتورة رانية حداد

((عضوا))

٣- الأستاذ المساعد الدكتور شريف بركات

((عضوا))

٥- المدرس الدكتور عمر حمادة

و بعد أن تمت مناقشة هذه الأطروحة والإطلاع عليها والدفاع عنها بحضور أساتذة و طلاب الدراسات العليا في كلية طب الأسنان وعدد من المهتمين بالبحث العلمي ، و ذلك في تمام الساعة العاشرة صباحاً من يوم الخميس الواقع في ٢٠١٣/٥/٩م على مدرج كلية طب الأسنان بجامعة دمشق .

عنوان البحث

أثر فعل التحريض الحيوي لليزر على إحداث الامتصاص
بالأنسجة الصلبة أثناء الحركة السنوية التقويمية
(دراسة كيميائية نسيجية مناعية)

و بعد أن تداولت اللجنة في تقويم الأطروحة و الدفاع عنها، فقد قررت اللجنة بالإجماع ما يلي :

علامة الأطروحة (45)	علامة المناقشة و الدفاع (45)	علامة النشر (5)	علامة براءة اختراع (5)	المجموع (100)
٤٤,٤	٤٤,٤	—	—	٨٧

١- منح السيد الباحث مهند قزاز مواليد دمشق ١٩٧٥م درجة الدكتوراه في اختصاص النسج والتشريح المرضي بتقدير امتياز علامة قدرها ٨٧.

٢- يرفع هذا القرار إلى المجالس المختصة للمصادقة عليها اصولاً .

الأستاذ الدكتور
احمد المنديلي

الأستاذ المساعد الدكتور
نبيل قوشجي

الأستاذ المساعد الدكتور
شريف بركات

المدرسة الدكتورة
رانية حداد

المدرس الدكتور
عمر حمادة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"سَنُرِيهِمْ آيَاتِنَا فِي الْأَفَاقِ وَفِي
أَنْفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ الْحَقُّ أَوَلَمْ
يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ
شَهِيدٌ"

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
قُلْ هُوَ اللَّهُ أَحَدٌ

(فصلت 53)

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

الافراد

إِلَى... أُمِّي الْخَنُوءِ

إِلَى..... وَالِدِي الْمَعْطَاءِ

إِلَى..... زَوْجَتِي الْغَالِيَةِ

إِلَى..... أَبْنَائِي الْأَعْزَاءِ

سِرَّةٌ ، حَمْلًا ، مُحَمَّدٌ حَبَابَةٌ

إِلَى..... رِفَاقِ الدَّرَجِ

أَسْمَوَتِي ، أَصْدِقَائِي

إِلَى وَطَنِي الَّذِي أَتُحِبُّ

كلمة شكر

الحمد لله وحده ، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده .

و بعد أن نحمد الله ونشكره أن وفقنا في إنجاز هذا البحث، لا يسعني في البداية إلا أن أتقدم بالشكر والامتنان لأستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور أحمد المنديلي نقيب معلمي جامعة دمشق، وأستاذ النسيج والتشريح المرضي في جامعة دمشق على تفضُّله بقبول الإشراف على هذا البحث وعلى الجهود التي بذلها في سبيل جعل هذا البحث يسير على منهج علمي صحيح، فله مني كل التقدير .

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير للأستاذ الدكتور محمد ناصر الصوّان أستاذ تقويم الأسنان و الفكين في جامعة دمشق على تفضُّله بقبول الإشراف على هذا البحث وعلى الجهود التي بذلها في رعاية هذا البحث كي يخرج بالشكل الأمثل، فله مني كامل التقدير والاحترام.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير للأستاذ المساعد الدكتور نبيل قوشجي رئيس قسم النسيج و التشريح المرضي لما يقدمه من رعاية واهتمام دائمين للبحث العلمي ولتفضله بقبوله المشاركة في تحكيم هذه الرسالة فله مني كل التقدير والعرفان بالجميل.

كما أتوجه بعميق الشكر إلى عضو لجنة الحكم الأستاذ المساعد الدكتور شريف بركات أستاذ النسيج والتشريح المرضي لتفضُّله بقبول المشاركة في تحكيم هذه الرسالة وبذل الوقت والجهد في تدقيقها فله مني كل التقدير .

كما أود أن أشكر المدرسة الدكتور رانية حداد الأستاذة في قسم تقويم الأسنان و الفكين لتفضُّلها بقبول المشاركة في تحكيم هذه الرسالة وبذلها الوقت والجهد في تدقيقها فله مني كامل الاحترام.

- كما أود أن أشكر المدرس الدكتور عمر حمادة الأستاذ في قسم طب الفم الذي تفضل مشكوراً بقبول دعوتنا لشاركنا بأرائه و خبرته في هذا المجال، فله مني جزيل الشكر.

كما أود أن أشكر كلية طب الأسنان ممثلة بالأستاذة العميدة ونائبها الموقرين وذلك للجهود الكبيرة التي يبذلونها لإنجاح مسيرة البحث العلمي في الكلية، وأساتذتها و العاملين فيها أخص بالذكر الأستاذ الدكتور حسين أبو حامد والأستاذ الدكتور قصي عزيز الذان لم يبخلا بإغناء البحث بنصائحهما على صعيد العمل المخبري، و السيد ناصر كاتبي لما قدمه من خبرة في المجال العملي.

كما أود أن أخص بالشكر أساتذة و طلاب قسم تقويم الأسنان و الفكين في مركز أديب اللحم – مديرية صحة دمشق لإعطائي الدعم الكافي لإنجاز هذا البحث.

وفي الختام ، أتوجه بكل الشكر والامتنان إلى كل من ساهم في إنجاز هذا العمل ومد لي يد العون .

مهند

قائمة المحتويات

الصفحة

9	قائمة الجداول
11	قائمة المخططات البيانية
12	قائمة الأشكال التوضيحية
16	قائمة الاختصارات
17	الباب الأول: المراجعة النظرية
18	1. المقدمة
21	1. 2. النسيج ما حول السنينة
	1. 2. 1. اللثة
	1. 2. 2. الرباط حول السنينة
	1. 2. 3. الملاط الجذري
	1. 2. 4. العظم السنخي
28	1. 3. الهجرة السنينة الفيزيولوجية
30	1. 4. الحركة السنينة التقويمية
	1. 4. 1. الاستجابة السريرية التالية لتطبيق القوة التقويمية
	1. 4. 2. الاستجابة النسيجية التالية لتطبيق القوة التقويمية
	1. 4. 1. 1. الاستجابة النسيجية الحادثة على جانب الضغط
	1. 4. 1. 2. الاستجابة النسيجية الحادثة على جانب الشد
40	1. 5. النظريات المفسرة للحركة السنينة التقويمية
43	1. 6. الآليات الخليوية والجزيئية
46	1. 7. العوامل المؤثرة في الحركة السنينة التقويمية
48	1. 8. تسريع الحركة السنينة التقويمية
51	1. 9. الامتصاص الجذري
	1. 9. 1. العوامل المؤهبة لامتصاص الجذور
58	1. 10. الليزر
58	1. 10. 1. لمحة تاريخية
59	1. 10. 2. أساسيات الليزر
60	1. 10. 3. بنية الليزر

61	1. 10. 4. خواص الشعاع الليزري
61	1. 10. 5. أنواع الليزر
62	1. 10. 1.5. الليزر نصف الناقل
64	1. 10. 6. نمط إصدار الليزر
64	1. 10. 7. أمان الليزر
67	1. 10. 8. التفاعلات بين الليزر والنسيج
68	1. 10. 9. الأطوال الموجية المستخدمة في طب الأسنان
69	1. 10. 10. العلاج بالليزر منخفض الطاقة
70	1. 10. 10. 1. التأثيرات الخلوية لليزر منخفض الطاقة
73	1. 10. 11. إجراءات السلامة والأمان عند استخدام الليزر
75	1. 11. الدراسات السابقة
81	الباب الثاني : الهدف من البحث
83	الباب الثالث: مواد وطرائق البحث
84	3. 1. عينة الدراسة
86	3. 2. مواد البحث
86	3. 2. 1. جهاز الليزر
88	3. 2. 2. عناصر الجهاز التقويمي
88	3. 2. 3. لزوم العمل المخبري
89	3. 2. 4. مواد الدراسة النسيجية
90	3. 3. طرائق البحث
90	3. 3. 1. تطبيق الجهاز التقويمي
93	3. 3. 2. التشيع بالليزر
95	3. 3. 3. التضحية بحيوانات التجربة
96	3. 3. 4. تحضير العينات لإجراء الدراسة النسيجية
107	3. 4. الدراسة الإحصائية
109	الباب الرابع: النتائج
110	4. 1. التقييم النسيجي للتلوين التقليدي بالهيماتوكسلين – إيوزين
113	4. 2. نتائج الدراسة المناعية الكيميائية النسيجية
113	4. 2. 1. نتائج الدراسة المناعية الكيميائية النسيجية لتلوين الـ PCNA
122	4. 2. 2. نتائج الدراسة المناعية الكيميائية النسيجية لتلوين الـ TRAP
123	4. 2. 2. 1. دراسة عدد الخلايا الكاسرة للعظم
128	4. 2. 2. 2. دراسة عدد الخلايا الكاسرة للملاط

130	 4. 2. 3. دراسة الضياع المادي لسطح الجذر
134	 4. 2. 4. دراسة درجة التكاثف الملاطي الجديد
142	 4. 2. 5. دراسة وجود رشاحة التهابية مزمنة
157	 الباب الخامس: المناقشة
162	5. 1. مناقشة نتائج الفحص النسيجي بالتلوين التقليدي بالهيماتوكسيلين - إيوزين
	5. 2. مناقشة نتائج التلوين الكيميائي المناعي النسيجي
164	5. 2. 1. مناقشة تعبيرية الـ PCNA
	5. 2. 2. مناقشة تعبيرية الـ TRAP
171	 الباب السادس: الاستنتاجات
173	 الباب السابع : المقترحات والتوصيات
175	 الباب الثامن: المراجع
195	الملخص باللغة العربية
199	الملخص باللغة الانكليزية

قائمة الجداول

رقم الجدول	مضمون الجدول	الصفحة
1.	تأثير الأطوال الموجية المختلفة على عملية التحريض الحيوي	71
2.	الدراسات السابقة مقارنة مع الدراسة الحالية	80
3.	المواصفات التقنية لجهاز الليزر المستخدم	87
4.	درجات الضياع المادي لسطح الجذر ودرجات التكاثر الملاطي الخلوي الجديد المعتمدة في عينة البحث والقيم الموافقة المعطاة	107
5.	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لتعبيرية الـ PCNA في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	114
6.	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط تعبيرية PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.	115
7.	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	116
8.	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	118
9.	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.	120
10.	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لعدد الخلايا الكاسرة للعظم في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	124
11.	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات الأربع في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	125
12.	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	126
13.	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لعدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	128
14.	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط بين المجموعات الأربع في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	129

131	نتائج تحديد درجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	15.
133	متوسط الرتب لدرجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.	16.
134	نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر بين المجموعات الأربع في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	17.
134	نتائج تحديد درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	18.
136	متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.	19.
137	نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	20.
138	نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً بين المجموعات في عينة البحث	21.
139	متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمجموعة المدروسة.	22.
140	نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة (بعد 3 أيام، بعد 14 يوماً، بعد 21 يوماً) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.	23.
141	نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية المدروسة، وذلك في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث.	24.
143	نتائج تحديد وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	25.
144	نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة	26.

قائمة المخططات البيانية

الصفحة	مضمون المخطط البياني	رقم المخطط
85	النسبة المئوية لتوزيع حيوانات التجربة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة	1.
85	النسبة المئوية لتوزيع حيوانات التجربة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	2.
115	المتوسط الحسابي لنسبة وجود (تعبيرية) PCNA في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	3.
124	المتوسط الحسابي لعدد الخلايا الكاسرة للعظم في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	4.
129	المتوسط الحسابي لعدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة	5.
132	النسبة المئوية لنتائج تحديد درجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	6.
133	متوسط الرتب لدرجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	7.
135	النسبة المئوية لنتائج تحديد درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	8.
136	متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة	9.
140	متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمجموعة المدروسة	10.
143	النسبة المئوية لوجود رد الفعل الالتهابي المزمن في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية	11.

قائمة الأشكال التوضيحية

رقم الشكل	مضمون الشكل	الصفحة
1.	المراحل السريرية الثلاث للحركة السنوية التقويمية	31
2.	الآلية الناعمة لعملية تشكل و تمايز الخلايا الكاسرة للعظم	45
3.	سعة وطول الموجة الضوئية	60
4.	الأجزاء المكونة لجهاز الليزر	61
5.	التفاعلات بين الليزر و النسيج	68
6.	الأطوال الموجية المستخدمة في طب الأسنان	68
7.	حيوانات التجربة ضمن الحواضن الخاصة	86
8.	جهاز الليزر المستخدم	87
9.	النظارات الواقية للعين الخاصة بالجهاز	87
10.	عناصر الجهاز التقويمي	88
11.	مادة زيلازين هيدروكلوريد	88
12.	مادة كيتامين هيدروكلوريد	88
13.	الجهاز التقويمي المستخدم	92
14.	عملية التخدير بالبيروتان	93
15.	تطبيق المرهم العيني	93
16.	عملية التشعيع بالليزر	94
17.	طاولة العمل أثناء جلسة التشعيع بالليزر	95
18.	الفك العلوي بعد الاستئصال	95
19.	عدد من العينات المستأصلة قبل الغمر بالبارافين وبعد الغمر بالبارافين	97
20.	حمامات الكحول و الكزيلول .	97
21.	فرن صهر الشمع و الإدماج	97
22.	بعض العينات ضمن القوالب الشمعية	97
23.	المجهر المستخدم في البحث	101
24.	الشرائح الزجاجية المستخدمة لوضع العينات عليها	101
25.	المحم المائي لفرش العينات النسيجية	102
26.	المبشرة النسيجية	102
27.	الفرن المستخدم	102

102	السخان المستخدم	28.
102	أ ، ب حمامات الكحول و الكزبلول المستخدمة في عملية التلوين	29.
103	الهيماتوكسلين و الإيوزين المستخدمان في التلوين التقليدي	30.
103	قلم تحديد	31.
103	الممص المستخدم لتطبيق المواد	32.
103	أ، ب نظام التلوين Tandem IHC Detection Kit I antibody من شركة EPITOMICS	33.
103	سائل استرجاع المستضد	34.
103	يبيّن المكرويف المستخدم لتسخين الشرائح المغمورة ضمن سائل استرجاع المستضد	35.
104	أ- المسحوق الدارئ (TBST) من شركة Dako، يتم حل الظرف في 1 لتر من الماء المقطر . ب- الشرائح المغمورة ضمن المحلول الدارئ بغرض الغسيل .	36.
104	غسل الشرائح بواسطة المحلول الدارئ TBST.	37.
104	يبيّن السلات المستخدمة في مراحل التلوين المناعي	38.
104	: أ-البيروكسيداز الداخلي. ب- الشرائح المطبق عليها البيروكسيداز الداخلي لمدة خمسة دقائق.	39.
105	أ- الضد TRAP من شركة سانتا كروز الأمريكية. ب- الضد PCNA من شركة داکو Dako الدنماركية	40.
105	تطبيق الضد الأولي (PCNA و TRAP) على العينات النسيجية باستخدام الممص من شركة eppendorf	41.
105	أ- عيوتي الـ DABa و DABb . ب- تمديد الـ DAB .	42.
106	الشرائح المطبق عليها DAB .	43.
106	شرائح الدراسة بعد التلوين التقليدي و التلوين المناعي PCNA و TRAP	44.
146	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن الخلايا الكاسرة للعظم ضمن فجوات الامتصاص على طول جدار العظم السنخي (تكبير X10)	45.
146	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى (السهم) ضمن فجوات الامتصاص (تكبير X40)	46.
146	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن غزارة وجود الخلايا الكاسرة للعظم على طول جدار العظم السنخي في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X4)	47.
147	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن عدد من الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى (تكبير X40)	48.
147	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبيّن عدد من الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى على سطح العظم المقابل للرباط و كذلك ضمن المسافات النقيوية (تكبير X40)	49.
147	صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن الخلايا الكاسرة للعظم ضمن فجوات الامتصاص (تكبير X40)	50.

148	51. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسولين -إيوزين) تبين نشاط الخلايا المولدة للعظم مع توضع عظم جديد في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)
148	52. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين امتطاط الألياف الكولاجينية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 3 أيام (تكبير X40)
148	53. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين توضع طبقات من العظم الجديد نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 21 يوماً (تكبير X40)
149	54. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين تمسك في طبقة الملاط نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 21 يوماً (تكبير X40)
149	55. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين إعادة إنظام الرباط حول السني مع توضع طبقات من العظم نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)
149	56. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فرط التكاثر الملاطي الخلوي في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)
150	57. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فرط التكاثر الملاطي الخلوي في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)
150	58. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فجوة امتصاص جذري كبيرة ضمن طبقة الملاط في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X40)
150	59. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فجوات امتصاص جذرية متعددة مع وجود الخلايا الكاسرة للملاط في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X40)
151	60. صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فجوة امتصاص جذري مع وجود خلية كاسرة للملاط متعددة النوى في المجموعة الثالثة بعد 14 يوماً (تكبير X40)
151	61. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)
151	62. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)
152	63. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)
152	64. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)
152	65. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 14 أيام من تطبيق القوة
153	66. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 14 أيام من تطبيق القوة
153	67. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)
153	68. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 21 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)
154	69. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 21 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)
154	70. صورة نسيجية تبين تعبيرية PCNA في المجموعة الثانية (ليزر فقط دون تطبيق قوة) بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)

154	صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في منطقة الشد من الرباط حول السني للمجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)	.71
155	صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 21 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)	.72
155	صورة نسيجية تبيّن اصطباج هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ TRAP (تكبير X40)	.73
155	صورة نسيجية تبيّن اصطباج هيولى الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى و سليفتها وحيدة النوى بتلوين الـ P (تكبير X40)	.74
156	صورة نسيجية تبيّن تعبيرية الـ TRAP (تكبير X40)	.75
156	صورة نسيجية تبيّن اصطباج هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ TRAP (تكبير X40)	.76
165	صورة نسيجية تبيّن اصطباج هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ TRAP (تكبير X40)	.77

قائمة الاختصارات

الصفحة	الاختصار	
18	PGE2	Prostaglandin E2
20	PCNA	Proliferating Cell Nuclear Antigen
20	TRAP	Tartrate Resistant Acid Phosphatase
43	TNF	Tumer Necrosis Factor
43	RANK	Receptor Activator of the Nuclear factor Kappa B
43	RANKL	Receptor Activator of the Nuclear factor Kappa B Ligand
43	OPG	Osteoprotegerin
45	M-CSF	Macrophage colony-stimulating factor
49	NLA	Nitro-Larginine
59	LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
69	LLLT	Low Level Laser therapy
62	Ga-Al-As	Gallium-Aluminum-Arsenide
96	EDTA	Ethylene Diamine – Tetra – Acetic Acid

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature Review

1.1. المقدمة Introduction :

بعد مضي أكثر من مئة عام على إحداث أول حركة سنّية تقويمية و رصد التغيرات النسيجية المرافقة في كلتا منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السنّ من قبل الباحث sandstedt (1904)، تعاقبت الأبحاث من قبل العديد من الباحثين حيث ركّز معظمهم على دراسة التغيرات النسيجية الحادثة والقوى التقويمية المثالية و دراسة تغير رد الفعل النسيجي بتغير نوعية وشدة القوى التقويمية المطبقة

(Reitan and Kvam, 1971, Rygh, 1976)، تم التركيز مؤخراً على المستوى الجزيئي و الخلوي من خلال دراسة الخلايا المسببة للحركة السنّية بشكل أكثر دقة و دراسة آلية تمايزها و الوسائط الكيميائية التي تتوسط آلية الامتصاص و التوضع العظمي المرافقة للحركة السنّية التقويمية (Cheung et al., 2003).

على صعيد آخر، سعى الباحثون إلى تقليص مدة المعالجة التقويمية لتجنب الاختلاطات التالية لفترة المعالجة الطويلة الأمد من خطر حدوث الامتصاص الجذري، والالتهابات اللثوية، والنخور السنّية (Kawasaki and Shimizu, 2000)، مما دفع بعضهم إلى محاولة إيجاد وسيلة لتسريع الحركة السنّية التقويمية دون إحداث أذية بالأنسجة الداعمة للأسنان، وبالتالي فقد أجريت العديد من الأبحاث السريرية والنسيجية تناولت العديد من التقنيات الجراحية وغير الجراحية كان الهدف منها التسريع من معدل حركة الأسنان التقويمية وذلك من خلال التأثير على معدل إعادة التشكل العظمي اللازم لحركتها، يُذكر منها حقن عدة مواد دوائية مثل البروستاغلاندين 2 (PGE2) (Yamasaki et al., 1980)، كذلك حقن مادة [1,25-(OH)₂D₃] Dihydroxycholecalciferol (Takano-Yamamoto, 1992) وكذلك استخدام الهرمون نظير الدرق (PTH) (Soma, 1997)،

لكن غالباً ما تسبب هذه الطرق بالعموم ألماً موضعياً وامتصاصاً للجذور (Kawasaki and Shimizu, 2000).

استدعى هذا الأمر التفكير بالاستفادة من الفعل التحريضي الحيوي لليزر منخفض الطاقة وهو الليزر القادر بفضل مواصفات خاصة على إحداث ما يسمى بالتحريض الحيوي Biostimulation للخلايا المشاركة بالحركة السننية التقويمية لأمرين: الأول طول الموجة التي بحدود 810 نانومتر القريب من طيف الأمواج تحت الحمراء، القادر على النفوذ الجيد ضمن الأنسجة الحية، و الأمر الثاني هو امتلاكه طاقة منخفضة قادرة على إنتاج ردود أفعال حيوية ضمن الخلايا المتعرضة له (Pinheiro et al., 2003)، خاصة بعدما ثبتت فائدته في الحقل الطبي في مجالات عديدة ابتداءً من شفاء الجروح (Kana et al., 1981)، وتحفيز تشكل و ترميم الألياف الكولاجينية (Abergel et al., 1984)، كذلك تنشيط تجدد وترميم الأعصاب (مثل العصب الوجهي) (Anders et al., 1993)، كما ثبتت فعاليته على النسيج العظمي بالخاصة بتسريع شفاء الأجواف السنخية الناتجة عن قلع الأسنان (Takeda, 1988)، كذلك تسريع عملية الاندماج العظمي التالية لتطبيق الزراعات السننية (Khadra et al., 2004). وأخيراً تمت دراسة فعالية الليزر منخفض الطاقة على تسريع الحركة السننية التقويمية في دراسات متعددة أجريت سريرياً على المرضى الخاضعين لمعالجة تقويمية أو على حيوانات التجربة، تضاربت نتائجها بين فعالية واضحة في زيادة سرعة الحركة السننية التقويمية (Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2008, Youssef et al., 2008,)، وبين عدم وجود فعالية حقيقية لاستخدام الليزر أثناء الحركة السننية التقويمية (Gordjestani et al., 1994, Limpanichkul et al., 2006)، من هنا حرصت الدراسة التجريبية الحالية على تحري فعالية الليزر

منخفض الطاقة على زيادة معدل إعادة التشكل العظمي Bone Remodeling أثناء إحداث حركة سنّية تقويمية، وذلك من خلال رصد الفعالية التكاثرية الخلوية في منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السنّ بإجراء التلوين النسيجي الكيميائي المناعي (PCNA) Proliferating Cell Nuclear Antigen، ومدى فائدة ذلك في اختصار مدة المعالجة التقويمية.

بما أن الخطوة الأولى في الحركة السنّية التقويمية هي الامتصاص العظمي Bone Resorption بواسطة نشاط الخلايا الكاسرة للعظم Osteoclasts، حيث أظهرت دراسة لـ Ren ظهور هذه الخلايا متعددة النوى في منطقة الضغط من الرباط حول السنّ بعد 17-20 ساعة من تطبيق القوة التقويمية في إطار إحداث حركة سنّية تقويمية عند الجرذان (Ren et al., 2004)، لذا فمن الأهمية بمكان دراسة مدى تأثير الليزر منخفض الطاقة على زيادة عدد و نشاط هذه الخلايا الكاسرة للعظم وأروماتها من خلال وسمها بتلوين خاص Tartrate Resistant (TRAP) Acid Phosphatase الذي يعتبر التلوين المناعي الكيميائي النسيجي الأكثر استعمالاً للتعرف على المستضدات الهيولية في هذه الخلايا. (Ren et al., 2005)

وبما أن الامتصاص الجذري الخارجي External Root Resorption الناتج عن الحركة السنّية التقويمية، هو أكثر الاختلاطات المصاحبة للمعالجة التقويمية شيوعاً، فقد حرصت الدراسة الحالية على تقييم أية زيادة أو نقصان في معدل الامتصاص الجذري عند استخدام الليزر منخفض الطاقة بهدف تسريع الحركة السنّية التقويمية، خاصة أنه لا توجد دراسات أو أبحاث تناولت ذلك مسبقاً، وذلك عن طريق دراسة عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط، ووجود أي ضياع مادي لسطح الجذر، و دراسة درجة التكاثر الملاطي الجديد، ووجود أي رد فعل التهابي مزمن.

1.2. النسيج ما حول السنية Periodontium

تحدث أثناء الحركة السنية تغيرات متفاوتة الشدة في النسيج حول السنية أي اللثة والرباط حول السني و الملاط الجذري والعظم السنخي. تعتمد شدة وطبيعة هذه التغيرات على مقدار واتجاه ومدة تأثير القوة المطبقة على الأسنان بالإضافة إلى عمر المريض. (Proffit et al., 2007)

لهذا السبب لابد من تقديم وصف مختصر لصفات النسيج حول السنية في الحالة السوية .

1.2.1 اللثة Gingiva

تقسم اللثة تشريحياً إلى اللثة الحرة واللثة الملتصقة، إضافة إلى اللثة الحليمية بين السنية. تكون اللثة الحرة بتماس مباشر قوي مع السطح المينائي وتتوضع حافتها إلى الناجي من الملتقى المينائي الملاطي (CEJ)، أما اللثة الملتصقة فتتربط بشدة مع العظم السنخي الموجود تحتها بواسطة ألياف من النسيج الضام، لذلك تكون نسبياً غير قابلة للحركة immobile بالنسبة للنسيج الواقع تحتها. (Lindhe, 1989)

يتألف العنصر النسيجي الأساسي من ألياف الغراء (الكولاجين)، حيث يشكل حوالي 60% من حجم أو كتلة النسيج الضام اللثوي، وخلايا صانعات الليف التي تشكل 5% أما الأوعية الدموية والأعصاب والمادة الأساسية فتشكل ما يقارب نسبة 35% من النسيج الضام اللثوي. تتدخل صانعات الليف في عملية تشكيل مختلف أنماط الألياف الموجودة في النسيج الضام وتلعب دوراً هاماً في تركيب القالب العضوي أو المادة الأساسية للنسيج الضام، الوحدة الأساسية المكونة لألياف الغراء (الكولاجين) تعرف باسم " جزيئة التروبوكولاجين Tropocollagen molecule " ويتم تركيبها ضمن خلايا صانعات. (Graber et al., 2005)

تميل ألياف الغراء عموماً إلى التوضع بشكل مجموعة حزم تأخذ اتجاهات محددة، وتوفر التوتر والمرونة، وهما خاصيتان ضروريتان للحفاظ على الشكل الهندسي للنسيج اللثوي وعلى سلامة الارتباط اللثوي السني، تُقسم حزم الألياف الغرائية ضمن اللثة إلى المجموعات التالية :

1 . الألياف الدائرية Dentogingival (CF) : تعبر اللثة الحرة وتحيط بالسن بشكل سوار .

2. الألياف اللثوية السنية Dentogingival (DGF) : تكون منظمرة ضمن الملاط وتمتد من الملاط بشكل مروحي نحو اللثة الحرة .

3. الألياف السمحاقية السنية Dentoperiosteal (DPF): تنتهي ضمن اللثة الملتصقة.

4. الألياف بين الحاجزية Transseptal (TF): تسير بشكل مستقيم عبر الحاجز بين السني وتتدخل ضمن الملاط للسن المجاورة، ولذلك تدعى أيضاً بالألياف المعترضة. (Berkovitz et al., 2009)

1 . 2 . 2 . الرباط حول السني periodontal Ligament :

1 . 2 . 2 . 1 البنية التشريحية والوظيفية:

يَتراوح عرض الرباط حول السني حوالي 0.25 ملم، ويتكون بشكل أساسي من نسيج ضام كثيف مرتب غني بالخلايا والأوعية، يحيط بجذور الأسنان ويؤمن الاتصال بين الملاط الجذري والصفحة القاسية Lamina Dura أو الجدار السنخي الداخلي، يكون الرباط حول السني - في الاتجاه التاجي - مستمراً مع الصفحة الخاصة للنسيج اللثوي وينفصل عن اللثة بحزم من الألياف الغرائية، التي تصل بدورها بين القنزعة السنخية وجذر السن (ألياف القنزعة السنخية). يمكن القول أنه بوجود الرباط السني يصبح من السهل توزيع وامتصاص القوى المتولدة أثناء المضغ باتجاه النتوءات السنخية على الجدار السنخي الداخلي أو العظم السنخي بالخاصة،

كما يعد الرباط عنصراً ضرورياً وأساسياً لحدوث الحركة السننية التقويمية. (Grabner et al., 2005)

ينشأ الرباط حول السن مع الملاط الجذري في المرحلة الجنينية على حساب الجريب follicle الذي يحيط ببرعم السن ، ويحدث تشكل ونمو الألياف الرباطية الرئيسية بشكل مرافق لبزوغ السن، يتبدل اتجاه حزم الألياف الغرائية بشكل مستمر حتى اكتمال جميع مراحل البزوغ السريري للسن. ففي البداية وبعد اكتمال بزوغ الأسنان ودخولها بشكل فعلي في الوظيفة الإطباقية تنتظم حزم الألياف الرباطية الرئيسية وفق المجموعات التالية:

1. ألياف القنزعة السنخية Alveolar Crest.

2. الألياف الأفقية Horizontal.

3. الألياف المائلة Oblique.

4. الألياف الذروية Apical.

5. الألياف بين الجذرية.

تتصف كل حزمة من الألياف الغرائية الرباطية بمسار تموجي غير مستقيم، وهذا ما يسمح للسن بالحركة ضمن سنخها (الحركة السننية الوظيفية). (Avery and Chiego, 2006)

مع أن الألياف الغرائية تشغل معظم المسافة الرباطية حول السننية، إلا أن هذا النسيج المتميز يحتوي عنصرين آخرين رئيسيين يلعب كل منهما دوراً هاماً أثناء الوظيفة الطبيعية للأسنان وكذلك أثناء الحركة السننية التقويمية، هذان العنصران هما الخلايا والسوائل النسيجية، فالنسيج الرباطي المحيط بالسن يحوي مجموعة كبيرة من الخلايا الجنينية غير المتميزة إضافة إلى خلايا ضامة أساسية هي صانعات العظم وصانعات الليف، حيث تقوم صانعات الليف بأداء دور هام جداً أثناء ظاهرة التجدد وإعادة البناء التي تحدث على مستوى الألياف الرباطية. تكون هذه الخلايا مسؤولة

عن توليد المواد الأساسية المكونة للكولاجين وفي الوقت ذاته تكون قادرة على تخريب الألياف الغرائية القديمة أو الكهلة، كذلك تتمتع الخلايا صانعات الليف الموجودة ضمن الرباط حول السني بخصائص مماثلة لصانعات العظم التي تساهم في تشكيل النسيج العظمي الحديث وتتمايز عن مجموعات خلوية ضامة ميزانشيمية موجودة ضمن الرباط حول السني. (Bumann et al., 1997)

يحتوي الرباط أيضاً على خلايا كاسرة للعظم Osteoclasts وهي خلايا متخصصة تكون مسؤولة عن امتصاص النسيج العظمي والملاطي . تتصف هذه الخلايا الهادمة للنسج المتمعدنة بأنها متعددة النوى Multinucleated وذات شكل مغاير تماماً لصانعات العظم أو الملاط التي تُعنى بتشكيل العظم أو الملاط. تنشأ الخلايا كاسرات العظم من خلايا الجهاز وحيدات النوى و البالعات الكبيرة Monocyte-Macrophage System. (Yokoya et al., 1997)

مع أن التروية الدموية محدودة نسبياً ضمن الرباط حول السن، إلا أنه يحتوي أوعية دموية وخلايا ناتجة عن الجملة الوعائية بالإضافة إلى النهايات العصبية : نهايات حرة مسؤولة عن الإحساس بالألم والمستقبلات الأكثر تعقيداً المسؤولة عن الإحساس والضغط الذاتي العميق، كذلك يحتوي النسيج الرباطي على سوائل مشابهة لتلك التي توجد ضمن جميع النسج الحية الأخرى وتكون ناتجة عن الجملة الوعائية ، تضيف هذه السوائل الموجودة ضمن المسافة الرباطية على هذا النسيج خاصية امتصاص الصدمات التي يتمتع بها الرباط حول السني أثناء الوظيفة الطبيعية. (Proffit et al., 2007)

1. 2. 2 دور الرباط في تثبيت الأسنان ويزوغها:

تعتمد آليات البزوغ السني على مجموعة من الحوادث الاستقلابية Metabolic التي تحدث ضمن الرباط حول السني والتي تتضمن بشكل أساسي تشكل روابط معترضة بين الألياف الغرائية الرباطية و تقاصرها النضوجي. (Marks, 1995) تتضمن آلية التثبيت الفعال Active Stabilization الذي يتمتع بها النسيج الرباطي في الحالة الطبيعية وجود مستوى أدنى أو عتبة Threshold بحيث أن القوى التي تقع شدتها وفترة تأثيرها دون هذه العتبة لن تؤدي إلى أي حركة سنية ملموسة، وعلى ضوء بعض الدراسات الحالية تقدر شدة القوة المديدة التي تستطيع مقاومتها آلية التثبيت الفعال التي يبديها النسيج الرباطي بحدود 5 - 10 غ / سم². (Proffit et al., 2007)

1. 2. 3 الملاط الجذري Root Cementum

الملاط الجذري هو نسيج متمعدن متخصص، يغطي سطح الجذر السني ويشترك مع النسيج العظمي بعدة خصائص وصفات، ويختلف عنه بخصائص أخرى، فالملاط لا يحوي أوعية دموية أو تعصياً خاصاً به ولا يخضع لامتصاص وظيفي (فيزيولوجي) أو عملية إعادة تشكيل أو تجديد بنيوي، إلا أن الملاط يتميز بأنه يخضع طيلة الحياة لعملية توضع بشكل طبقات جديدة من النسيج الملاطي التي تترسب بشكل مستمر طيلة العمر. حيث تزداد ثخانة الملاط مع تقدم العمر وتبلغ ذروتها عند الجزء الذروي للسن. (Graber et al., 2005)

يحدث في البداية، أثناء تشكل الجذر، تشكل الملاط الأولي، ولكن بعد بزوغ السن وخضوعه للقوى الوظيفية يتشكل الملاط الثانوي الذي يتصف بأنه يحوي خلايا على عكس الملاط الأولي الليفي أو غير الخلوي، وفي الفترة الموافقة لعملية التشكل المستمر للملاط الأولي تنطمر أجزاء من الألياف الرباطية المجاورة لسطح الجذر ضمن هذا النسيج المتمعدن، هذه الألياف الرباطية التي تخترق النسيج الملاطي

تعرف باسم ألياف شاربي Sharpey's Fibers وتشكل استمرارية لحزم الألياف الغرائية الرباطية المنشأ. (Nanci and Ten Cate, 2008)

تردد ثخانة الملاط المتوضع على سطح الجذر بآلية توضع تدريجية تحدث طيلة الحياة وتكون أكثر وضوحاً على مستوى الجزء الذروي لجذر السن منها على مستوى المنطقة العنقية. (Ten Cate, 1989)

يتصف الملاط أيضاً بأنه - على نقيض العظم - نسيج مقاوم للامتصاص بسبب قلة التروية الدموية الخاصة به ووجود طبقة النسيج المشبه بالملاط Cementoid الناقصة التكلس والمغطية لسطح الجذر. كما تعزى مقاومة الملاط للامتصاص إلى عاملين إضافيين هما : ارتفاع تركيز الفلور ضمن بنية الملاط ووجود الألياف الغرائية الرباطية الناضجة المحيطة بطبقاته السطحية والتي تشكل طبقة مَعِيقَة لآلية الامتصاص التي قد تصيب النسيج الملاطي .

لكن مع ذلك يكون معدل الامتصاص الذي يصيب الملاط مرتفعاً بشكل نسبي عند الثلث الذروي للجذر، ويتظاهر مجهرياً بشكل فجوات دقيقة تكون مرتبطة بالهجرة السنية الوظيفية. هذه الفجوات الامتصاصية الملاطية الجذرية تخضع لعملية ترميم وشفاء في الحالات الطبيعية. (Graber et al., 2005)

1. 2. 4. العظم السنخي Alveolar Bone

يُحيط العظم السنخي بالسن لمستوى يتوضع تقريباً إلى الأسفل من الملتقى المينائي الملاطي بحوالي 1 ملم، ويعرّف الجزء من العظم السنخي الذي يغطي سنخ السن من الداخل باسم الصفيحة القاسية Lamina Dura أو العظم السنخي بالخاصة أو الصفيحة المثقبة (الغريالية). تتدخل الألياف الرئيسية للرباط حول السني ضمن هذا العظم السنخي لذلك يعرف أيضاً باسم العظم الحزمي Bundle Bone، ولهذا السبب يكون العظم الحزمي متمسكاً بمجموعة من الخصائص المشابهة وظيفياً وبنوياً لطبقة الملاط غير الخلوي المغطية لجذر السن. (Graber et al., 2005)

يخضع العظم السنخي بشكل مستمر لعملية تجدد كاستجابة للمتطلبات الوظيفية ، حيث تتدخل صانعات العظم Osteoblasts وكاسرات العظم Osteoclasts بشكل فعلي في عمليات التوضع والامتصاص العظمي، وتكون مسؤولة بالتالي عن ظاهرة إعادة تشكل النسيج العظمي Bone Remodeling. (King et al., 1991)

يؤدي نشاط صانعات العظم إلى تشكيل نسيج عظمي فتي يعرف باسم طليعة العظم Osteoid يتألف هذا النسيج من ألياف الكولاجين وال قالب العضوي خارج الخلوي Matrix الذي يتألف بشكل أساسي من البروتينات السكرية والسكريات البروتينية. يتصف النسيج المشبه بالعظم، على خلاف النسيج العظمي المتكلس والناضج، بمقاومته للامتصاص العظمي المرتبط بنشاط كاسرات العظم. تندمج الخلايا وحزم الألياف الغزائية خلال عملية تكلس القالب العضوي للعظم ويكتسب العظم صفة العظم الحزمي. وبعد نضوج هذا العظم ووصوله إلى ثخانة محدّدة يتم تحول جزء من العظم الحزمي إلى عظم صفيحي Lamellated Bone. يُغطّى النسيج العظمي بطبقة سطحية تعرف باسم السمحاق Periosteum تتميز اعتماداً على النسيج الضام المحيط بالعظم أثناء تشكّله الجنيني. يحوي السمحاق على خلايا ضامة ذات خواص مماثلة لصانعات العظم لكنها تكون قادرة على التكاثر والنشاط تحت تأثير عوامل ميكانيكية. (Graber et al., 2005)

فإذا تجاوز الضغط المؤثر على السمحاق عتبة معينة يحدث انخفاض في التغذية الدموية لهذه الخلايا الفتية ضمن السمحاق وتتوقف عملية التشكيل العظمي، أما في حال تعرض السمحاق لدرجة معينة من قوى الشد فإنه يستجيب بتوليد طبقات جديدة من العظم، لهذا السبب يستمر السمحاق في أداء وظيفته المولدة للعظم طيلة الحياة ، لكن قدرته التجديدية تكون في أوجها عند الأطفال والشباب وتتناقص بدرجة ملحوظة مع تقدم العمر.

1. 3 الهجرة السنية الوظيفية Physiologic Tooth Migration

لوحظت حركة الأسنان الوظيفية لأول مرة من قبل العالمان Stein و Weinmann عام 1925 حيث لاحظا حركة للأرحاء بالاتجاه الأنسي عند البالغين. لا تقتصر الاستجابات النسيجية التي تشاهد على مستوى النسيج الداعمة للأسنان على الحركة السنية التقويمية، بل تشاهد أيضاً - وإن بدرجة أقل وبنمط مختلف نسبياً- أثناء الحركة البزوغية الفعالة للأسنان وكذلك أثناء الهجرة الوظيفية للأسنان أو الحركة التي تتعرض لها الأسنان بعد قلع إحدى الأسنان المجاورة أو المقابلة لها، فالبزوغ السني يتضمن جملة من الحركات الفراغية التي تخضع لها كل سن حتى وصولها إلى مستوى الإطباق الطبيعي وتحقيق التماس والتشابك الطبيعي مع الأسنان المقابلة لها. لكن الحركات البزوغية للسن تستغرق فترة وجيزة جداً من حياة الفرد على عكس الهجرة أو حركة الانسلاخ الوظيفية التي تتعرض لها الأسنان طيلة الحياة وأثناء وجودها ضمن الحفرة الفموية. هذه الحركة الانزياحية التي تخضع لها الأسنان بشكل وظيفي طيلة العمر تكون عند الانسان باتجاه الأنسي أو الأمام، على حين أنها تكون ذات محصلة وحشية أو خلفية عند القوارض. (Reitan and Kvam, 1971)

- لا تزال الأسباب الحقيقية المؤدية إلى الهجرة السنية الوظيفية غير معروفة حتى الآن لكن العوامل التي قد تساهم في حدوثها عديدة ومتنوعة أهمها :
- 1 (الانسحال الذي يطرأ على السطوح الملاصقة للأسنان) والذي يؤدي في بعض الحالات إلى خسارة مسافة تتراوح بين 8-10 ملم من طول القوس السنية)
 - 2 (الضغط المتولد عن العضلات والنسيج الرخوة حول الفموية.
 - 3 (محصلة قوى الإطباق السني التي تكون باتجاه أمامي أو أنسي.
 - 4 (تقلص الألياف الرباطية بين السنية أو فوق السنخية.

5) بزوغ الأرحاء الأخيرة وبشكل خاص الأرحاء الثالثة .

أثناء الهجرة الوظيفية للأسنان يبدي النسيج العظمي ظاهرة وظيفية تدّخل تحت مفهوم الاستتباب الهيكلي Skeletal Homeostasis ويمكن اختصارها على الشكل التالي : تميل كل استطالة عظمية بشكل دائم للحفاظ على ثخانة شبه ثابتة، لذلك عندما يحدث امتصاص على أحد سطوح هذه الاستطالة أو القشرة العظمية فإنه يتزافق بتوضع عظمي معاوض يحدث على الجانب الآخر أو المقابل للاستطالة ذاتها. لهذا السبب يلاحظ على محيط السنخ السني أثناء الحركة الانزياحية التي تتعرض لها الأسنان وأنسجتها الداعمة في سياق الهجرة الوظيفية للأسنان وجود جانب يخضع للامتصاص العظمي وجانب آخر يخضع للتوضع العظمي .

(Moss and Picton, 1972)

يوافق السطح الأنسي عادة الجهة التي تتحرك نحوها السن أثناء هجرتها الفيزيولوجية . هذا السطح يكون موضعاً لنشاط خلوي مكثّف ومعقّد بأن واحد . إذ يلاحظ حدوث امتصاص عظمي مرتبط بنشاط خلايا كاسرات العظم التي تكون خلايا متعددة النوى وقابلة للحركة أثناء نشاطها الوظيفي، تخرب هذه الخلايا الارتكازات الليفية الرباطية على الجدار السنخي الداخلي أو الصفيحة القاسية المحيطة بجذور الأسنان تحت تأثير الفعالية الحالّة للبروتينات . لكنّ الشيء المميز أنّ جدار السنخ أو الصفيحة القاسية تخضع للامتصاص بشكل دوري وبآلية غير متزامنة بحيث لا يشمل الامتصاص العظمي جميع مناطق العظم السنخي بالخاصة وبذلك يتم الحفاظ على استمرارية الدعم السني المرتبط بوجود بعض حزم الألياف الرباطية التي ترتكز ضمن هذا الجدار السنخي الداخلي. لهذا السبب تشاهد بؤر الامتصاص العظمي التي تحوي خلايا كاسرات العظم ضمن فجوات امتصاصية متوزعة بشكل غير منتظم على طول الجدار السنخي الداخلي على الجانب الأنسي.

(Graber et al., 2005)

يوافق السطح الوحشي جانب الشد الموجود باتجاه معاكس لاتجاه الحركة الوظيفية للأسنان، حيث يخضع هذا السطح بشكل دائم لعملية توضع عظمي تحدث على الجانب الموافق للرباط حول السني، مما يؤدي بشكل تدريجي إلى تمعدن الألياف الرباطية المرتكزة على الجدار السنخي الداخلي والتي تخترق هذا النسيج العظمي بشكل ألياف شاربي. هذه الآلية تؤدي إلى انطمار الألياف الرباطية القديمة ضمن النسيج العظمي الحديث التشكل والذي يكون بشكل عظم حزمي ، لكن عرض المسافة الرباطية يظل ثابتاً بفضل تشكيل ألياف غرائية جديدة ضمن المنطقة المتوسطة من الرباط حول السني وقرب العظم السنخي .

(Graber et al., 2005)

1. 4 . الحركة السنية التقويمية Orthodontic Tooth Movement

بما أن القوى التقويمية المستخدمة للحصول على الحركات السنية المختلفة تكون أشد من القوى الوظيفية الطبيعية، فإن الاستجابة التي تحدثها هذه القوى على مستوى النسيج حول السنية تكون أشد وأكثر اتساعاً من تلك التي تحدث أثناء الهجرة الوظيفية للأسنان. حيث يؤدي تطبيق القوى الميكانيكية التقويمية على تيجان الأسنان إلى نتائج ميكانيكية مباشرة تتجلى بحركة أولية لهذه الأسنان ضمن أسناخها نتيجة للتشوهات والإجهادات التي تحدث ضمن الرباط حول السني والعظم السنخي، يلي ذلك حدوث مجموعة من الارتكاسات النسيجية والخلوية التي تعتمد طبيعتها على شدة القوة المطبقة ودرجة الانضغاط الناتج على المستوى النسيجي. وبسبب اتجاه القوة المطبقة على السن ، فإن الجانب الموافق لاتجاه تأثير القوة والذي يحدث باتجاه حركة السن يعرف باسم " جانب الضغط Pressure Side " على حين أن الجانب المعاكس لاتجاه حركة السن يعرف باسم " جانب الشد Tension Side " . (Rygh, 1973b)

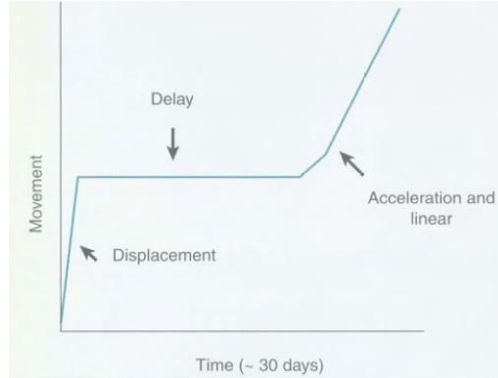
تكون الاستجابة النسيجية التي تحدث على كل من جانبي الضغط والشد مختلفة تماماً وتوافق الاستجابة التالية لهذه المرحلة قانون وولف Wolff's law المتعلق بعملية إعادة تشكيل العظم أو ترميمه و التي تؤدي بمجملها إلى حدوث الحركة السنية المطلوبة. (Wolff, 1986)

1.4.1. الاستجابات السريرية المرافقة للحركة السنية :

1 - الاستجابات الحركية : بعد تطبيق القوى الميكانيكية على الأسنان تحدث الحركة السنية التقويمية النموذجية وفق ثلاث مراحل سريرية مميزة كما هو موضح بالشكل(1):

- 1) مرحلة الانزياح Displacement phase أو الحركة السنية الأولية.
- 2) مرحلة التأخر أو العطالة Delay phase.
- 3) مرحلة التسارع والحركة السنية المنتظمة Acceleration&Linear Phase

(Nanda, 2005)



الشكل (1) المراحل السريرية الثلاث للحركة السنية التقويمية (Nanda, 2005)

1) مرحلة الانزياح أو الحركة الأولية للسن Displacement Phase:

يتصف رد الفعل الأولي الذي تبديه أية سن بعد تطبيق قوة عليها بحدوث حركة فورية وشبه آنية (خلال أجزاء من الثانية) للسن ضمن غلافها اللزج المرن Viscoelastic المؤلف من الرباط السنخي السني، هذا النموذج من الحركة السنية يسهل فهمه بالرجوع إلى المبادئ الفيزيائية الحيوية، و لا يترافق عادة بدرجة مهمة من التغيرات النسيجية أو التشوهات المحتملة على مستوى العظم السنخي المحيط بالسن.(Dorow et al., 2002)

تلعب العناصر السائلة ضمن الرباط السنخي السني دوراً مهماً في انتقال القوة المطبقة على السن نحو الرباط السنخي السني والعظم وامتصاصها من قبلهما، وتعتمد قيمة الحركة السنية الأولية التي تتعرض لها السن على عاملين هما طول الجذر وارتفاع العظم السنخي، يتدخل هذان العاملان في تحديد موضع مركز مقاومة السن ومركز دورانها، فإذا حدث ضياع في العظم السنخي المحيط بالسن يتبدل موضع مركز مقاومتها باتجاه ذروي وتتأثر كل من الحركة السنية الأولية والثانوية بهذا التغير.(Yoshida et al., 2001)

يعد العمر أيضاً من العوامل المؤثرة في طبيعة الحركة الأولية للأسنان بعد تعريضها للقوى الميكانيكية التقويمية فقد أثبتت الدراسات أن معامل مرونة النسيج الرباطي المحيط بالأسنان يكون أكبر عند البالغين منه عند الأطفال والمراهقين، هذا الاختلاف بالخواص الميكانيكية الحيوية يترافق بزيادة قيم الضغط الذي يصادف ضمن الأربطة حول السنية عند الأشخاص البالغين وقد يكون سبباً لتقليل الاستجابة الحيوية، وبالتالي تأخر حدوث الحركة السنية التقويمية عند المرضى البالغين أو الكبار.(Tanne et al., 1998)

(2) مرحلة التأخر Delay Phase :

يتصف الطور الثاني من دورة الحركة السنوية التقويمية بغياب أية حركة سريرية للأسنان ولذلك تعرف هذه المرحلة أيضا باسم مرحلة الفتور Lag أو الكمون Latency. على الرغم من توقف الحركة السنوية خلال هذه الفترة فإن النسيج العميقة المحيطة بالسن تخضع أثناء ذلك إلى عملية إعادة بناء واسعة. ولا تكون القيمة المطبقة على السن مهمة على المستوى النسيجي بقدر أهمية القوة المطبقة على واحدة السطح الجذرية (أي الضغط المؤثر على النسيج المحيطة بالسن). واعتمادا على الانضغاط الموضعي للرباط حول السني يمكن أن تحدث إحدى النتيجتين التاليتين:

1 () إما انسداداً جزئياً Partial Occlusion في الأوعية الدموية الموجودة في المنطقة.

2 () أو انسداداً تاماً Complete Occlusion في الأوعية الدموية في حال تطبيق قوى مفرطة.

في حال حدوث انسداد جزئي للأوعية الدموية الموجودة ضمن الرباط حول السني تظل بعض الأوعية الدموية المغذية للمنطقة قادرة على التكيف مع الوسط الجديد وتخضع إلى عملية تكوّن وعائي Angiogenesis كي تتجاوز مناطق الانسداد أو انقطاع التروية الدموية. لكن في حال حدوث الانسداد التام للجريان الوعائي تتعرض الأنسجة الموضعية التي تتغذى بهذه الأوعية الدموية إلى التمثول Necrosis، وينتج عن ذلك توقف تام للحركة السنوية السريرية خلال فترة تتراوح بين (7-15) يوماً. وفي كلتا الحالتين فإن التغيرات البنيوية والكيميائية الحيوية سوف تحرض حدوث سلسلة من الآليات الخلوية الضرورية لعملية إعادة بناء أو تشكيل العظم Bone Remodeling. (Nanda, 2005)

يؤدي تقدم العمر إلى تغيرات جوهريّة في القدرة التكاثرية لخلايا النسيج الرباطي والحركة السنوية التالية لتطبيق القوى الميكانيكية المرافقة للمعالجة التقويمية،

وبشكل خاص أثناء طور التوقف أو الكمون، مما يفسر الزيادة الملاحظة سريرياً في زمن المعالجة التقويمية عند المرضى البالغين. (Kyomen and Tanne, 1997)

(3) طور التسارع ومرحلة الحركة السنوية المنتظمة :

يتميز هذا الطور بتسارع وتيرة الحركة السنوية سريرياً، حيث تبدأ الحركة السنوية تحت تأثير آليات التكيف Adaptation التي تحدث ضمن الرباط السنخي السني والعظم الداعم للسن. (King et al., 1998)

1. 4. 2. الاستجابات النسيجية التالية لتطبيق القوى التقويمية :

يمكن تمييز نوعين من التغيرات النسيجية سواء على الجانب الذي تتحرك باتجاهه السن (جانب الضغط) ، أو على الجانب المعاكس لاتجاه حركة السن والذي يعرف باسم (جانب الشد) .

1. 4. 2. 1. الاستجابة النسيجية الحادثة على جانب الضغط pressure side

تختلف التبدلات الحادثة على المستوى النسيجي في حال تطبيق قوى تقويمية خفيفة أو شديدة .

-في حال تطبيق قوى خفيفة أو معتدلة الشدة ومديدة أو ذات تأثير يستغرق زمناً طويلاً نسبياً فإن التغيرات التي تحدث على المستوى النسيجي تتجلى بانخفاض التروية ضمن مناطق محددة من الرباط حول السني نتيجة الانضغاط الجزئي الذي يحدث في هذه المناطق الموضعية وبترافق ذلك بشكل فوري بارتشاح السوائل من المسافات الرباطية وحركة السن ضمن سنخها بعد تطبيق القوة ببضع ثوان فقط.

وخلال ساعات قليلة بعد تطبيق القوة المعتدلة على السن تؤدي التغيرات الحادثة في الوسط الكيماوي إلى ظهور نمط آخر من النشاط الخلوي حيث يزداد تركيز مادة (الأدينوزين الحلقي أحادي الفوسفات Cyclic-AMP)، وهو وسيط كيماوي يظهر في المنطقة الرباطية الخاضعة للانضغاط بعد تطبيق القوة التقويمية بحوالي 4

ساعات لهذا السبب لا تحدث أية حركة سنّية تقويمية ملموسة سرّيرياً إذا لم يستمر الضغط المؤثر على الأسنان لفترة 4-6 ساعات في اليوم على الأقل. (Davidovitch and Shanfeld, 1975)

لكي تحدث الحركة السنّية بشكل فعلي لابد من تشكّل خلايا كاسرات العظم التي تكون قادرة على إزالة العظم من المناطق المجاورة للأجزاء المنضغطة من الرباط حول السنّ، تتمايز بعد فترة محدودة من الزمن كاسرات العظم على طول الجدار السنخي أو الصفيحة القاسية حيث تشاهد هذه الخلايا بأعداد كبيرة متوزعة على طول الجدار السنخي الموافق للجهة التي تتحرك نحوها السن . حيث أنه عند المرضى الشباب تظهر كاسرات العظم بشكل وسطي بعد حوالي 30 - 40 ساعة من تطبيق القوى على السن. (Reitan, 1954)

تؤكد الدراسات التي أجريت على حركية الخلايا الضامة أنها تصل إلى هذه المناطق بشكل موجتين Tow Waves، تضم الموجة الأولى عدداً محدوداً من الخلايا التي قد تكون ذات منشأ موضعي ، على حين أن الخلايا القادمة أثناء الموجة الثانية تكون أكثر عدداً ويتم إحضارها من مناطق بعيدة نسبياً عبر الجريان الدموي. (Proffit et al., 2007)

تقوم كاسرات العظم بمهاجمة الجدار السنخي الداخلي أو الصفيحة القاسية المجاورة لمناطق الرباط المعرضة للانضغاط، مما يؤدي إلى إزالة هذا النسيج العظمي بآلية الامتصاص الجبهي أو المباشر Frontal Resorption (بين النسيج الرباطي والصفيحة القاسية).

- أما إذا كانت القوة التقويمية المطبقة مرتفعة الشدة، يلاحظ خلال الفترة الحرجة التالية لتطبيق القوى الميكانيكية بشكل أولي على السن تعرض الرباط حول السنّ لانضغاط شديد في مناطق محددة منه بحيث يعاق الجريان الدموي الموضعي والتمايز الخلوي مما يؤدي إلى تخرب في بنية الخلايا الضامة والعناصر الوعائية

الدموية عوضاً عن تكاثر العناصر الخلوية وتمايزها نحو خلايا ضامة أساسية. ونتيجة لهذه التغيرات الخلوية والوعائية المفرطة يأخذ النسيج الرباطي في تلك المناطق مظهراً شبيهاً بالزجاج Glass- Like تحت المجهر الضوئي Hyalinization (Reitan, 1967).

تتوقف التفاعلات الحيوية في منطقة التتسكس (الاستحالة) الزجاجي التي تعد بمثابة مناطق تموت أو تتخر عقيم Sterile Necrosis، ناتجة عن انضغاط أجزاء من الرباط حول السني بين سطح الجذر السني و سطح العظم السنخي. (Rygh, 1973a)

يتم حدوث التتسكس الزجاجي بتأثير عاملين هما 1: طبيعة الضغط الميكانيكي . 2) العوامل التشريحية المرتبطة بالسن والنسج المحيطة به، حيث تكون منطقة التتسكس الزجاجي محدودة المساحة لا تتجاوز عادة 1 إلى 2 ملم وتكون بشكل دائري في حالة حركتي الإمالة والانغراس، أو بشكل منطقة ممتدة عمودياً في حالة الحركة الجسمية. (Rygh, 1974)

تبدي ظاهرة التتسكس الزجاجي ثلاث مراحل متتالية هي :

1 (مرحلة التتسكس النسيجي Degeneration

تبدأ عملية التتسكس في المناطق التي يزداد فيها الضغط النسيجي بشكل واضح حيث يكون تضيق المسافة الرباطية في حدوده القصوى ، وبشكل خاص حول مناطق النتوءات العظمي Spicule (Graber et al., 2005).

قد يقتصر هذا التتسكس النسيجي على أجزاء من المسافة الرباطية أو يشغل المسافة الممتدة بين سطح الجذر والجدار السنخي الداخلي بأكملها . إذ تتعرض جدران الأوعية الدموية ضمن الرباط حول السني بعد اضطراب الجريان الدموي الموضعي إلى التمزق والتخرب، وتتحلل العناصر الدموية بآليات غير مماثلة لتلك التي تحدث أثناء التخرب الوظيفي لهذه العناصر الوعائية الدموية . تخضع الخلايا إلى سلسلة

من التبدلات التي تبدأ بانتاج المتقدرات Mitochondria والشبكة الهيولية الباطنة وتنتهي بتمزق الغشاء الهيولى. لذلك تتجمع نوى الخلايا بشكل متفرق بين العناصر الليفية الرباطية المنضغطة وتؤدي إلى ظاهرة " الانكماش الخلوي Pyknosis " وبعد فترة من تخرب نوى الخلايا لا يشاهد سوى بعض العناصر الخلوية التي فقدت معالمها مبعثرة بين ألياف الغراء الرباطية، التي تخضع بدورها لعملية تحلل بطيئة نسبياً. حيث أنه لا يمكن حدوث أي تمايز خلوي نحو كاسرات العظم ضمن منطقة التتسكس الزجاجي مالم تتم إزالة النسيج المتموتة، وينعكس ذلك على المستوى السريري بتوقف حركة السن تماماً حتى حدوث الامتصاص العظمي للأجزاء السنخية الداخلية المجاورة لمنطقة التتسكس الزجاجي، هذا الامتصاص لا يمكن حدوثه إلا بعد اختفاء النسيج المتموتة الموضعية. (Rygh, 1974)

2 (مرحلة إزالة النسيج المتموتة والتالفة

تبدأ عملية إزالة النسيج الرباطية المتموتة الموجودة في منطقة التتسكس الزجاجي، بفضل خلايا تأتي من النسيج الرباطي السليم المحيط بمنطقة التمثوت الخلوي والنسيجي، إذ تغزو هذه المنطقة خلايا ضامة وأوعية دموية وتقوم البالعات بهضم المواد النسيجية المتموتة وإزالتها تماماً.

أما العظم السنخي المجاور لمنطقة التتسكس الزجاجي، فإنه يتعرض للامتصاص بآلية غير مباشرة Indirect (أو داخلية Undermining) ، بواسطة نشاط كاسرات العظم التي تتميز ضمن المسافات النقيوية المجاورة للجدار السنخي الداخلي، لذلك دعيت هذه الآلية باسم الامتصاص العظمي الداخلي للإشارة إلى أن حدوث الامتصاص العظمي يتم بين الصفيحة القاسية والمسافات النقيوية الداخلية. (Brudvik and Rygh, 1994)

3 (مرحلة إعادة البناء النسيجي Reestablishment :

تبدأ عملية إعادة بناء جهاز الارتباط الليفي الداعم للسن بشكل تدريجي بعد حدوث الامتصاص العظمي غير المباشر وإزالة النسيج الرباطية المتموتة الموافقة لمنطقة التتسكس الزجاجي. إذ تبدأ عملية تركيب عناصر خلوية جديدة ، وتتشكل عناصر ليفية غرائية جديدة تتركز بآن واحد على الملاط والعظم السنخي أو الصفيحة القاسية . وتصبح المسافة الرباطية على جانب الضغط أكثر اتساعاً أو أعرض مما كانت عليه قبل بداية الحركة السنوية التقويمية ، كما يزداد بوضوح عدد الخلايا الضامة الموجودة في الرباط حول السني . (Graber et al., 2005)

و بالتالي يترافق التتسكس الزجاجي والامتصاص العظمي غير المباشر الذي يليه بتأخر في الحركة السنوية التقويمية وذلك بسبب : 1- تأخر حدوث التمايز 2- الفترة الضرورية لإزالة جزء تخين نسبياً من العظم السنخي الموجود تحت منطقة التتسكس الزجاجي، لكن قد يكون من الصعب جداً من الناحية السريرية تحريض حركة سنوية مستمرة مترافقة بامتصاص عظمي مباشر فقط طيلة مراحل المعالجة . لهذا السبب تحدث الحركة السنوية بشكل فعلي أثناء المعالجة التقويمية بطريقة متدرجة أو متقطعة نسبياً نتيجة لحدوث الامتصاص العظمي غير المباشر في مناطق محددة من الجدار السنخي الداخلي. (Graber et al., 2005)

1. 4. 2. الاستجابة النسيجية الحادثة على جانب الشد Tension side

تتعرض الألياف الرباطية على جانب الشد للتوتر أو التمدط ، ويزداد عرض المسافة الرباطية بدرجة معادلة تقريباً للتغير الذي يطرأ على هذه المسافة على جانب الضغط . كما يتبدل شكل الألياف الغرائية الرباطية وتتعرض العناصر الخلوية والوعائية للتشوه ، ويحدث انضغاط المادة الأساسية للنسيج الرباطي مع انزياح أو حركة للسوائل النسيجية. (Rygh, 1976)

الاستجابات النسيجية التي تحدث على هذا الجانب تتميز:

أولاً بزمّن كمون أقصر ، بمعنى أن حدوث النشاط الخلوي يتم خلال فترة زمنية أقصر، مقارنة مع جانب الضغط ، وقد يعود ذلك إلى غياب منطقة التتّكس الزجاجي. إذ تؤكد الدراسات النسيجية أن بدء الانقسامات الخلوية على جانب الشد يصل لذروته خلال 36 ساعة من تطبيق القوى الميكانيكية وحدث الحركة الأولية للسن، حيث تظهر صانعات العظم وصانعات الليف . بالمقابل في الحالات التي لا تكون فيها القوى المطبقة مرتفعة الشدة أو مفرطة تظهر كاسرات العظم بعد يومين أو ثلاثة أيام .

ثانياً السمة الأساسية المميزة على هذا الجانب تكون حدوث توزيع طبقات جديدة من العظم السنخي، الأمر الذي يؤدي بشكل تدريجي إلى انطمار الألياف الرباطية الأصلية ضمن النسيج المشبه بالعظمي Osteoid . يتصف هذا النسيج العظمي الفتّي أو الحديث التشكل بنقص درجة تكلسه، لذلك يكون مقاوماً للامتصاص، لكنه يخضع بشكل تدريجي للتكلس والتمعدن اعتباراً من طبقاته العميقة .

تعود المسافة الرباطية إلى حدودها الطبيعية بتوزيع طبقات جديدة من العظم على جانب الشد، وبشكل آني تحدث عملية إعادة التشكيل لجملة الألياف الرباطية . تتضمن إعادة تشكيل هذه الألياف امتصاص الغراء القديم والتعويض عنه بلييفات غرائية حديثة إذ أكدت التجارب الحديثة أن التوتر المفرط للألياف يؤدي إلى تنشيط الجملة الوعائية، التي بدورها تلعب دوراً هاماً في عملية إعادة تشكيل الحزم الليفية الغرائية وبالتالي يستعيد الرباط حول السني بنيته الهندسية وعرضه الأصلي.(Graber et al., 2005)

1. 5. النظريات المفسرة للحركة السنية التقويمية :

1- الظاهرة الكهربائية الإجهادية piezoelectricity phenomnom:

يقصد بالكهربية الإجهادية الآلية التي يتم من خلالها توليد شحنات كهربائية ضمن النسيج العظمي بعد حدوث تشوه في البنية البلورية لهيدروكسي الأباتيت أو الغراء أو البروتينات الليفية، وتشير النظرية الكهربائية الحيوية Bioelectric إلى أن حدوث الحركة السنية التقويمية يرتبط جزئياً بالتغيرات التي تطرأ على التفاعلات الحيوية للنسج العظمي، والتي يتم ضبطها بالشارات الكهربائية المتولدة أثناء تعرض النسج العظمي للانحناء أو التشوه الميكانيكي. (Pilla, 2002)

تتصف الإشارات الكهربائية المتولدة عن الإجهاد الميكانيكي المؤثر على النسيج العظمي الحي بخاصتين استثنائيتين :

- 1- معدل اضمحلال سريع أي أن الشارات الكهربائية تتولد بشكل سريع بعد تطبيق القوة على العظم وتضمحل أيضاً بسرعة وتتعهد بالرغم من استمرارية تأثير القوة .
- 2- توليد شارة معادلة ومعاكسة بالاتجاه عند توقف القوة عن التأثير على العظم.

(Proffit et al., 2003)

يتولد أثناء الحركة السنية التقويمية التالية لتطبيق قوة ميكانيكية على الأسنان وأنسجتها الداعمة شكل خاص من التيارات الكهربائية الداخلية المنشأ، والتي تعرف باسم [الجهد الكهربائي الحيوي Bioelectric potential]. فالعظم النشط يؤدي من ناحية تفاعلاته العضوية وبمؤازرة من الخلايا الضامة الموجودة في مناطق النمو الفعّال إلى توليد شحنات كهربية سالبة، تتناسب بشكل مباشر مع درجة النشاط الذي يتمتع به، وبشكل خاص معدل تكاثر صانعات العظم في المناطق التي تكون خامدة أو التي لا يحدث فيها نمو فعال تكون حيادية كهربياً، وعلى الرغم من عدم معرفة أسباب ظهور الجهد الكهربائي الحيوي في مناطق النمو الهيكلي الفعال إلا أن

التجارب أكدت أن السطوح العظمية التي تكتسب شكلاً مقعراً تحت تأثير الإجهاد الميكانيكي تصبح مشحونة سلبياً، وتزداد في هذه المناطق ذات الشحنات الكهربائية السالبة الخلايا المولدة للعظم التي تساهم في تشكيل طبقات جديدة من النسيج العظمي، أما المناطق العظمية المحدبة فتكون ذات شحنة موجبة وتتكاثر عندها الخلايا الكاسرة العظم التي تتدخل في عملية الامتصاص والتخرب العظمي. (Shapiro et al., 1979)

أكدت التجارب التي أجريت على حيوانات التجربة والإنسان أن تطبيق تيار كهربى منخفض الشدة على العظم السنخي وتعديل فرق الكمون الكهربى الحيوى يمكن أن يؤدي إلى حركة سنّية ذات وتيرة أسرع من الحركة التي تنتج دون تحريض هذا الأثر الكهربى الحيوى، كما يعتقد حالياً بأن المجالات الكهربائية والمغناطيسية تكون قادرة على التأثير على عملية تحريض استقطاب أغشية الخلايا الضامة و نفوذيتها مؤدية بذلك إلى تحريض حدوث تبدلات على مستوى النشاط الخلوي. (Proffit et al., 2007)

وقد تم التوصل إلى تسريع عملية الالتئام والشفاء العظمى عن طريق تطبيق أشكال معينة من المجالات الكهربائية أو الكهربائية المغناطيسية على العظم، وقد يصبح من الممكن في المستقبل القريب الاستفادة من هذا الأثر الكهربى لتسريع الحركة السنّية التقويمية أو للتأثير على المعالجة المعدلة للنمو الوجهي. (Stark and Sinclair, 1987)

بالتالى يمكن القول أنه على الرغم من عدم قدرة نظرية الكهربائية الإجهادية على تقديم تفسير متكامل لآلية حدوث الحركة السنّية التقويمية، إلا أن التأثيرات الكهربائية والكهرومغناطيسية تكون قادرة على تعديل عملية التشكل العظمى Bone Remodeling، وهي العماد الأساسى للحركة السنّية، فالتيارات الكهربائية تلعب دوراً

هاماً في إعادة تشكيل النسيج العظمي وكذلك في إعادة ترميمه وربما نمو هذا النسيج العظمي أيضاً. (Davidovitch and Shanfeld, 1975)

2- نظرية الضغط- الشد Pressure Tension theory:

هي النظرية التقليدية المعتمدة لتفسير آلية تحول القوى الميكانيكية إلى استجابات خلوية نسيجية ملائمة لحدوث الحركة السنية التقويمية، تعتبر أن العوامل الميكانيكية تمثل المنبه الأساسي للتمايز الخلوي الذي يؤدي إلى الحركة السنية التقويمية. فالتحولات التي تحدث على مستوى النسيج حول السنية وبشكل خاص إعادة بناء وتشكيل العظم السنخي تنتج وفق هذه النظرية عن وسائط ناقلة كيميائية محددة. تؤدي القوى الميكانيكية المطبقة على الأسنان إلى اضطراب في الجريان الدموي ضمن الرباط حول السني بالإضافة إلى تبدل وضعية السن ضمن المسافة الرباطية وتعرض الألياف الرباطية للانضغاط و الشد، ففي مناطق الانضغاط الرباطي تتناقص التروية الدموية بشكل واضح بينما تزداد أو تظل على حالها في المناطق الخاضعة للشد. وبسبب التبدلات التي تطرأ على الجريان الدموي الموضعي ضمن الرباط حول السني تحدث تبدلات في الوسط الكيماوي حيث قد يزداد تركيز الأوكسجين في مناطق الشد وينخفض حتماً في مناطق الضغط. هذه التبدلات الكيماوية التي تؤثر بآلية مباشرة أو عن طريق تحريض إطلاق وسائط أخرى منشطة حيويًا، سوف تحرض حدوث التمايز أو النشاط الخلوي الضروري لحدوث الحركة السنية التقويمية. (Proffit et al., 2007)

أي أن الحركة السنية حسب (Proffit et al., 2007) تبدي ثلاث مراحل متتالية:

- 1) مرحلة تبدل الجريان الدموي الموضعي المرافق للضغط الذي يحدث ضمن الرباط حول السنية، (2) مرحلة تشكل وإطلاق وسائط كيميائية ناقلة، (3) مرحلة تنشيط الخلايا الضامة المشاركة في الحركة السنية التقويمية.

2- 7 الآليات الخلوية والجزيئية Cellular&Molecular Mechanisms:

تتحقق سلامة الأجزاء الهيكلية ضمن الجسم الحي بفضل آلية تفاعل ديناميكية بين مصورات العظم التي تساهم في تشكيل النسيج العظمي المتكلس وكاسرات العظم التي تؤدي إلى تخريب العظم وامتصاصه.

ويعرف معدل إعادة التشكيل أو البناء العظمي Rate of Remodeling بشكل

أولي بالخلايا التي تنتمي إلى سلالة مصورات العظم Osteoblast Lineage

والتي تكون مسؤولة بالإضافة إلى دورها في تشكيل العظم عن تنشيط وتعبئة طلائع

كاسرات العظم Osteoclast Precursors (Suda et al., 1995).

لم تتضح كيفية الاتصال بين صانعات العظم وكاسرات العظم إلا في السنوات

الأخيرة، حيث توصل بعض الباحثين إلى اكتشاف عامل وسيط Intermediary

Factor موجود على سطح الخلايا صانعات العظم ويكون مسؤولاً عن تحريض

بداية عملية الامتصاص العظمي المرتبط بنشاط كاسرات العظم، هذا العامل يشكل

عضواً من مجموعة العوامل المعروفة باسم عوامل تموت الورم Tumor Necrosis

Factor (TNF) وقد أطلق عليه تسمية (المستقبل المنشط للعامل النووي

[RANKL]). (Anderson et al., 1997, Suda et al., 1999).

عند ارتباط العامل (RANKL) مع المستقبل المشابه له والمعروف باسم (RANK)

الذي يظهر على سطح الخلايا السليفة لكاسرات العظم تتعرض عملية تشكل الخلايا

الكاسرة للعظم وتنشط كاسرات العظم (بوجود عامل منشط مرتبط بالخلايا العرطلة

البالعة M-CSF). (Hsu et al., 1999).

يتصف العامل المعروف باسم (RANKL) أيضاً بقدرته على الارتباط بوسيط

بروتيني خاص يدعى بـ Osteoprotegrin (OPG)، وهو وسيط قادر على

تنشيط عملية توليد كاسرات العظم، من المحتمل أن تغيرات الضغط ضمن الوسط

الدقيق داخل العظم السنخي تؤدي إلى تغير مستوى مادتي RANKL و OPG وجعلهما كوسيطين يؤثران على إعادة بناء العظم من خلال التأثير على عملية تشكل البروتينات. (Crotti et al., 2003a, Simonet et al., 1997)

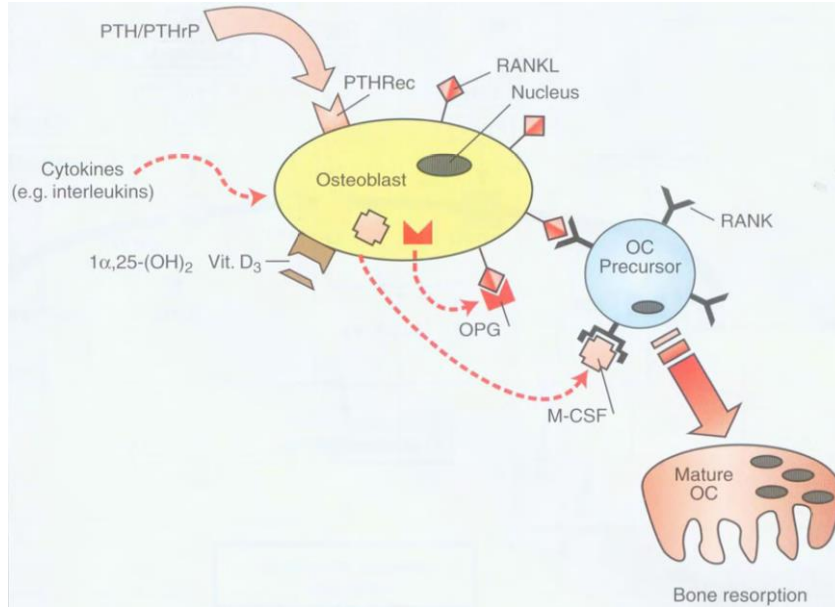
أضف إلى الدور المهم للمادتين الوسيطتين RANKL و OPG والنسبة فيما بينهما في عملية تنظيم تشكل كاسرات العظم بمساهمة غير مباشرة من مصورات العظم، فإن معدل إعادة تشكيل العظم تخضع لسيطرة آليات أخرى موضعية وعامة:

- الآليات الموضعية تعرف باسم (نظير الإفراز) Paracrine وتتضمن مجموعة من الوسائط الكيماوية أو السيتوكينات الالتهابية مثل (TNFS - interleukins -عوامل النمو) التي تتصف بنشاطات حيوية قادرة على التأثير في المراحل المختلفة لدورة إعادة تشكيل العظم.

- السيطرة الجهازية أو العامة على عملية إعادة تشكيل العظم تحدث من خلال عدة آليات مرتبطة بنشاط بعض الغدد الصماء Endocrine وإفرازاتها مثل هرمونات نظائر الدرق PTH، وفيتامين D3، والستيروئيدات الجنسية كالإستروجين Estrogen.

(Bord et al., 2003, Suda et al., 2003, Crotti et al., 2003b) تؤثر هذه العوامل الكيماوية المختلفة على مصورات العظم كوسيط منظم للتوازن المستمر بين مصورات العظم وكاسرات العظم وتؤدي إلى زيادة أو خفض التأثير النهائي لبعض المورثات أو الجينات Genes النوعية الضرورية لتركيب البروتينات المشتركة في إعادة تشكيل العظم .

فمثلا يثبط الإستروجين الامتصاص العظمي بشكل جزئي من خلال تنظيم إنتاج عدة سيتوكينات من ضمنها الإنترلوكين -6- Interleukin و RANKL و OPG بواسطة خلايا من سلالة مصورات العظم كما هو مبين بالشكل (2). (Cheung et al., 2003)



الشكل (2): الآلية الناعمة لعملية تشكل و تمايز الخلايا الكاسرة للعظم وبالتالي الامتصاص العظمي بمساهمة من الخلايا المولدة للعظم (Nanda, 2005)

RANKL : المستقبل المنشط للعامل النووي.

OPG : المستقبل المثبط والذي يعمل كمنافس للرانكل

OC: خلية كاسرة للعظم غير ناضجة

M-CSF: عامل منشط مرتبط بالخلايا العرطلة البالغة (عامل مشارك أساسي)

Vit D₃ مع مجموعة من السيتوكينات ذات تأثير مخفض على ال OPG وتأثير مضخم لل RANK

PTH : هرمون جارات الدرق PTHrp : البروتين المرتبط بهذا الهرمون.

تستغرق دورة إعادة تشكيل العظم bone remodeling cycle عند الإنسان حوالي أربعة أشهر، وتنصف بطور سريع من الامتصاص العظمي يليه طور بطيء من التشكيل العظمي، تقترن عملية الامتصاص العظمي عند الأفراد الأصحاء البالغين بالتشكل العظمي، ولذلك لاينتج عن هذه الدورة أي زيادة أو نقصان في الكتلة العظمية. لكن هذا التوازن بين آليتي الامتصاص والتوضع العظمي يتعرض للاضطراب في بعض الحالات المرضية مما يؤدي إلى زيادة أو انخفاض في العظم. (Nanda, 2005)

1. 7. العوامل المؤثرة في الحركة السنّية التقويمية:

1- تأثير شدة القوة المطبقة:

نصح Reitan باستخدام قوى خفيفة في بداية المعالجة لتقليل حدوث مناطق التتّكس الزجّاجي وتجاوز مرحلة الطور الأولي، أما الطور الثانوي فيمكن زيادة القوى الميكانيكية بشرط ألا يؤدي ذلك إلى حدوث مناطق تتكس زجّاجي جديدة، وما يرافق ذلك من توقف بحركة السن المراد تحريكها والامتصاص العظمي غير المباشر. (Reitan, 1967)

يميل العديد من الباحثين إلى الاعتقاد بوجود حد أدنى مثالي Optimal Threshold للقوة الملائمة لحركة كل سن، فإذا كانت شدة القوة المطبقة أقل من هذا الحد الأدنى فلن تحدث أية حركة سنّية وبالمقابل عند تجاوز الحد الأقصى لتحمل الأنسجة حول السنّية سوف تتوقف حركة السن بسبب التخرب النسيجي الواسع و انعدام التفاعلات الحيوية، مما يؤدي إلى امتصاص جذري بدل حدوث الامتصاص العظمي المطلوب. و بالتالي يتأثر معدل الحركة السنّية بشكل مباشر مع قيمة القوة المطبقة على الأسنان فالقوى التقويمية الشديدة التي تتجاوز شدتها (100غ) والمستخدمه سريريا لإرجاع الأنياب تؤدي إلى فترة كمون أو فتور قد تستغرق 21 يوماً قبل أن تبدأ الحركة السنّية السريرية بشكل فعلي، وإذا كانت قيمة القوة المطبقة أقل من ذلك فإن الحركة السنّية الناتجة لا تترافق بطور الكمون أو التوقف ويكون معدلها مقبولاً على المستوى السريري. (Iwasaki et al., 2000)

في دراسة ل (van Leeuwen et al., 1999) وجد أن القوى الخفيفة جداً تؤدي إلى معدلات منخفضة من الحركة السنّية وأقل بالمقارنة مع تلك الناتجة عن القوى الأكبر قيمة، ولكن هذه الاستجابة تظل واردة حتى الوصول إلى الحد الأدنى المثالي. بحيث إذا تجاوزت قيمة القوة المطبقة هذا الحد لا تحدث زيادة موافقة في معدل الحركة السنّية السريرية الناتجة، هنا تجدر الإشارة إلى

أن النقطة الموافقة لعتبة القوة المثالية قد تختلف من فرد لآخر كما تؤكد نتائج هذه الدراسة التي أجريت على كلاب البيجل Beagle Dogs .

2- تأثير أمد القوة وطريقة اضمحلالها Force Duration – Decline
يتجلى العامل الأساسي الذي يؤثر في إمكانية الحصول على الحركة السنية التقويمية بتطبيق قوة مداومة Sustained Force، الأمر الذي لا يعني بالضرورة استمرارية القوة بشكل مطلق بل أن تكون القوة موجودة لفترة زمنية مناسبة وتؤثر خلال عدة ساعات في كل يوم، وقد أكدت التجارب التي أجريت على الحيوان أن حدوث التمايز الخلوي الذي يؤدي إلى الحركة السنية التقويمية هو أمر مشروط باستمرارية تأثير القوة التقويمية لفترة لا تقل عن 4 ساعات، وتمثل هذه المدة الحد الأدنى Threshold لأمد القوة التقويمية مع زيادة مدة تأثير القوة التقويمية المطبقة على الأسنان يتوقع حدوث زيادة في معدل الحركة السنية الفعلية الناتجة. (Proffit et al., 2007)

الأثر الآخر لأمد القوة على الحركة السنية الناتجة يكون مرتبطاً بطريقة تبدل شدة القوة أو قيمتها أثناء استجابة السن وحدث الحركة السنية السريرية، فالذي يحدث بالواقع أن جميع العناصر التقويمية الفعالة التي تتمتع بدرجة عالية من المرونة سوف تكون القوى المتولدة عنها متناقصة بشكل تدريجي مع الحركة الفيزيائية للأسنان المرتبطة بهذه العناصر، وهناك كثير من الحالات التي تنخفض فيها القوة المتولدة عن العنصر المرن إلى الصفر أو تنعدم بعد حركة السن لمسافة معينة، لذلك يتم تصنيف القوى التقويمية اعتماداً على معدل اضمحلالها وفق ثلاثة أنواع :

- القوى المستمرة Continuous Forces وهي القوى التي تظل شدتها ثابتة لدرجة معينة خلال فترة زمنية طويلة نسبياً.

- القوى المتقطعة Interrupted وهي القوى التي تتحدر شدتها إلى الصفر بين جلسات التنشيط الدورية.

- القوى المتناوبة Intermittent وهي القوى التي تتحدر وتضمحل شدتها بشكل فجائي ودوري عند نزع الجهاز المتحرك أو اختفاء التنشيط المطبق على عناصر معينة من الجهاز الثابت ثم تعود إلى سويتها الأساسية بعد وقت لاحق. (Proffit et al., 2007)

3- تأثير نموذج الحركة السنية:

تختلف شدة القوى المطبقة على الأنسجة حول السنية حسب نموذج الحركة السنية، حيث أن الاعتبارات الميكانيكية قد تزيد أو تنقص من شدة هذه القوى، ففي حالة إنجاز حركة إمالة فإن السن تخضع إلى قوى كبيرة نسبياً تتركز على المستوى الذروي و الحفافي بحيث تكون مساحة السطح الجذري الممتصة للقوى الميكانيكية محدودة، مما يستدعي الانتباه الكبير لذلك عند استخدام قوى إمالة، أما في حال الحركة الجسمية تخضع الأنسجة حول السنية إلى قوى خفيفة إلى معتدلة على اعتبار أن القوى الميكانيكية تتوزع على مساحة واسعة من السطح الجذري. (Reitan and Kvam, 1971)

بالتالي فإن شدة القوى المطبقة على الأسنان سوف تؤدي إلى استجابات نسيجية متباينة ليس اعتماداً على شدتها الأولية وإنما حسب نموذج الحركة السنية و توزع هذه القوى على السطح الجذري. (Proffit et al., 2007)

1. 8. تسريع الحركة السنية التقويمية:

أجريت العديد من الأبحاث السريرية والنسجية كان الهدف منها التسريع من معدل حركة الأسنان، وذلك من خلال التأثير على معدل إعادة التشكل العظمي اللازم

لحركتها، وبالتالي اختصار زمن المعالجة التقويمية والتقليل ما أمكن من الاختلاطات التالية لطول فترة العلاج التقويمي.

- حقن بروتاغلاندين E2 (PGE2) (Yamasaki et al., 1980) لتسريع الحركة السنوية التقويمية لكن هذه الطريقة تسبب ألماً موضعياً وامتصاصاً للجذور حسب (Kawasaki and Shimizu, 2000)
- كما تم حقن Dihydroxycholecalciferol [1,25-(OH)₂D₃] لكن تأثيراته العامة غير مرغوب بها. (Takano-Yamamoto et al., 1992)
- طبق الهرمون نظير الدرق (PTH) والذي يملك تأثيرات عامة غير مرغوبة أيضاً (Soma, 1997)
- كما استُخدم الأوستيوكالسين osteocalcin من قبل (Kobayashi et al., 2001, Hashimoto et al., 1998)
- تُبع ذلك باستخدام Nitro-Larginine (NLA) ، Nitric oxide ، (Akin et al., 2004). (NOS) synthase
- كذلك حقن الريلاكسين البشري Humam Relaxin من قبل (Liu et al., 2005)

على صعيد آخر اقترح (Davidovitch et al., 1980) بدراسته على حيوانات التجربة أن الإشارات الكهربائية الخارجية يمكن أن تؤثر على مستقبلات الأغشية وعلى نفوذ هذه الأغشية، وذلك بتطبيق تيار كهربائي مباشر منخفض الفولتاج (الشدة) على العظم السنخي للأسنان المحركة تقويمياً، الأمر الذي يسرع في حركة هذه الأسنان بالمقارنة مع العينات الشاهدة، تبعتها دراسة ل (Spadaro, 1997)، الذي درس عملية التحريض الكهربائي وتأثيرها على زيادة التشكل العظمي المرافق للحركة التقويمية، لكن تعاني هذه الطرق عموماً من ترافقها مع عدم راحة وألم مصاحب للمريض إضافة إلى حاجتها لأجهزة خاصة مناسبة.

- اقترح (Stark and Sinclair, 1987) تطبيق حقول الكترومغناطيسية نبضية والتي تنشط كما ذكر من قدرة أغشية الخلايا ونفوذيتها مما يزيد في سرعة الأسنان المحركة تقويمياً.
- كذلك طُبقت الأمواج فوق الصوتية لتسريع الشفاء العظمي من قبل (Hadjiargyrou et al., 1998)
- بعد دخول الليزر منخفض الطاقة للاستخدام السريري بالحقل الطبي من خلال الاستفادة من الفعل التحريضي الحيوي للليزر منخفض الطاقة، وهو الليزر القادر بفضل وجود مواصفات خاصة على إحداث ما يسمى بالتحريض الحيوي Biostimulation للخلايا. (Pinheiro et al., 2003)
- حيث ثبتت فعالية الليزر منخفض الطاقة في العديد من الاستخدامات السريرية ابتداء من شفاء الجروح. (Kana et al., 1981, Mester et al., 1978)
- وتحفيز تشكل و ترميم الألياف الغرائية. (Abergel et al., 1984)
- وتحفيز التكاثر الغضروفي. (Schultz et al., 1985)
- وتحفيز تكاثر الخلايا المولدة للليف (van Breugel and Bar, 1992,) (Soudry et al., 1988)
- وتحفيز تجدد وترميم الأعصاب (العصب الوجهي). (Anders et al., 1993)
- أما بالنسبة لتطبيقات الليزر على النسيج العظمي بالخاصة فقد كانت كما يلي:
- تسريع شفاء الكسور العظمية.
- (Trelles and Mayayo, 1987, Tang and Chai, 1986)

- وتسريع شفاء الأجواف السنخية الناتجة عن قلع الأسنان. (Takeda, 1988)

- وتسريع عملية الاندماج العظمي التالية لتطبيق الزرعات السنية. (Khadra et al., 2004)

-وأخيراً تمت دراسة فعالية الليزر منخفض الطاقة على تسريع الحركة السنية التقويمية بدراسات متعددة أجريت سريرياً على المرضى الخاضعين لمعالجة تقويمية أو على حيوانات التجربة، تضاربت نتائجها بين فعالية واضحة في زيادة سرعة الحركة السنية التقويمية (Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2008, Youssef et al., 2008, Kim et al., 2010)، وبين عدم وجود فعالية حقيقية لاستخدام الليزر أثناء الحركة السنية التقويمية (Gordjestani et al., 1994, Limpanichkul et al., 2006).

1. 9. الامتصاص الجذري ROOT RESORPTION:

في أول دراسة على امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية، وجد الباحث (Ketcham, 1929) أن 22 % من المرضى الذين شملتهم دراسة التقييم الشعاعي بعد المعالجة التقويمية قد أصيبوا بدرجة ما من درجات امتصاص الجذور، مما أثار الكثير من التساؤلات، الأمر الذي استدعى إلى ظهور العديد من الأبحاث السريرية والنسجية والوظيفية حول هذا الموضوع. تزامناً مع هذه الدراسة فقد عرض (Schwartz, 1932) نظرية الضغط والتوتر في حيوية الحركة السنية، وأشار إلى دور النسيج الداعمة في الحركة التقويمية، واقترح أن تكون قيمة القوة التقويمية المثالية ما بين 7 إلى 26 غرام/سم² من مساحة سطح

الجزر، مشيراً إلى أهمية عدم تجاوز هذه القيمة كي لاتصاب النسيج الداعمة بنقص تروية مما يؤدي إلى امتصاص الجذور أثناء المعالجة التقويمية.

لا يزال امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية بحاجة إلى المزيد من الدراسة والبحث، نظراً لتعقيده الشديد سواء من حيث وصفه على المستوى النسيجي - الجزئي، أو من حيث الأسباب التي تؤدي إليه، لدرجة أنه ينظر إليه على أنه من الآثار الجانبية للمعالجة التقويمية والتي لا يمكن تفاديها. (Brezniak and Wasserstein, 1993, Oppenheim, 1945)

صنف (Graber et al., 2005) نوعين من الامتصاص الجذري التالي للمعالجة التقويمية:

- امتصاص جذري سطحي قابل للترميم.
- امتصاص جذري في منطقة الذروة مما يؤدي إلى قصر دائم في جذر السن المصابة.

كما صنف (Ne et al., 1999) امتصاص الجذور كما يلي:

- 1- امتصاص جذور داخلي : ينقسم بدوره إلى التهابي واستبدالي.
 - 2- امتصاص جذور خارجي: ينقسم بدوره إلى سطحي والتهابي واستبدالي.
- وأشار إلى أن امتصاص الجذور الخارجي يمكن أن يكون ذروباً أو عنقياً وذلك من حيث موقع الإصابة.

يصنف امتصاص الجذور الناجم عن المعالجة التقويمية على أنه امتصاص جذور خارجي كونه يصيب المحيط الخارجي لجذر السن وهو يختلف عن امتصاص الجذور الداخلي الذي هو عبارة عن ظاهرة تشريحية مرضية منذ انطلاقتها و لا يعرف الكثير عن أسبابه، ويصيب عادة الجدران الداخلية للقناة السنية مسبباً تهدماً سريعاً للسن.

وصنف (Tronstad, 1988) الامتصاص الالتهابي على سطح الملاط الخارجي إلى:

1-الامتصاص الالتهابي الآني : ويقع عندما يكون الضرر في الحدود الدنيا، ولفترة قصيرة حيث لا يمكن اكتشاف هذا النوع من الامتصاص شعاعياً، وهو قابل للترمم عن طريق النسيج المشبه بالملاط.

2- الامتصاص الالتهابي المتفاقم: ويقع عندما تكون فترة الضرر طويلة.

3-الامتصاص الاستبدالي: يعد الالتصاق محصلة لهذا النوع من الالتهاب، ويحدث الالتصاق نتيجة لتموت منتشر للأربطة، ويأخذ العظم بالتشكل في المناطق المكشوفة من الجذر، وما أن تصبح السن جزءاً من العظم حتى تبدأ عملية تخريب السن بواسطة النسيج العظمي بشكل تدريجي.

أما (Andreasen, 1985) فقد صنف امتصاص الجذور الخارجي من وجهة نظر نسيجية إلى 3 أنواع:

1-امتصاص خارجي سطحي يشمل مناطق صغيرة يتلوه عمليات ترميم.

2-امتصاص خارجي التهابي يصل إلى الأنبيبات العاجية.

3-امتصاص خارجي استبدالي حيث يحل العظم مكان المادة السنية الممتصة مما يؤدي إلى الالتصاق.

ويرى أن امتصاص الجذور الناجم عن المعالجة التقويمية يندرج على الأغلب تحت بند (الامتصاص الخارجي السطحي) ونادراً ما يكون من النوع الاستبدالي.

يرى العديد من العلماء أن عملية حدوث امتصاص الجذور الناجم عن المعالجة التقويمية تسبقها مرحلة أخرى ألا وهي مرحلة التتسكك الزجاجي في الرباط حول السني، ويمكن حدوث عملية امتصاص الجذور في المرحلة الثانية أي (مرحلة التخلص من منتجات التخريب) كاختلاط. (Rygh, 1977)

يكون امتصاص الجذور الناجم عن المعالجة التقويمية عند بدء تطبيق الحركة التقويمية ظاهرة قابلة للترميم الذاتي، فإن تطبيق قوة مثالية سيؤدي إلى نشوء فجوات امتصاص، ولكن دون أن يحدث ما ندعوه امتصاص الجذور الخارجي، أما إذا تدخل عامل أو أكثر من العوامل المسببة للامتصاص في سياق المعالجة التقويمية فإن العضوية لن تتمكن من ترميم فجوات الامتصاص المجهريّة تلك، ليتحول الوضع النسيجي في أي لحظة إلى اختلاط خطير ناجم عن القوة التقويمية المطبقة، عندئذٍ تعرف هذه الحالة بالذات على أنها امتصاص جذور يمكن اكتشافه شعاعياً. (Tronstad, 1988)

يتعلق مدى نجاح عملية الترميم بعمق فجوة الامتصاص، فإذا كانت سطحية فإنها سترمم بواسطة الملاط بفضل هجرة الخلايا المولدة للملاط إلى السطوح المصابة بالامتصاص، ويسترجع الجذر في هذه المنطقة شكله التشريحي السابق، أما الفجوات العميقة الواقعة في حدود العاج فإنها ترمم بطبقة رقيقة من الملاط ، مما يؤدي إلى تشوه شكل الجذر في هذه الحالة، في كلا الحالتين المذكورتين تبقى سماكة الرباط الطبيعية عادة وتساير حواف العظم ومسار حواف الجذر مما يزيد في ثبات السن دون أن تتأثر وظيفياً. (Kvam, 1972)

مع زيادة مدة تطبيق القوة التقويمية والعزوم الكبيرة يزداد إمتصاص الجذر مما يؤدي إلى كشف العاج الجذري فتقوم الخلايا الكاسرة (كاسرات السن Odontoclast) بمهمة امتصاص الجذور، تنشأ هذه الخلايا في نقي العظام حيث توجد خلاياها السليفة وحيدة النوى، ومن ثم يتم نشرها عبر الأوعية الدموية تماماً مثل الخلايا الكاسرة للعظم (Osteoclast) لأنه في الواقع فإن كلاً من كاسرات السن وكاسرات العظم تمتلكان الوصف الخلوي نفسه والخصائص الوظيفية ذاتها. (Boyde, 1993)

تظهر عادة فجوات الامتصاص على سطح الجذر بمنطقة الضغط، ولكنها قلما تظهر على جهة الشد، هنا تجدر الإشارة إلى دراسة الباحث (Viecilli et al., 2008) الذي وجد مؤخراً في بحثه الذي تناول الحركة التقويمية في المستويات الفراغية الثلاثة، أنه عند تطبيق حركة تقويمية مفردة، يمكن أن تنشأ منطقة شد وأخرى ضغط وذلك في مكان واحد من الرباط، وهي فكرة تختلف عن المفاهيم التقليدية لموقع جهة الشد وموقع جهة الضغط التي طرحتها أبحاث الثمانينات والسبعينيات من القرن الماضي. (Reitan, 1967, Rygh, 1973b, Davidovitch et al., 1976)

في ما يخص آلية الوقاية من الامتصاص أشار (Andersson et al., 1987) إلى أن مقاومة النسيج السنية للامتصاص (وخصوصاً الملاط) هي ظاهرة غير مفهومة ويمكن اعتبار أن الأفكار المفسرة لهذه المقاومة عبارة عن نظريات، مع اعتقاده أن سطح الجذر المتعرض لعملية الامتصاص يقاوم بفضل الطبقة الخلوية العميقة من الرباط، والتي يعزى إليها قدرة الترميم الكامنة، حيث توجد في هذه الطبقة الخلايا المولدة للملاط والمولدة للعظم والمولدة للألياف، بالإضافة إلى الخلايا المبطنة والخلايا المحيطة بالأوعية، لذلك تتولى هذه الطبقة الخلوية العميقة مهمة ترميم المناطق المصابة بالامتصاص ذات المساحة الصغيرة وذلك بشكل كامل، بينما يتولى العظم ونقي العظم السنخي مهمة الإصابات الواسعة والتي تؤدي إلى الالتصاق، من ناحية أخرى لم يجد أي دور للجزء الخارجي من الرباط، وألياف (شاربي)، والنسيج الملاطي، والنسيج المشبه بالملاط، وخلايا مالاسية في آلية الوقاية من الامتصاص.

1. 9. 1. العوامل المؤهبة لامتنصاص الجذور:

1- العمر: نسبة الامتنصاص عادة أعلى لدى البالغين بالمقارنة مع اليافعين، حيث وجد نسبة عالية من الإصابة بامتنصاص الجذور وخسارة في العظم السنخي لدى معالجة البالغين تقويمياً. (Lupi et al., 1996)

2- جنس المريض: لم تستطيع الكثير من الأبحاث إيجاد علاقة بين امتنصاص الجذور وبين الجنس، بينما وجد البعض أن الإناث أكثر احتمالاً للإصابة بامتنصاص الجذور. (Jiang et al., 2010)

3- العامل الوراثي: وجد أن العامل الوراثي هو السبب في نشوء امتنصاص الجذور لدى 64 % من الحالات المصابة بامتنصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية، ورجح (Alexander, 1996) فرضية الاستعداد الفردي ولكنه لم يدرس دور العامل الوراثي بدقة.

4- الإنتماء العرقي : وجد أن نسبة هذه الظاهرة كانت أعلى لدى المرضى البيض وذوي الأصول اللاتينية بالمقارنة مع ذوي الأصول الآسيوية. (Sameshima and Sinclair, 2001)

5- الصحة العامة والأمراض والأدوية: لوحظ أن المشاكل المناعية يمكن أن تكون عاملاً مؤهلاً لامتنصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية، كما وجد البعض أن إصابة المريض بالربو التحسسي أيضاً يمكن أن يكون عاملاً مؤهلاً لامتنصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية. (McNab et al., 1999, Davidovitch, 1991)

6- شكل الجذر: لقد وجد أن ذرى جذور الأسنان الشاذة (الكليلة أو المدببة أو المشوّهة) أكثر عرضة لامتنصاص في سياق المعالجة التقويمية. (Thongudomporn and Freer, 1998, Levander et al., 1998)

7-المعالجة اللبية و الرضوض: لوحظ أن جذور الأسنان التي تم استئصال لبها عند تطبيق قوى تقويمية عليها كانت أقل تعرضاً للإمتصاص نتيجة لقساوة الأنسجة الصلبة بعد الاستئصال اللبي، (Levander and Malmgren, 1988) بل ذهب البعض إلى أبعد من ذلك ووجدوا أن المعالجة اللبية قد توقف ظاهرة الامتصاص لأسنان تعرضت لرضٍ ما أثناء أوبعد المعالجة (Dominguez-Veilleux and Gutmann, 2004)، بينما لم يجد (Esteves et al., 2007) علاقة ما بين إمتصاص الجذور وبين المعالجة اللبية.

8- موقع السن الخاضعة للحركة التقويمية: تكون إصابة الأسنان العلوية عادة أكثر شيوعاً مقارنة مع السفلية، وأكد غيرهم أن جذور القواطع عموماً والقواطع العلوية خصوصاً تتعرض إلى امتصاص بشكل أكبر مقارنة مع بقية الأسنان (Gorniak, 2006)، حيث يرى Oppenheim أن القوى التقويمية المطبقة على القواطع العلوية ينتقل معظمها بشكل مباشر إلى ذروة القاطعة مما يزيد من خطر الإصابة بامتصاص الجذور. (Oppenheim, 1945)

9- العوامل المتعلقة بالمعالجة التقويمية:

A- مدة تطبيق المعالجة التقويمية : يزداد خطر امتصاص الجذور مع زيادة مدة تطبيق المعالجة التقويمية (Nigul and Jagomagi, 2006) ، بينما لم يجد (Mohandesan et al., 2007) علاقة ما بين مدة تطبيق المعالجة التقويمية وبين مشكلة امتصاص الجذور.

B- مقدار القوة التقويمية المطبقة: اتفق العديد من العلماء على أن القوة التقويمية الكبيرة تؤدي على الأغلب إلى زيادة احتمال نشوء امتصاص الجذور في سياق المعالجة التقويمية. (Darendeliler et al., 2004)

C- تواتر القوة التقويمية المطبقة : وجد البعض أن تأثير تواتر تطبيق القوة (متقطع أوغير متقطع) أكبر من تأثير قيمة القوة التقويمية المطبقة، ولذلك

يقترح أن يكون التطبيق متقطعاً لأنه يعطي الفرصة الزمنية الكافية لعمليات ترميم الملاط.(Reitan and Kvam, 1971, Oppenheim, 1945)

بينما وجدت الباحثة Gonzales أنه مجرد تطبيق القوى التقويمية الكبيرة بحد ذاته سيؤدي إلى امتصاص الجذور بغض النظر عن تواتر القوى المطبقة.(Gonzales et al., 2008)

D- مقدار المسافة التي تجتازها السن أثناء المعالجة التقويمية: يرى العديد أن درجة الإمتصاص تتناسب طردياً مع مقدار المسافة التي تقطعها الجذور المحركة تقويمياً.(Brin et al., 2003, Segal et al., 2004)

E- نوع الحركة التقويمية المطبقة : تناولت الأبحاث، من ناحية أخرى، نوع الحركة التقويمية المطبقة وتأثيرها على جذور الأسنان، ف لوحظ أن حركة الغرز والتورك (الإمالة الدهليزية اللسانية) هي الأخطر بالنسبة لبقية الحركات (Casa et al., 2006, Hohmann et al., 2007)، أما حركتي الجر الجسمي والإمالة فإنهما أقل خطراً لتركز القوى عند القنزعة السنخية أكثر من ذرى الجذور وهو ما يجب الانتباه إليه عند تطبيق مثل هذه الحركات.(Rudolph et al., 2001)

ولكن Reitan يرى أن توزع الضغط على مدى سطح الجذر الذي يحصل أثناء تطبيق الحركة الجسمية يجعل الحركة الجسمية أقل خطراً من حركة الإمالة.(Reitan and Kvam, 1971)

1.10. الليزر Laser

1.10.1 .لمحة تاريخية History :

يُعدّ الليزر نوعاً من أنواع العلاج الضوئي، الذي هو من أقدم الطرق العلاجية التي استخدمها الإنسان حيث استخدم الضوء للشفاء من الأمراض منذ القدم، فقد استخدم

الإغريق والرومان ضوء الشمس لمعالجة العديد من الأمراض رغم عدم معرفتهم بآلية عمله تماماً، وقد سموه العلاج بأشعة الشمس heliotherapy، وفي عام 1903 منح الدكتور Niels Ryberg جائزة النوبل في الطب بعد استخدامه لضوء الشمس في علاج النموذج المشوّه من مرض السل. (Brugnera Júnior, 2006)

جاءت فكرة الليزر عموماً نتيجة المبادئ التي وضعها Albert Einstein في عام 1916 وذلك في مقالته عن النظرية الكمية للإشعاع التي وضعت الأساس لاختراع الليزر. وذلك بالاعتماد على معاملات الاحتمال التي سُميت فيما بعد معاملات أينشتاين للامتصاص، والإصدار التلقائي، والإصدار المحفّز. (Garwin and Lincoln, 2003)

قام العالم Theodore Maiman بصنع أول ليزر في 16 أيار 1960 في مختبر أبحاث Hugher في كاليفورنيا، وذلك بتسليط ضوء مصباح وميض على قضيب ياقوت مغطى بسطح من الفضة. (Maiman 1960)

بدأ استخدام الليزر في الوسط الطبي منذ السبعينات من القرن الماضي، حيث استخدم جراحو الفم ليزر ثاني أكسيد الكربون للمداخلات الجراحية على النسيج الرخوة، وفي عام 1989 تم إنتاج أول ليزر صُمم خصيصاً للاستخدام في مجال طب الأسنان، ومنذ ذلك الوقت أوجد الممارسون عدداً متزايداً من التطبيقات السريرية لليزرات السنية. (Myers et al., 1989, Coluzzi and Convissar, 2007)

1. 10. 2. أساسيات الليزر Laser Fundamentals

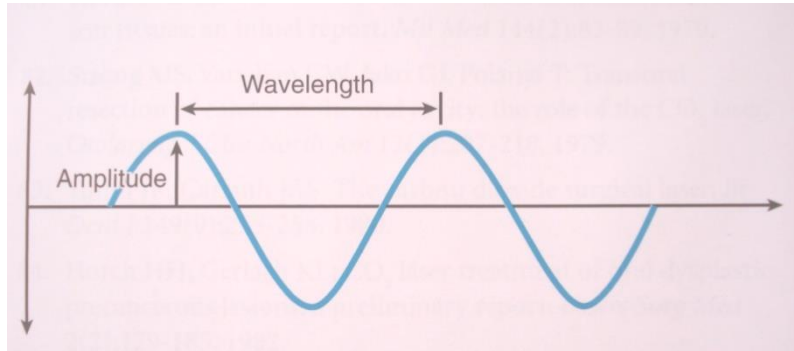
يُعد الليزر نموذجاً خاصاً ومميزاً من الضوء، وكلمة الليزر LASER هي اختصار لعبارة

تضخيم الضوء بواسطة الإصدار المحثوث للإشعاع

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

فالضوء شكل من أشكال الطاقة التي توجد على شكل فوتونات وتنتقل على شكل موجات مؤلفة من مركبتين متعامدتين كهربائية ومغناطيسية، ويكون لموجة الضوء ثلاث خواص أساسية:

- **السرعة Velocity:** هي سرعة الضوء .
 - **السعة amplitude:** هو البعد العمودي لارتفاع الموجة بدءاً من محور الصفر و حتى الذروة والذي يبين طاقة الموجة، حيث تُقاس هذه الطاقة بالميلي جول ويساوي واحداً بالآلف من الجول.
 - **Wave length:** هو المسافة الأفقية بين أية نقطتين متماثلتين على الموجة .
طول الموجة
- ويتراوح مجال الأطوال الموجية المفيدة في طب الأسنان بين 450-10.600 نانومتر (النانومتر واحداً بالليون من المتر).
- (Convissar, 2011, Coluzzi and Convissar, 2007, Coluzzi and Convissar, 2004)



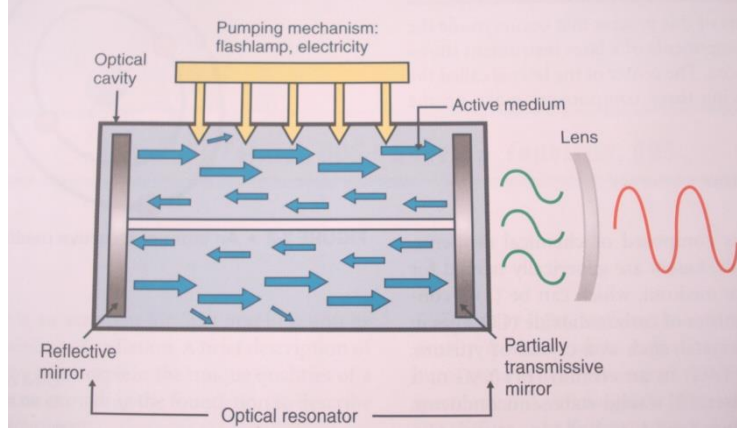
الشكل (3) : سعة وطول الموجة الضوئية.

1. 10. 3. بنية الليزر: laser structure

يحتوي كل جهاز ليزر، بشكل عام، مهما اختلف نوعه على المكونات الأساسية التالية :

- 1- **الوسط الفعّال active medium:** هي المادة المسؤولة عن توليد الليزر وهي تمتلك خاصية الإسكان العكسي population inversion، ويمكن أن تكون في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.
- 2- **المصدر المهيج:** هو مصدر الطاقة الذي يزود ذرات الوسط الفعّال بالطاقة للحصول على الإسكان العكسي.

3- الحجرة الضوئية أو المرنان **optical resonator**: تتكون من مرأتين متقابلتين ومتوازيتين، بحيث تكون إحداها عاكسة كلياً (100%) والأخرى عاكسة جزئياً (90%)، أي تسمح بمرور نسبة معينة من الضوء خارج الحجرة، ويوضع الوسط الفعال بين مرآتي المرنان (الشكل 4).



الشكل (4) : الأجزاء المكونة لجهاز الليزر .

1. 10. 4. خواص الشعاع الليزري Properties of Laser

: Radiation

يختلف الشعاع الليزري عن الضوء التقليدي المرئي بأنه مثل شعاع الميكروويف أحادي الطول الموجي، وله توزيعه الطيفي الدقيق. فالضوء الليزري مترابط (متماسك)، ومتوازٍ، وأحادي الطول الموجي (أحادي اللون). (Weber, 1999).

1. 10. 5. أنواع الليزر Types of laser :

تُصنّف الليزرات حسب طرق إصدار أو ضخ الشعاع الليزري إلى : مستمر ، نبضي. وتُصنّف الليزرات حسب حالات المادة المكونة للوسط الفعال إلى الأنواع التالية :

- ليزرات الحالة الصلبة Solid state lasers.
- الليزرات السائلة Liquid laser.
- الليزرات الغازية Gas laser.
- ليزرات أخرى Other lasers.

(Myers and Sulewski, 2004, Coluzzi and Convissar, 2004)

يُصنف الليزر تبعاً لاستخداماته إلى :

- الليزر اللين Soft laser.

- الليزر القاسي Hard laser.

يطلق على الليزر اللين اسم ليزر التحريض الحيوي (bio-stimulating laser) ويوجد عدة أنواع منه حسب الوسط الليزري active medium والمضخم الأولي لها، ونذكر منها:

- ليزر غالسيوم آرسنيد (Ga As) .

- ليزر غالسيوم ألمنيوم آرسنيد (Ga Al As) .

- ليزر غالسيوم ألمنيوم فوسفور (Ga Al p) .

- ليزر (He Ne) (Moritz and Beer, 2006)

هيليوم نيون

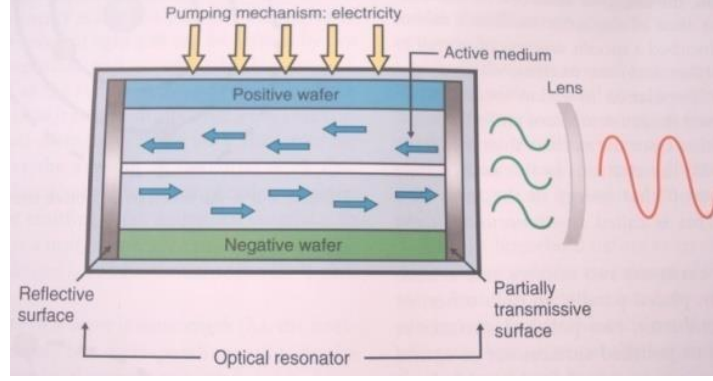
1.5.10.1. الليزرات نصف الناقل Semiconductor lasers :

اقترح مفهوم الليزر نصف الناقل أو الديود ليزر Diode Laser من قبل Javan و Basov، ويكون فيه الوسط الفعّال نصف ناقل، أي يسمح بمرور التيار الكهربائي باتجاه واحد دون الآخر. وهذا الليزر مشابه لذلك الموجود في الصمامات الثنائية المصدرة للضوء (Light-emitting Diodes) والنموذج الأكثر شيوعاً هو المكوّن من وصلة - + (PN) والمزود بالطاقة عن طريق التيار الكهربائي. وعند وصل النموذجين ببعضهما تتجه الشحنات المتعاكسة نحو بعضها فيحدث اندماج فيما بينها وانطلاق الفوتونات. ويتم صقل وجهي الوصلة (PN) ليتشكل على طرفيها مرآتان متقابلتان تحققان الاهتزاز والتضخيم الضوئي.

تمّ وصف أول ليزر نصف ناقل من قبل Robert Hall في عام 1962، وكان مصنوعاً من الغاليوم آرسنيد، ويصدر أمواجاً بطول 850 نانومتر في المنطقة تحت الحمراء القريبة من الطيف .

كانت هذه الليزرات نصف الناقل تعمل بشكل نبضي، وبعد تبريدها لدرجة 77 كالفن. وفي العام 1970 قام كل من Alferov في الاتحاد السوفييتي و Hayashi و

Panish بتطوير ليزرات نصف ناقلة تعمل بشكل مستمر ، وبدرجة حرارة الغرفة .
(Moritz and Beer, 2006)



الشكل(4) : الأجزاء المكونة لجهاز الليزر نصف الناقل.

تُعدّ الليزرات نصف الناقلة من ليزرات الحالة الصلبة ، ويمكن للمادة الليزرية أن تكون نصف ناقل مفرد، لكن عادة ما تكون مؤلفة من نصف ناقل مركب ثنائي أو ثلاثي أو رباعي .

تتصف الأجهزة الليزرية نصف الناقلة بأنها أجهزة مدمجة لها قدرة عالية على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ليزرية ، وهي على خلاف ليزرات الهليوم- نيون لا تحتاج إلى توتر عال ، وبالتالي يمكن استخدامها على شكل أجهزة محمولة تعمل على البطارية الكهربائية، كما يمكن أيضاً إصدار الضوء بشكل نبضي وبتواترات مختلفة ، وذلك باستخدام دائرة كهربائية خارجية بسيطة . وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأجهزة لها عمر متوقع يتراوح من 66.000 إلى 100.000 ساعة.

(Moritz and Beer, 2006, Myers and Sulewski, 2004)

1. 10. 6. نمط إصدار الليزر : Laser emission mode

هناك نمطان رئيسيان لإصدار أطوال موجات الليزر السنية:

- الإصدار الموجي المستمر continuous wave emission ويعني

أن طاقة الليزر تصدر بشكل مستمر، طالما كان جهاز الليزر مفعلاً مما يحدث تفاعلاً مستمراً مع الأنسجة المستهدفة

مثال :ليزر CO_2 ، Diode.

- الإصدار النبضي pulse wave emission تصدر طاقة الليزر

بشكل متقطع كنبضات، تطلق كل نبضة خلال أجزاء مئوية من الثانية

مثال :ليزر Nd-YAG.

(Coluzzi and Convissar, 2004)

1. 10. 7. أمان الليزر : Laser safety

تم تصنيف الليزر إلى أربعة أصناف من حيث الخطورة، حيث أن معايير الأمان

تصبح أكثر صرامة مع ازدياد صنف الخطورة، وهناك ما يُسمى بقيم التعرض

القصوى المسموح بها، وهي عبارة عن قيم محددة تم تعيينها من خلال التجارب على

الحيوانات، إضافة إلى ذلك توجد بعض العوامل الفيزيائية والكيميائية المؤثرة، حيث

أن النسيج المختلفة لها حساسيات مختلفة للإشعاع الضوئي. وقد تم تحديد قيم

التعرض القصوى المسموح بها لكل من الجلد والعين بشكل مستقل ، وواحداتها

الفيزيائية هي الواط / m^2 و الجول/ m^2 .

(Beer et al., 2005, Sliney, 1997)

الصنف الأول class 1 : يشير إلى أجهزة الليزر الآمنة، وهذه الأجهزة منها ما تكون

قدرته منخفضة جداً وتبقى دون الحدود القصوى للتعرض المسموح بها، ومنها ما تكون

قدرته الناتجة عالية لكن محفوظة ضمن مسكن واق يمنع الشعاع من الانبعاث إلى الوسط الخارجي تحت ظروف العمل الاعتيادية، وبالتالي تعتبر هذه الأجهزة آمنة على العين.

- الحالة: القدرة تحت 40 ميلي واط في المجال الطيفي الأزرق، و 400 ميلي واط في المجال الطيفي الأحمر.

- الأمثلة: محددات المجال (Range finder)، والأقراص المدمجة (CD-players).
أضافت المعايير الجديدة للأمان الليزري صنفاً جديداً للأجهزة الليزرية التي تكون آمنة على العين المجردة، لكنها تحمل خطراً في حال استخدام الأدوات البصرية كالعصيات المكبرة، وهذا الصنف هو M 1. حيث يجب عدم النظر إلى شعاع الليزر بشكل مباشر باستخدام الأدوات البصرية، لأنه في حال استخدام العصيات المكبرة أو المنظار فإن قيم التعرض القصوى تزداد، مما يمكن أن يسبب أذية للعين حتى مع فترة تعرض قصيرة، لأن هذه الأدوات تركز كثافة ضوئية عالية على العين مما يزيد من نسبة التعرض.

الصنف الثاني II (Class II): تعد الليزرات منخفضة الطاقة ذات الأطوال الموجية المرئية (400-700 نانومتر) آمنة لفترة رؤية قصيرة (>0.25 ثا)، وتعتبر الرؤية المتعمدة الطويلة خطيرة، حيث يجب عدم التحديق بالشعاع، وفيما عدا ذلك فهو آمن. أضافت المعايير الجديدة للأمان الليزري صنفاً جديداً للأجهزة الليزر التي تكون آمنة على العين المجردة حتى 0.25 ثانية من التعرض، لكنها تحمل خطراً في حال استخدام الأدوات البصرية كالعصيات المكبرة، وهذا الصنف هو M2. يوجد صنف أيضاً هو II a تعد من الليزرات منخفضة الطاقة المرئية ينطوي على مخاطرة عند الرؤية المتعمدة لأكثر من 1000 ثانية.

- الحالة: الليزر ذات الأمواج المستمرة والتي قدرتها الناتجة أقل من 1 ميلي واط.

- الأمثلة: المؤشرات الليزرية (laser pointers)، وليزرات الاستهداف (targeting lasers).

الصنف الثالث A (Class IIIA) : تم استبدال هذا الصنف بصنفيين جديدين 1M و 2M في معايير الأمان الليزري الحديثة. حيث أن قيم التعرض مماثلة للصنف الثاني في مجال الضوء المرئي ومماثلة للصنف الأول في المجالات غير المرئية، وذلك في حال عدم استخدام الأدوات المكبرة . أما في حال استخدام مثل هذه الأدوات البصرية فإن الضرر يمكن أن يحدث حتى خلال 0.25 ثانية نتيجة تركيز الأشعة ، لذلك يجب استخدام النظارات الواقية والمرشحات المخففة وإتباع إجراءات وقائية منظمة.

- **الحالة:** القدرة الناتجة من (1 - 5 ميلي واط) ، والشدة أقل من 25 واط /سم² للمجال المرئي، وخمسة أضعاف حدود الصنف الأول في المجال غير المرئي في حال لم يتم زيادة قيم التعرض القصوى.
- **الأمثلة:** الليزرات المستخدمة للقياس.

الصنف الثالث B (Class IIIB) : تحدث ليزرات هذا الصنف أذية للعين وحتى للجلد في حالات خاصة، حيث يمكن أن يحدث الضرر خلال فترة تعرض قصيرة جداً ، أو عند التعرض العرضي للشعاع المباشر أو المنعكس. في معظم الحالات لا يشكل الانعكاس المنتشر أو الإشعاع خطورة على الجلد.

- **الحالة:** الطاقة الناتجة (500 - 5 ميلي واط) من الأمواج فوق البنفسجية A إلى تحت الحمراء البعيدة.

- **الأمثلة:** الليزرات المستخدمة للقياس وعروض الليزر.

الصنف الرابع iv (Class iv) : إذا كانت القدرات الناتجة أكبر من 0.5 واط فإنها تسبب أذية للعين والجلد حتى من خلال الانعكاس المنتشر، كما أن هناك خطورة من احتراق المواد القابلة للاشتعال الواقعة في طريق الشعاع.

- **الحالة:** الطاقة الناتجة أكبر من الصنف الثالث .

- **الأمثلة:** الليزرات المستخدمة للقص والقطع والنقش وغيرها .

(Beer et al., 2005, Sliney, 1997)

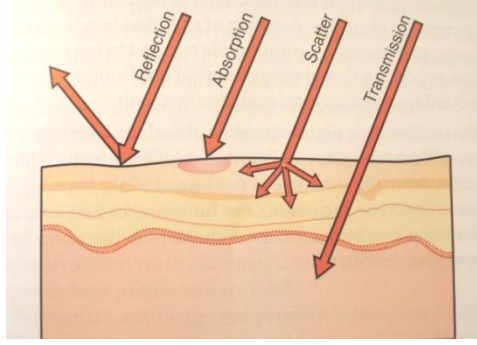
1. 10. 8. التفاعلات بين الليزر والنسج Laser - Tissue Interactions :

تعتبر خاصية الطول الموجي الوحيد للضوء الليزري ملائمة للتأثير الانتقائي على النسيج الحيوي، وعندما يصطدم الضوء بالنسيج (Transmit) أو يتشتت (Scatter) أو ينعكس (Reflect) يمكن له أن ينفذ أو يمتص (Absorb)، وذلك حسب نوع النسيج والطول الموجي للضوء. حيث يتم الحصول على النتائج العلاجية القصوى عندما يتم استخدام الطول الموجي الأكثر امتصاصاً من النسيج المستهدف (الشكل رقم 5). (Dederich, 1991)

تحتوي جميع النسيج الحية على الماء، والأطوال الموجية الأكثر امتصاصاً من قبل الماء هي الأطوال الموجية لثاني أكسيد الكربون و Er:YAG، وعلى العكس يسمح الماء بانتشار الأشعة الليزرية ذات الطول الموجي الأقصر، أما الخضاب و مكونات الدم الأخرى و النسيج الصباغي الميلانيني فتمتص الأشعة الليزرية ذات الأطوال الموجية القصيرة. إضافة إلى الخصائص الضوئية الامتصاصية، فإن لكل طول موجي عمق اختراق معين للنسج. حيث تُمتص ليزرات عائلة الإربيوم عند سطح النسيج المستهدف، بينما يمكن لليزرات الديود (Diode Laser) أن تخترق آلاف الميكرونات في عمق النسيج. (Dederich, 1993, Weiner, 2004)

وبالنتيجة فإن التفاعل بين الطاقة الليزرية والنسيج الهدف يحدده عاملان مستقلان عن الطبيب المعالج، هما الطول الموجي المحدد لليزر، والخواص البصرية للنسج المستهدفة. أما بالنسبة لشدة القدرة وشدة الطاقة ومعدل تكرار النبضة الليزرية ومدة بقاء النبضة ونمط الطاقة المنتقلة إلى النسج، فإن ضبط هذه العوامل قد يمكننا من ضبط الاستجابة المثلى للتطبيق الليزري.

(Ball, 1990)

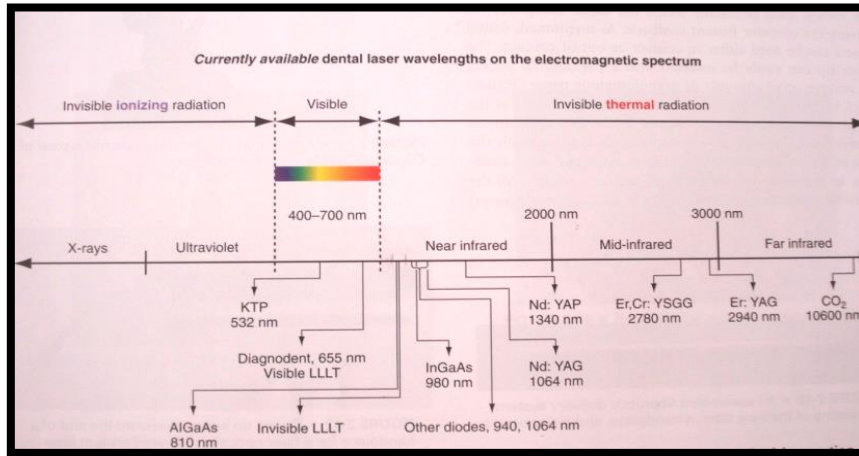


الشكل (5) : التفاعلات بين الليزر والنسيج. (Convissar, 2011)

1.7.9. الأطوال الموجية المستخدمة في طب الأسنان:

تتراوح الأطوال الموجية لليزر المستخدمة حالياً في طب الأسنان ما بين 450 و 10600 نانومتر، يتراوح مجال الطيف المرئي visible spectrum بين 400 و 700 نانومتر، تصدر غالبية الليزر في الطيف غير المرئي invisible من المجال تحت الأحمر infrared القريب و المتوسط و البعيد على نحو يوافق الشكل التالي:

(Convissar, 2011)



الشكل (6): الأطوال الموجية المستخدمة في طب الأسنان (Convissar, 2011)

1.10.10. العلاج بالليزر منخفض الطاقة Low Level Laser :therapy

يمكن اعتبار العلاج بالليزر منخفض الطاقة (LLLT) من التفاعلات الكيمياءضوئية بين الليزر والنسيج photochemical laser tissue interactions وهو يعتمد على ظاهرة يطلق عليها التحريض الحيوي biostimulation.

(Ferriello et al., 2010, Pogrel et al., 1997)

يُعرف أيضاً الليزر منخفض الطاقة بليزر التحريض الحيوي أو الليزر البارد أو اللين أو العلاجي أو منخفض المستوى أو المنخفض الكثافة، و يعتبر طريقة من طرق العلاج الضوئي والفيزيائي، يعتبر العالم الهنغاري Mester Endre أول من أدخله إلى الطب عام 1969 . يمكن لهذا النوع من الليزر أن يعدل الاستقلاب الخلوي، ويحسن شفاء الجروح وينقص الألم و الوذمة ويسرع العملية الالتهابية وشفاء الجروح.(Karu, 1989, Strauss and Fallon, 2004)

حيث تتضمن التأثيرات المشاهدة والمثبتة الناتجة عن الإشعاع الليزري تنشيط إنتاج الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP)، وتضاعف ألياف الغراء، وتحسين الدوران الدموي الشعري وزيادة تصنيع الـ DNA. كما يمكن إجمال التأثيرات العلاجية لليزر بما يلي:

- تأثير مضاد للالتهاب.

- تأثير مسكن للألم.

- تأثير مرمم للنسج.

تساعد المعالجة بالليزر اللين العضوية في استرجاع توازنها، والتعديل الحيوي للاستجابات الالتهابية، وتسمح بحدوث شفاء أسرع.(Karu et al., 2005) وتتضمن تطبيقات الليزر منخفض المستوى في طب الأسنان تعزيز الشفاء في العديد من المواقع نذكر بعضاً منها :

- اللب السني مع تشكل عاج ثانوي بعد بتر اللب.(Manni, 1996)

- الشقوق الجراحية في النسج الرخوة الفموية.(Walsh, 1997)

- الشقوق اللثوية.(Neiburger, 1995, Neiburger, 1999)

- أماكن القلع (تعزيز شفاء العظم والنسيج الرخو). (Takeda, 1988, Karu, 2004)
- مناطق القرحات القلاعية الناكسة في الفم. (Karu, 2004)
- فرط حساسية الأسنان. (Parker, 2007)
- أذية المفصل الفكي الصدغي أو أمراض المفصل الالتهابية. (Venezian et al., 2010)
- النسيج العصبي المتضرر بهدف تسريع إعادة البناء. (Zhang et al., 2010)

إن آليات المعالجة بالليزر منخفض المستوى معقدة ، لكنها تعتمد بشكل أساسي على امتصاص الأطوال الموجية الحمراء المرئية جزئياً وتحت الحمراء القريبة، من قبل المستقبلات الضوئية الموجودة ضمن العناصر تحت الخلوية، وخاصة السلسلة الناقلة للإلكترون (السلسلة التنفسية) ضمن أغشية الميتوكوندريا الحويبية. (Karu, 1989)

يؤثر طول الموجة على عملية التحريض الحيوي كما هو موضح بالجدول (1) من حيث تكاثر الخلايا البشرية والمولدة للليف والبطانية والبالعة واللمفاوية، وزيادة اصطناع الـATP، وتحرير عوامل النمو والسيبتوكينات. (Moritz and Beer, 2006)

التأثير	شدة الطاقة (جول/سم ²)	طول الموجة (نانومتر nm)
تكاثر مولدات الليف بالاعتماد على الجرعة وشدة الضوء	56 – 0	900 – 600 nm / 540nm
حدوث توسع وعائي، هجرة الخلايا الأسسة النسيجية ، وذمة خلالية وفتح مسامات غشاء الخلية	2.5	632.8 nm
تعزيز عملية البلعمة في الخلايا العدلة	2.5	632.8 nm
تحسين معدل استقلال مولدات الليف	2	632.8 nm
ازدياد تكاثر الخلايا المتقرنة	4 – 0.25	904nm , and 632.8 nm
تحريض تكاثر مولدات الليف بالتأثير على استجابة البالعات الكبير	2.4	660 nm , 820 nm ,

870nm and 880 nm		
660 nm	2.4 – 9.6	تعزيز استجابة البالعات الكبير والتكاثر
820 nm	2.4 – 7.2	تزايد استجابة البالعات الكبير وتكاثر مولدات الليف
830 nm	10	ازدياد النضح والتكاثر الوعائي في الشرائح الجلدية لدى الفئران
830 nm	10	ازدياد فعالية البلعمة في العدلات
904 nm	74.4	إنقاص الوذمة وتحسين انغلاق جروح الجلد لدى الفئران

الجدول (1): تأثير الأطوال الموجية المختلفة على عملية التحريض الحيوي.

1.10.10.1. التأثيرات الخلوية لليزر منخفض الطاقة :

1. التأثيرات الخلوية لليزر منخفض الطاقة خلال عملية شفاء الجرح :

Cellular effects of LLLT during wound healing

تدعم نتائج مختلف الدراسات الاقتراح بأن آلية المعالجة بالليزر منخفض الطاقة على المستوى الخلوي بُنيت على زيادة الفسفرة التأكسدية في المتقدرات الحيوية، التي يكون سببها الإثارة الإلكترونية لمركبات السلسلة التنفسية مثل: السيتوكروم C و الأوكسيداز.

(Karu et al., 2004)

تبين أن المعالجة بالليزر اللين تسبب توسعاً وعائياً مع ازدياد في التروية الدموية الموضعية . وينتج عن هذه المعالجة استرخاء العضلات الملساء في بطانة الأوعية الدموية وحدوث التوسع الوعائي الذي يورد الأوكسجين ويسمح بمرور أكبر للخلايا الدفاعية إلى النسيج ، وهذان التأثيران يساهمان في تسريع الشفاء. (Moritz and Beer, 2006)

تسرع المعالجة بالليزر منخفض الطاقة عملية شفاء الجرح وتخفف الألم ، وذلك عن طريق تنشيط الفسفرة التأكسدية في المتقدرات الحيوية وتعديل استجابات الوسائط الالتهابية.

(Schultz and Chan, 2001)

2. تأثير الليزر المنخفض الطاقة على الألم:

تبدى النسيج العصبي بشكل تالٍ للمعالجة بالليزر اللين تناقصاً في اصطناع الوسائط الالتهابية بالإضافة إلى حدوث نضج وتجدد أسرع، وبشكل خاص نمو المحور العصبي . وتم إثبات تأثير المعالجة بالليزر في تخفيف الألم لدى مرضى العصاب العقبولي، وفرط حساسية أعناق الأسنان ، وألم النسيج الداعمة أثناء حركة الأسنان التقويمية. (Parker, 2007)

كذلك تعتبر المعالجة بالليزر اللين مفيدة في معالجة اضطرابات المفصل الفكي الصدغي وبقية مفاصل الجسم، حيث حدث تسكين للألم وعودة الوظيفة المفصالية بشكل أسرع بعد المعالجة بالليزر اللين بالمقارنة مع المرضى غير المعالجين، وتحسنت أيضاً حركة فتح الفم وكذلك الحركات الجانبية بشكل فعال ومميز بعد المعالجة بالليزر اللين، كانت هذه النتائج متماثلة سواء كانت الإصابات ذات منشأ عضلي أو مفصلي. وهناك تقارير إيجابية حول استخدام الليزر اللين في العيادات السنية لمعالجة اضطرابات المفصل الفكي الصدغي وعصاب مثلث التوائم والألم العضلي. (Kulekcioglu et al., 2003)

تعد السيطرة على الألم من أهم مجالات تطبيق المعالجة بالليزر اللين، والتي تعتمد على التصنيع المحرض لـ ATP في العصبونات. فحين ينخفض تصنيع ATP يحدث زوال استقطاب ضعيف مما يخفض من عتبة التنبيه وكمون العمل ، بينما يؤدي التصنيع المحرض لـ ATP بواسطة الليزر اللين إلى حدوث فرط استقطاب وإعاقة التنبيه ، مما ينقص من قدرة المنبهات الألمية على الإثارة . كما أن تثبيط البروستاغلاندين E2 (على اعتباره إشارة نظيرة صماوية) والإنترلوكين 1 بيتا (على اعتباره إشارة نظيرة صماوية، ومفعّل للخلايا T المساعدة TH) ينقص تحريض الألم ، حيث أن البروستاغلاندين يزيد الألم لأنه يحسس المستقبلات عن طريق تخفيض عتباتها. إضافة إلى أن تحسين الدوران الدموي في الأوعية الدموية المحيطة يلعب دوراً في تخفيض الألم.

(Rich, 2003)

كما يمكن أن ينتج التأثير المسكن لليزر اللين عن منع تشكل كمون العمل في العصب المحيطي الذي يقوم بتوصيل التنبيهات العصبية، حيث أن إيقاف انتقال السيالات المثارة من قبل المستقبلات الألمية إلى النخاع الشوكي هي الآلية الوظيفية العصبية التي يعتمد عليها التأثير العلاجي المسكن لليزر اللين، وتم إثبات ذلك من قبل (Mezawa et al., 1988) . حيث قاموا بإجراء تنبيه حراري وكهربائي وميكانيكي للعصب بعد التعرض للأشعة الليزرية، فتبين أن 60 % من المستقبلات الألمية اللسانية المعرضة لليزر لدى القطط أظهرت تناقصاً في تواتر كمون العمل. وبالنتيجة يتبين أن للخلايا القدرة على تحويل وتخزين الطاقة الليزرية بمساعدة المتقدرات الحيوية، والمواد الصباغية الرئيسية الممتصة لهذه الطاقة هي الخضاب والقتامين. حيث تسمح هذه الأصبغة الاستشعارية الوظيفية بحركة الإلكترونات في نظام الأكسدة والإرجاع المحرض نتيجة امتصاص الأشعة الليزرية ، مما ينتج عن ذلك تفعيل إلكتروني ليزري يؤثر على إنتاج الطاقة . كما تقوم الأشعة الليزرية بتفعيل وتنشيط بعض محتويات الخلية مثل السيتوكروم (Cytochrome) وهو بروتين يحتوي على الحديد ويعمل كناقل للأكسجين، وإنزيم الكيموتريسين (cymotripsin enzyme) الذي يتعامل مع السلاسل الببتيدية.

يقوم الليزر منخفض القدرة بتسريع استجابة العضوية من خلال تفعيل الوسائط الكيميائية الحيوية وإنزيمات السلسلة التنفسية ، ومن خلال تسريع معدل الاستقلاب في النسيج المعرض لليزر ، كما يدعم الليزر اللين دخول مصورات الليف إلى الجرح وينشط تشكل ألياف الكولاجين.

(Navratil, 2003)

10.1. 11. إجراءات السلامة والأمان عند استخدام الليزر :

يتطلب التعامل مع أجهزة الليزر الإلمام بقواعد السلامة الخاصة به وهي:
ارتداء واقيات عينية خاصة بكل طول موجي مستخدم لحماية العين (لكل من الطبيب و المريض).

- استخدام نظام شفط للأبخرة المتصاعدة عالي الفعالية .

- تصميم جيد لمكان العيادة بما يتناسب مع إجراءات الأمان (البساطة وعدم وجود سطوح عاكسة ، نظام توصيل كهربائي يمكن فصله بسهولة أو يفصل ألياً في حال طرأ حادث ما) .
- ضبط ومنع دخول الأشخاص إلى مكان العمل الليزري .
- إتباع تعليمات السيطرة على الإنتان الروتينية (الخاصة بالملابس والوقاية الشخصية).

(Moritz and Beer, 2006)

1. 11. الدراسات السابقة:

❖ دراسة (Saito and Shimizu, 1997)

دراسة تأثير التشعيع بالديود ليزر، وسيطه الفعّال هو الغاليوم-ألومنيوم-أرسنيد -GA-AL-AS إصداره الموجي مستمر، على الدرر المتوسط الحنكي أثناء التوسيع عند حيوانات التجربة (الجرذان)، حيث وجد الباحث فعالية كبيرة لليزر خلال الفترة المبكرة من التوسع (اليومين الأول والثاني)، في حين لم يجد أي تأثير على مادة توليد العظم خلال الأيام ما بين الرابع والسادس، كما لم يجد أي تأثير إيجابي في حال تطبيق الليزر بجرعة قليلة (تطبيق مرة واحدة فقط)، وبذلك استنتج أن التشعيع بالليزر فعّال في إعادة توليد العظم ولكن ذلك يعتمد على مقدار الجرعة و توقيت ذلك التشعيع.

❖ دراسة (Kawasaki and Shimizu, 2000)

دراسة حول فعالية الليزر منخفض الطاقة على إعادة التشكل العظمي من خلال إحداث حركة سنّية تقويمية على حيوانات التجربة (جرذان ويستر)، استخدم الباحث الليزر من نوع الديود (Ga-Al-As) إصداره الموجي مستمر بطول موجة 830، استطاعة 100 ميلي واط. تم إحداث حركة سنّية تقويمية لمدة أقصاها 12 يوماً لعينة عددها 48 حيوان تجربة، لاحظ الباحث خلالها زيادة مقدار الحركة السنّية التقويمية في المجموعة التي تعرضت للتشعيع بالليزر مرة واحدة يومياً (لمدة ثلاث دقائق في كل نقطة تطبيق) مقارنة مع المجموعة التي لم تتعرض إلى التشعيع بالليزر.

❖ دراسة (Cruz et al., 2004)

أول من قام بدراسة فعالية الليزر منخفض الطاقة وتأثيرها على سرعة حركة الأسنان التقويمية عند الإنسان، من خلال دراسة لإرجاع أنياب أحد عشر مريضاً كانوا قد

أُخضعوا لقلع أربع ضواحك أولى علوية وسفلية كخطة معالجة تقويمية وذلك خلال 60 يوماً، حيث طُبّق الليزر

GA-Al-As بطول موجة مستمر 780 باستطاعة 20 ميلي واط بطاقة مقدارها 5 جول/سم² وفترة تعريض 10 ثواني لكل نقطة تطبيق، حيث كانت هناك 10 نقاط تطبيق موزعة على النحو الآتي: 5 منها حنكي (2 عنقي -2 ذروي -1 متوسط) و5 منها دهليزي، استنتج الباحث زيادة واضحة بسرعة إرجاع الأنياب بمعدل 34% في الجانب المعرض للتشعيع بالليزر مقارنة مع الجانب الشاهد (غير المعرض للتشعيع بالليزر).

❖ دراسة (Limpanichkul et al., 2006)

قام الباحث بإرجاع الأنياب العلوية لإثني عشر مريضاً (كانت خطة المعالجة عندهم قلع الضواحك الأولى)، ثم طُبّق ليزر من نوع (GA-AL-AS) بطول موجة 860، إصداره الموجي مستمر، واستطاعته 100 ميلي واط (الطاقة الكلية 25 جول/سم²)، تم تطبيق الليزر على ثمانية نقاط- ثلاثة منها دهليزية (لثوي ، متوسط ، ذروي) وثلاثة لسانية و اثنتان وحشي الأنياب العلوية المراد إرجاعها للخلف، لفترة وقدرها 23 ثانية لكل منطقة تطبيق. وعليه فإنه لم يجد أي فرق ذي دلالة إحصائية في المجموعة المدروسة مع تطبيق الليزر مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

❖ دراسة (Goulart et al., 2006)

درس فعالية الليزر منخفض الطاقة على الحركة السنوية التقويمية المحدثة على الكلاب

(17 كلباً) خلال 63 يوماً. استخدم الليزر بطول موجة 780 نانومتر، إصداره مستمر، استطاعته 70 ميلي واط، وقد قسم الدراسة إلى مجموعتين الأولى بطاقة 5,25 جول/سم² والثانية بطاقة أكبر من 35 جول/سم². استنتج الباحث من خلال الدراسة قدرة الليزر على تسريع معدل الحركة السنوية التقويمية في المجموعة الأولى

بمعدل 50% ، بينما حدث تثبيط لهذه الحركة في المجموعة الثانية خاصة خلال الفترة الأولى من تطبيقه.

❖ دراسة (Seifi et al., 2007)

درس فعالية الليزر منخفض الشدة بطولي موجتين مختلفتين 630 و 850 على الحركة السنوية التقويمية المحدثة على أسنان الأرانب خلال 16 يوماً، استنتج الباحث وجود بطئ في سرعة الحركة السنوية التقويمية بعد تطبيق الليزر منخفض الطاقة بكلا طولي الموجة المطبقتين.

❖ دراسة (Yamaguchi M and al., 2007)

درس التحريض الخلوي لليزر منخفض الطاقة وتأثيره على حركة الأسنان من خلال رصد M-csf و C-fms (وهما وسيطان أساسيان في عملية تمايز ونشاط الخلايا الكاسرة للعظم) بتطبيق قوة تقويمية لجر الرحى الأولى العلوية لحيوانات التجربة من نوع جرد ويسترن (50 حيوان تجربة) خلال سبعة أيام فقط، كما تناولت الدراسة جزئها الآخر في المختبر in vitro تحريض الخلايا السليفة لكاسرات العظم عند الجرذان باستخدام الليزر من نوع الديود (GA-AL-AS) بطول موجه 810 وإصدار موجي مستمر و باستطاعة تساوي 50 ميلي واط، مدة التشعيع بالليزر 3 دقائق في كل نقطة تطبيق يومياً من اليوم الأول وحتى السابع. بعد الدراسة الكيميائية مناعية من خلال تحري M-csf و C-fms تبين وجود زيادة واضحة خلال اليومين الثاني و الثالث في المجموعة المعرضة لليزر مقارنة مع المجموعة الشاهدة، مما يدل على فعالية الليزر في زيادة معدل تمايز الخلايا الكاسرة للعظم المسؤولة عن الامتصاص العظمي مما يحقق سرعة في إنجاز الحركة السنوية التقويمية.

دراسة (Youssef et al., 2008)

دراسة سريرية هدفت إلى تقييم فعالية الليزر منخفض الطاقة على زيادة سرعة الحركة السننية التقويمية، إضافة إلى تحري مستوى الألم أثناء إنجاز إرجاع الأنياب العلوية والسفلية لخمسة عشر مريضاً (كانت خطة المعالجة التقويمية لديهم هي قلع الضواحك الأولى العلوية والسفلية) و بفترة مراقبة دامت 6 أشهر، طُبّق الديود ليزر من نوع (GA-AL-AS) 809 باستطاعة 100 ميلي واط، 6 نقاط تطبيق ثلاث منها دهليزياً (عنقي، متوسط، ذروي) وثلاث أخرى لسانياً، مدة التطبيق للمنطقة اللثوية 10 ثوان والمتوسطة 20 ثانية و الذروية 10 ثوان (بجرعة كاملة تساوي 8 جول) ، استنتج أن دراسة الليزر منخفض الطاقة يسرع الحركة السننية التقويمية بشكل واضح (حوالي الضعف) كما أنه ينقص سوية الألم بشكل فعّال.

❖ دراسة (Fujita et al., 2008)

رصدت سرعة الحركة السننية من خلال تقييم تعبيرية RANK و RANKL و OPG وذلك بتطبيق ليزر (GA-AL-AS) 810 بإصدار موجي مستمر واستطاعة 100 ميلي واط في ثلاث مناطق، كل منطقة يتم التعرض فيها لمدة 3 دقائق بجرعة طاقة كاملة 54 جولاً (عن 9 دقائق تعرض)، تم مراقبة حيوانات التجربة لمدة 7 أيام فقط، تمت الدراسة المناعية الكيميائية من خلال رصد تعبيرية RANK و RANKL والتي أظهرت إيجابية واضحة في المجموعة المعرضة لليزر مقارنة مع المجموعة الشاهدة في حين أن نسبة OPG لم تتغير. مما دعاه للاستنتاج بفعالية واضحة لليزر في زيادة سرعة الحركة السننية التقويمية.

❖ دراسة (Yoshida et al., 2009)

قام الباحث بدراسة فعالية الليزر منخفض الطاقة في تسريع الحركة السننية التقويمية من خلال إحداث هذه الحركة على حيوانات التجربة (60 حيواناً) والاستعانة

باستخدام التصوير المقطعي الدقيق Micro-computed tomography، استخدم الليزر منخفض الطاقة من نوع الديود (Ga-AL-As) بإصدار موجي مستمر بطول موجة مقدارها 810 باستطاعة 100 ميلي واط، لاحظ الباحث وجود زيادة واضحة إحصائياً لمعدل الحركة السنوية التقويمية في المجموعة المعرضة للإشعاع الليزري بمقدار 1.34 ضعف مقارنة مع المجموعة غير المعرضة لليزر.

❖ دراسة (Kim et al., 2010)

درس تأثير الليزر منخفض الطاقة على إعادة تشكيل وانتظام النسيج الضام في الرباط حول السني أثناء إحداث حركة سنوية تقويمية عند حيوان التجربة وذلك من خلال دراسة تعبيرية الفيبرونكتين Fibronectin و الكولاجين نمط I، استخدم الباحث الليزر (GA-AL-AS) 808 نانومتر استطاعة 96 بطاقة 34،86 جول سم²، يومياً خلال السبعة أيام الأولى من التجربة بثلاث مناطق تطبيق دهليزية وثلاثة حنكية، استنتج فعالية الليزر في زيادة سرعة إعادة انتظام النسيج الضام خلال هذه الحركة السنوية التقويمية المحدثة.

❖ دراسة (Sousa et al., 2011)

قام بتطبيق الليزر 780 نانومتر باستطاعة 20 ميلي واط بطاقة 5 جول / سم²، لدى دراسة 26 ناباً معداً للإرجاع في سياق المعالجة التقويمية على مدى أربعة أشهر، وذلك على مجموعتين: أولى شاهدة (13 ناباً) والثانية (13 ناباً)، تم تطبيق الليزر أول ثلاث أيام من كل شهر وذلك على مدى أربعة أشهر متتالية، دلت الدراسة على وجود زيادة واضحة في سرعة حركة الناب للمجموعة الثانية مقارنة مع المجموعة الشاهدة، الأمر الذي ينقص من زمن المعالجة التقويمية المتوقع.

❖ دراسة (Artes-Ribas et al., 2012)

دراسة جديدة لتحري فعالية تطبيق الليزر منخفض الطاقة على تخفيض درجة الألم عند المرضى في المراحل الأولى من المعالجة التقويمية وذلك من خلال رصد درجة الألم عند 20 مريضاً متطوعاً وتطبيق الليزر 830 نانومتر، 100 ميلي واط على 6 نقاط تطبيق دهليزية لسانية بمعدل 20 ثانية لكل منطقة تطبيق (5 جول/سم²)، استنتج الباحث فعالية واضحة لليزر في تخفيض درجة الألم عند أولئك المرضى.

اسم العالم	العام	نوع الليزر	طول الموجة نانومتر	الاستطاعة ميلي واط	الطاقة المطبقة جول
Saito	1997	GA-AL-AS	-	100	-
Kawasaki	2000	GA-AL-AS	830	100	54 جول/سم ²
Cruz	2004	GA-AL-AS	780	20	50 جول/سم ²
Limpanichkul	2006	GA-AL-AS	860	100	75 جول/سم ²
Youssef	2006	GA-AL-AS	809	100	8 جول/سم ²
Yamaguchi	2007	GA-AL-AS	810	100	54 جول/سم ²
Seifi	2007	GA-AL-AS	630 850	100	لم تذكر التفاصيل من قبل الباحث
Fujita	2008	GA-AL-AS	810	100	54 جول/سم ²
Yoshida	2009	GA-AL-AS	810	100	54 جول/سم ²
Kim	2010	GA-AL-AS	808	96	34,81 جول/سم ²
Souse	2011	GA-AL-AS	780	20	5 جول/سم ²
Artes-ribas	2012	GA-AL-AS	830	100	5 جول/سم ² لكل نقطة تطبيق

الجدول رقم (2): الدراسات السابقة

الباب الثاني

الهدف من البحث

Aim of the Study

الهدف من البحث

Aim of the Study

- (1) تقييم فعالية تأثير التحريض الحيوي لليزر منخفض الطاقة، عن طريق تحري الفعالية التكاثرية لخلايا الرباط السنخي السني بإجراء التلوين الكيميائي المناعي النسيجي PCNA.
- (2) رصد شدة الامتصاص العظمي بمنطقة الانضغاط من الرباط السنخي السني للسن المراد تحريكها تقويمياً أثناء استخدام الليزر منخفض الطاقة، عن طريق تحري عدد الخلايا الكاسرة للعظم وذلك بوسمها بالملون الكيميائي المناعي النسيجي الخاص TRAP.
- (3) تقييم تأثير التحريض الحيوي لليزر المنخفض الطاقة على حدوث أية زيادة أو نقصان في الامتصاص الجذري التالي للمعالجة التقويمية، وذلك عن طريق تحري عدد الخلايا الكاسرة للملاط، ووجود أي ضياع مادي لسطح الجذر، و دراسة درجة التكاثر الملاطي الجديد، ووجود أي رد فعل التهابي مزمن.

الباب الثالث

مواد وطرائق البحث

Materials and Methods

3. المواد والطرائق:

3. 1. عينة الدراسة:

تألفت عينة الدراسة من 60 جرذاً من نوع جرذان الويستر Wister Rats بعمر الشهرين، و تقدر أوزانهم تقريباً بـ (20 ± 300) غرام عند بداية البحث.

وضعت جميع حيوانات التجربة ضمن حواضن التجربة في كلية الصيدلة- جامعة دمشق بظروف عمل متشابهة من حيث درجة الحرارة (25 درجة مئوية) والغذاء (ماء + علف مركب خاص) والإضاءة (12 ساعة إضاءة و12 ساعة ظلام). كما أخذت موافقة مجلس جامعة دمشق للبحث العلمي على إجراء البحث مع مراعاة أخلاقيات البحث العلمي الخاصة بحيوانات التجربة، تمت مراقبة الصحة العامة لكل حيوان تجربة من خلال مراقبة الوزن العام طيلة فترة البحث.

قسمت حيوانات التجربة في عينة البحث إلى أربع مجموعات رئيسية متساوية (15 حيوان تجربة في كل مجموعة) وذلك على الشكل التالي:

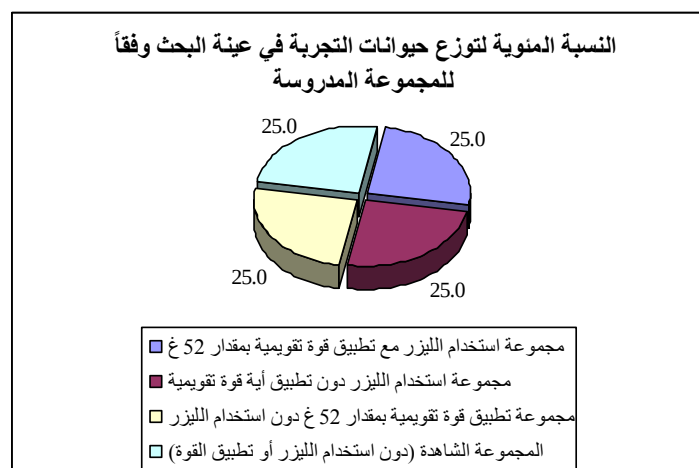
المجموعة الأولى: تم تطبيق قوة تقويمية (بمقدار 25 غراماً) من خلال جهاز تقويمي خاص مع استخدام الليزر منخفض الطاقة.

المجموعة الثانية: تم استخدام الليزر فقط دون تطبيق أية قوة تقويمية.

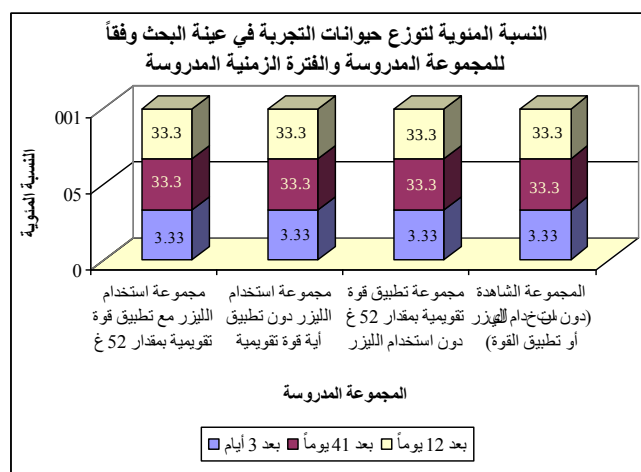
المجموعة الثالثة: تم تطبيق قوة تقويمية فقط (25 غراماً) دون استخدام الليزر.

المجموعة الرابعة: مجموعة شاهدة (دون استخدام الليزر أو تطبيق القوة).

قسمت كل من المجموعات الرئيسية بدورها إلى ثلاث مجموعات فرعية متساوية وفقاً للمدة الزمنية التي تمت بها التضحية بحيوان التجربة (بعد ثلاث أيام، وبعد 14 يوماً، وبعد 21 يوماً) كما هو موضح بالمخططين (2و1).



مخطط رقم (1): النسبة المئوية لتوزيع حيوانات التجربة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.



مخطط رقم (2): النسبة المئوية لتوزيع حيوانات التجربة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.



الشكل (7): حيوانات التجربة ضمن الحواضن الخاصة.

3. 2. مواد البحث:

3. 2. 1. جهاز الليزر Laser device:

تم استخدام جهاز Picasso Lite من شركة AMD LASERS^R الأمريكية (الشكل 8)

(USA, Indianapolis)، وهو من ليزرات أنصاف النواقل (Semiconductor Laser)، وسطه الليزري هو الغاليوم - ألومنيوم - آرسنيد (Ga, Al, As)، طول موجته 810 نانومتر. وميزة هذا الجهاز أنه صغير الحجم، وقابل للحمل .

ونورد فيما يلي المواصفات التقنية للجهاز المستخدم في البحث (الجدول 3) :



الشكل (8) : جهاز الليزر المستخدم.



الشكل (9) : النظارات الواقية للعين الخاصة بالجهاز للطبيب و المساعد.

الوسط الليزري الفعّال (Diode)	غاليوم - ألومنيوم - الزرنيخ (Ga,Al,As)
طول الموجة (Wavelength)	810 ± 10 نانومتر
استطاعة الليزر (Laser Output)	تتراوح بين 0.1 وحتى 2.5 واط
نوع الليزر (Laser Class)	IV (4)
التواتر (Frequency)	يوجد نمطين أمواج مستمرة (Continuous Wave) أمواج نبضية (repeat pulse)
أبعاد الجهاز (Dimensions)	طول×عرض×ارتفاع 160*150*240
وزن الجهاز (Weight)	1 كيلوغرام

الجدول (3): المواصفات التقنيّة لجهاز الليزر المستخدم في البحث

3. 2. 2. الجهاز التقويمي:

يتألف الجهاز التقويمي من نابض مغلق من خليطة النيكل تيتان من شركة GAC الأمريكية ، ذي القوة الخفيفة (light)، قطر النابض الخارجي 1.10مم، قطر السلك 0.15 مم، يزود النابض بحلقتين على طرفيه (طول النابض دون الحلقتين 30 مم). كما استخدم أيضاً أسلاك ربط معدنية (بقطر 0.010 أنش).



الشكل(10): عناصر الجهاز التقويمي. أ+ ب: النوابض المستخدمة بالبحث، ج: أسلاك الربط المعدنية

3. 2. 3. لزوم العمل المخبري:

أ- مواد التخدير لحيوانات التجربة:

Ketamin hydrochloride (مخدر عام).

Xylazine hydrochloride (مرخٍ عضلي).



الشكل(11): أ: مادة زيلازين هيدروكلورايد

ب: مادة كيتامين هيدروكلورايد



الشكل(12): مقياس للقوة من Dentaurum

ب- ملحقات أخرى:

- مقياس للقوة من Dentaurum.
- قبضة صناعية مستقيمة.
- جهاز ضوئي لتصليب الكمبوزت.
- كمبوزت سيال.
- مرهم جينتا مايسين عيني.
- وسادة من الهلام الدافئ.
- أدوات تشريح.
- أدوات تشخيص.
- سائل تعقيم.

3. 2. 4. المواد والأجهزة المستخدمة في التلوين التقليدي النسيجي الهيماتوكسلين و الايوزين و التلوين المناعي النسيجي الكيميائي و إجراء الدراسة النسجية و المناعية على العينات :

- 1-مجهر ياباني الصنع من نوع NIKON.
- 2-سلايدات شرائح زجاجية و سواتر لتغطية العينة.
- 3-سلاّت وأوعية ملائمة.
- 4-ملونا الهيماتوكسيلين والإيوزين من أجل التلوين التقليدي.
- 5-المبشرة النسيجية Microtome (LEICA RM 2155، ألمانيا) للحصول على الشرائح النسيجية.
- 6-محم لإزالة البارافين من نوع ألماني الصنع.
- 7-سخان من نوع (LEICA، ألمانيا).
- 8-الإيتانول النقي بتركيز 100% و التجاري بتركيز 95% و 70% و 50%.
- 9-الكزيلول.

- 10- ممص من نوع (eppendorf) مع رؤوس خاصة له.
- 11- شرائح زجاجية خاصة تستخدم للتلوين المناعي.
- 12- المحاليل والكواشف من أجل التلوين المناعي، وقد استخدم كيت من نوع EPITOMICS من إنتاج أمريكي - كاليفورنيا، وقد تطلب التلوين المناعي مايلي من هذه المحاليل والكواشف:
- 12-1- الكزيلول.
- 12-2- الإيتانول، (الكحول اللامائي) بتركيز (100% و 95% و 70% و 50%).
- 12-3- المحلول الدارئ للغسيل TBST جاهز للاستعمال دون تمديد بدرجة حموضة حتى 7.6 (PH=7.6) من شركة Dako.
- 12-4- الماء المقطر (dH2O).
- 12-5- المحلول المظهر (المسترجع) للمستضد: محلول دارئ سيترات الصوديوم بدرجة حموضة 6 (ضمن كيت التلوين).
- 12-6- بيروكسيد الهيدروجين بتركيز 3% (ضمن كيت التلوين).
- 12-7- المحلول الدارئ المغلق للمستقبلات: وهو 10% من المصل ضمن الـ PBS (أصل مصلي مأخوذ من ضد ثانوي للمضيف) (ضمن كيت التلوين).
- 12-8- ممدد الضد الأولي: وهو 5% من المصل ضمن الـ PBS (أصل مصلي مأخوذ من ضد ثانوي للمضيف) (ضمن نظام التلوين).

3. 3. طرائق البحث:

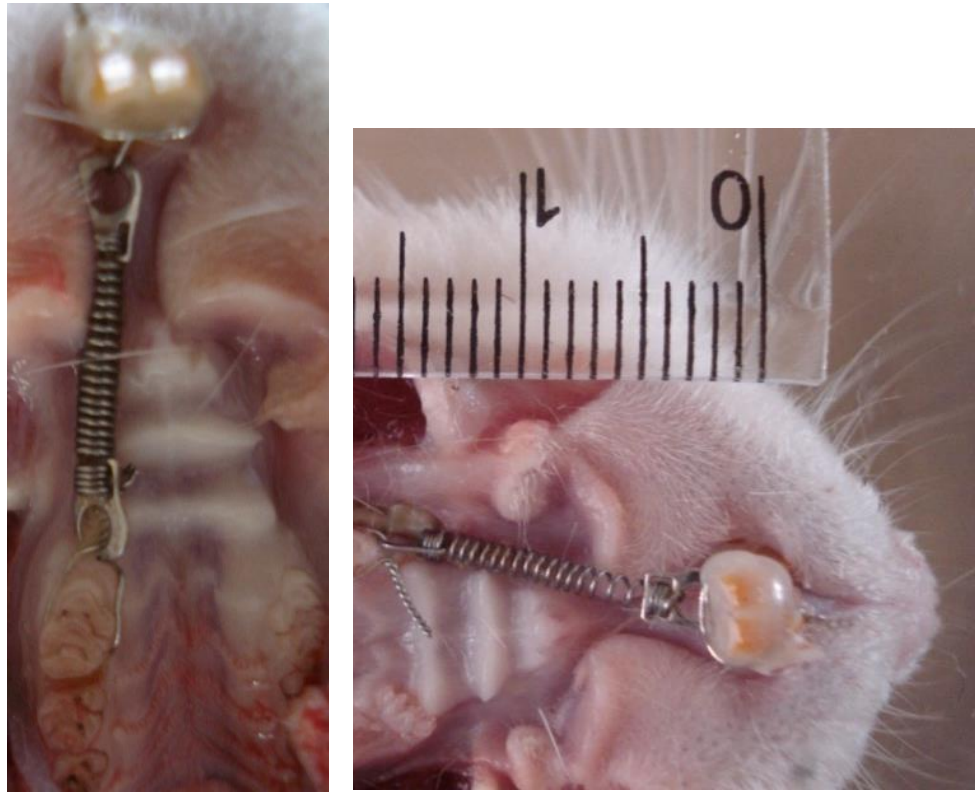
3. 3. 1. تطبيق الجهاز التقويمي The orthodontic Appliance:

طُبِّقَت الحركة السنية التقويمية بنابض مغلق من النيكل تيتانيوم عالي المرونة خفيف القوة Ultra Light (شركة GAC الأمريكية)، أُحْكَمَ ربطه بوساطة سلك ربط معدني

بقطر 0.010 أنش بين الرحى الأولى العلوية اليمنى وبين القاطعتين العلويتين، ارتكز السلك المعدني على ميازيب صغيرة جداً على الجوانب الملاصقة للأسنان الأمامية و الرحى الأولى فوق الحليمة اللثوية مباشرة، ثُبَّت السلك المرتكز على القواطع العلوية بقليل من الكمبوزت السيل باستخدام مبدىء ذاتي التخریش من نوع (Transbond plus, 3M unitek, Marovia, CA) .

تم التحقق من مقدار القوة التقويمية (25 غراماً) بوساطة مقياس خاص للقوى من شركة Dentaureum الألمانية، لضمان تطبيق قوى خفيفة و مستمرة لإحداث حركة أنسية للرحى الأولى دون أن تسبب تأثيراً واضحاً على وزن حيوان التجربة وصحته العامة، ودون أن ينتج عن ذلك نسجاً متموتةً أو تنكساً زجاجياً مرافقاً.

تم سحل القواطع السفلية المقابلة بمقدار 3-4 مم لضمان عدم وجود أية إعاقة رضية قد تؤدي إلى فك ارتباط أو كسر الجهاز التقويمي.



الشكل (13): الجهاز التقويمي المستخدم

- جميع الأعمال المجراة سواء بالنسبة لوضع الجهاز التقويمي أو التشعيع بالليزر (في بعض المجموعات المدروسة) كانت تحت التخدير العام بتطبيق الحقن ضمن البريتوان لخليط من مادتي هيدروكلوريد الكيتامين Ketamine hydrochloride (مخدر عام) ومادة هيدروكلوريد الزيلازين Xylazine hydrochloride (مرخٍ عضلي) تم معايرته بقسم علوم الحياة بكلية طب الأسنان-جامعة دمشق على الشكل التالي:

10 ملليمتر من الكيتامين.

3.75 ملليمتر من الزيلازين.

تم حقن الحيوان حسب وزنه (كل 100 غراماً من وزن الجرذ يحتاج لحقن 0.13 ملليمترًا من المحلول).

- يجرى العمل فوق وسادة من الهلام الدافئ نسبياً كي لا يحدث ضياع كبير في درجة حرارة جسم حيوان التجربة أثناء العمل الطويل خلال التخدير العام.

- كما قد تم وضع مرهم جينتامايسين عيني تجنباً لحدوث التهاب ملتحمة لعين الجرذ نتيجة جفافها لعدم إغلاقها أثناء التخدير العام.



الشكل (14): عملية التخدير بالبيريوتوان



الشكل (15): تطبيق المرهم العيني

3. 2. 3. التشعيع بالليزر Laser Irradiation:

تم استخدام جهاز Picasso lite من شركة AMD LASERS الأمريكية (الشكل رقم 2)، وهو من ليزرات أنصاف النواقل، وسطة الليزري هو الغاليوم و الألمنيوم و الأرسنيد (GA-AL-AS). بطول موجة 810 نانومتر. مع إصدار موجي مستمر، واستطاعة 100 ميلي واط.

تم العمل بوضع نهاية الليف الزجاجي (بعد تخدير حيوان التجربة) على تماس مع النسيج اللثوي للرحى الأولى العلوية اليمنى المراد تحريكها للأنسي بأربع مناطق تطبيق: الجانب الأنسي، والوحشي، والحنكي، والدهليزي، بمعدل دقيقتين و 15 ثانية لكل نقطة تطبيق (بوقت كامل 9 دقائق)، وبذلك كانت الطاقة الكلية للتعرض لمدة 9 دقائق بمقدار 54 جولاً/سم²، وذلك يومياً خلال الأيام الستة الأولى ثم باليوم الثالث عشر ثم باليوم العشرين.



الشكل (16): عملية التشعيع بالليزر



الشكل (17): طاولة العمل أثناء جلسة التشعيع بالليزر

3. 3. 3. التضحية بحيوانات التجربة Sacrification of Animals:

تمت التضحية بخمس حيوانات تجربة ضمن كل مجموعة وذلك بالأيام التالية: بعد

ثلاثة أيام . وبعد 14 يوماً . وبعد 21 يوماً.

حيث تم تخدير كل حيوان تجربة بشكل عميق حتى توقف القلب، تم بعدها استئصال

الفك العلوي كاملاً مع تسليخ جميع النسيج الرخوة المحيطة، ووضعت كل عينة ضمن

عبوتها الخاصة مغمورة بمحلول الفورمالين 15% لفترة لا تتجاوز 48 ساعة.



الشكل (18): الفك العلوي بعد الاستئصال (اليمين)

3.3.4. تحضير العينات لإجراء الدراسة النسيجية والمناعية النسيجية الكيميائية:

بعد مرحلة التثبيت المذكورة سابقاً تمت عملية خسف الأملاح المعدنية باستخدام محلول EDTA (Ethylene diamine – tetra – acetic Acid) 10% بدرجة حموضة $PH = 7$ ، لفترة تتراوح بين 6-8 أسابيع.

تم الحصول على المحلول بإذابة 250 غرام من بودرة EDTA بـ 1750 سم³ من الماء المقطر، ثم يضاف بعدها القليل من حبيبات هيدروكسيد الصوديوم (حوالي 25 غراماً) حتى تصبح درجة حموضة المحلول $PH = 7$.

غمرت العينة بكمية كافية من المحلول الذي يجدد كل 7 أيام خلال عملية خسف الأملاح المعدنية.

يتم بعد ذلك تم تحضير العينة من أجل إدماجها بشمع البارافين. تضمنت عملية التحضير للإدماج عدة خطوات:

1-التجفيف : هدفها إزالة الماء من العينة، واستخدم لذلك ثلاث حمامات من الكحول بتركيز تزداد تدريجياً:

- الحمام الأول ذو تركيز 70% و توضع العينة فيه لمدة ساعة.
 - الحمام الثاني ذو تركيز 85% و توضع العينة لمدة ساعة أيضاً.
 - الحمام الثالث و يحوي على الكحول المطلق و توضع العينة فيه لمدة ساعة.
- 2-التشفيف و ذلك بغرض طرد الكحول من العينة وجعلها شاقّة، و استخدم لذلك ثلاث حمامات من الكزيلول. وضعت العينة في كل منها لمدة ساعة.

3-مرحلة إدماج شمع البارافين حيث توضع العينة في حمامين من البارافين المنصهر بدرجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة ساعتين في كل منها، ومن ثم توضع العينة ضمن قالب و يصب شمع البارافين فوقها و نتأكد من توجيه العينة بالاتجاه المناسب للقطع، ويترك بعد ذلك القالب ليبرد ويتصلب، عندها يصبح جاهزاً للقطع.



الشكل (19): عدد من العينات المستأصلة قبل الغمر بالبارافين (يمين)

وبعد الغمر بالبارافين (يسار)

تصبح بعد ذلك العينة ضمن قالب شمعي مما يسهل و ضعه على المباشرة النسيجية و إجراء القطع ومن ثم وضع العينات على الشرائح الزجاجية و إجراء عملية التلوين بهدف إجراء الدراسة النسيجية و المناعية.

الشكل (20): يبين حمامات الكحول و الكزيلول .



الشكل (22): تظهر بعض العينات ضمن القوالب الشمعية



الشكل (21): يبين فرن صهر الشمع و الإدماج

طريقة التلوين التقليدي بالهيماتوكسيلين-إيوزين:

- 1- يتم تثبيت القلب الشمعي على المبشرة النسيجية (LEICA RM) Microtome، ألمانيا)، وتم تحديد سماكة المقطع بـ 4 ميكرونات.
- 2- تُوضع المقاطع البارافينية في محم مائي (LEICA، ألمانيا) يحتوي ماءً مقطراً بدرجة حرارة حوالي 40 - 45 ° لإزالة التجاعيد ليتم تحميلها على الشرائح الزجاجية (السليدات).
- 3- توضع الشرائح الزجاجية على سخان من نوع (LEICA، ألمانيا) لتجفيفها من الماء.
- 4- توضع الشرائح في حمامين من الكزيلول لدقيقتين لكل حمام، لإزالة شمع البارافين.
- 5- توضع في الكحول المطلق ثم كحول بنسبة 95% ومن ثم 70% ومن ثم 50% لمدة دقيقتين لكل حمام، ثم بالماء فتتم إزالة الكزيلول وإضافة الماء إلى النسيج.
- 6- نغسل الشرائح بالماء وتوضع في الهيماتوكسيلين لبضع دقائق وتغسل بالماء لإزالة الهيماتوكسيلين الزائد.
- 7- توضع بعد ذلك في الإيوزين لمدة تتراوح بين دقيقة حتى دقيقة ونصف وتغسل بالماء لتتم إزالة الزائد من الإيوزين.
- 8- توضع في حمام كحول بنسبة 70% لمدة دقيقة وبنسبة 95% لمدة دقيقة ثم في حمامين من الكحول المطلق كل حمام دقيقة واحدة ليتم طرد الماء من النسيج.
- 9- توضع في الكزيلول لمرتين متتاليتين لمدة 3 دقائق في كل مرة لنزع الكحول.
- 10- وأخيراً تستر السليدات الزجاجية بسواتر باستخدام بلسم كندا لتصبح جاهزة للفحص النسيجي.

طريقة التلوين المناعي:

- 1- إزالة شمع البارافين/ إعادة التميّه (بعد التقطيع بالمبشرة النسيجية):
 - 1-1- تسخين السلايدات في فرن بدرجة حرارة 65° لمدة ساعة واحدة.
 - 1-2- إزالة الشمع والإمهاة باستخدام سلسلة من الحمامات تتضمن حمامين من الكزيلول (3 دقائق لكل واحد) ليتبع بحمامات من الإيتانول بتركيز 100% ليتبع بالإيتانول بتركيز 95% و 70% و 50% (3 دقائق لكل غسول) ليتبع بمحلول الـ TBST (المحلول الدائري) ويتم رج السلايدات لمدة 3 دقائق.
- 2- مظهر (مسترجع) المستضد: وهنا ينصح باستخدام الحرارة المظهرة للحواتم (المستقبلات) باستخدام حجرة الضغط أو بالميكرويف أو بالحمامات الساخنة مع استخدام حساس للحرارة.
 - 1-2- تُغمس السلايدات ضمن سلات التلوين الحاوية على المحلول المظهر للمستضد وتوضع ضمن الميكرويف.
 - 2-2- تتم برمجة الميكرويف بدرجة حرارة 125° لمدة 30 ثانية لتتبع بدرجة حرارة 90° لمدة 10 ثواني.
- 2-3- ترك السلايدات لتبرد بدرجة حرارة الغرفة (من 10 حتى 20 دقيقة).
- 2-4- تتم إزالة السلايدات و تغسل في الـ TBST.
- 3- التلوين
 - 1-3- تُغسل السلايدات بالـ TBST لمدة 3 دقائق مع الرج.
 - 2-3- يستخدم البيروكسيداز الداخلي من خلال غمر النسيج ببيروكسيد الهيدروجين بتركيز 3% لمدة 5 دقائق.
 - 3-3- تُغسل السلايدات ثلاث مرات بالـ TBST (3 دقائق لكل مرة مع الرج).
 - 4-3- يستخدم معلق المستقبلات لمدة ساعة واحدة.

3-5- يطبق الضد الأولي لكل مقطع وذلك باستخدام الممص من نوع (eppendorf) ويحضان لمدة 24 ساعة في حجرة رطبة بدرجة 4 °.

تم تطبيق ملونين مناعيين هما:

- الضد (Proliferating Cell Nuclear Antigen (PCNA من شركة داکو DAKO الدانماركية لتحري الفعالية التكاثرية بأنوية الخلايا النشطة.

- الضد (Tartrate Resistant Acid Phosphatase) TRAP من شركة سانتا كروز الأمريكية. Polyclonal anti-rabbit TRAP (SANTA CRUZ, USA)

تُغسل السلايدات بالـ TBST (3 دقائق لكل مرة مع الرج).

3-6- يطبق الضد المضاد للأرنب المقترن مع الـ HRP والممدد في المحلول المعلق للمستقبلات بحسب تعليمات الشركة المنتجة، ويحضان لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة الغرفة.

3-7- تُغسل السلايدات بالـ TBST (5 دقائق لكل مرة مع الرج).

3-8- يطبق محلول الـ DAB الممدد حديثاً لكل المقاطع ويبقى حتى يحصل التلوين عيانياً (والذي يحصل عادةً خلال 10 ثوانٍ)، وتكون نسب تمديد الـ DAB حسب تعليمات الشركة المنتجة.

3-9- تُغسل المقاطع بالماء.

3-10- ثم يوضع الهيماتوكسيلين (لمدة 10 ثوانٍ عادةً).

3-11- تُغسل المقاطع بالماء.

3-12- تجفف المقاطع بوضعها بحمامين من الإيثانول بتركيز 100% (3 دقائق لكل غسول) ليتبع بحمامين من الكزيلول (3 دقائق لكل غسول).

3-13- يتم ستر السلايدات باستخدام وسط الحضان الدائم.

وبذلك نكون قد حصلنا على 180 شريحة نسيجية مأخوذة من الفك العلوي لـ 60 حيوان تجربة، إذ تم الحصول على ثلاث شرائح نسيجية مختلفة من منطقة الفك

العلوي لكل حيوان من حيوانات التجربة، وكانت الشريحة الأولى مخصصة للملّون التقليدي الهيماتوكسلين والأيوزين وكانت الشريحة الثانية مخصصة للملّون PCNA وكانت الشريحة الثالثة مخصصة للملّون TRAP، وقد تمت دراسة منطقتين مختلفتين اثنتين في كل شريحة نسيجية، إحداهما منطقة الشدّ والأخرى منطقة الضغط من الرباط حول السني للجزر الأنسي للرحى الأولى العلوية اليمنى لكل حيوان تجربة من الحيوانات المدروسة في عينة البحث.

الشكل (24): يظهر الشرائح الزجاجية المستخدمة لوضع العينات عليها



الشكل (23): المجهر المستخدم في البحث

الشكل (25): المحم المائي
لفرش العينات النسيجية.



الشكل (26):المبشرة النسيجية.



الشكل (27) : الفرن المستخدم.

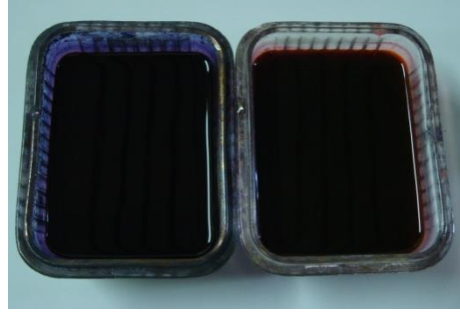


الشكل (28): السخان المستخدم.



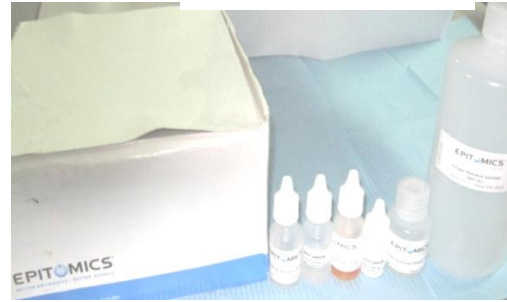
الشكل 29: حمامات الكحول و الكزيلول المستخدمة في عملية التلوين.

الشكل (30): الهيماتوكسلين و الإيوزين المستخدمان في التلوين التقليدي.

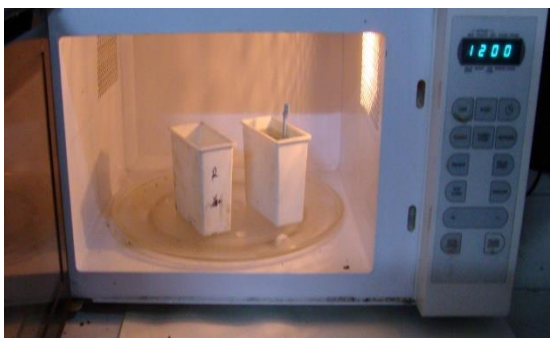


الشكل (32): الممص المستخدم لتطبيق المواد

الشكل (31): قلم تحديد

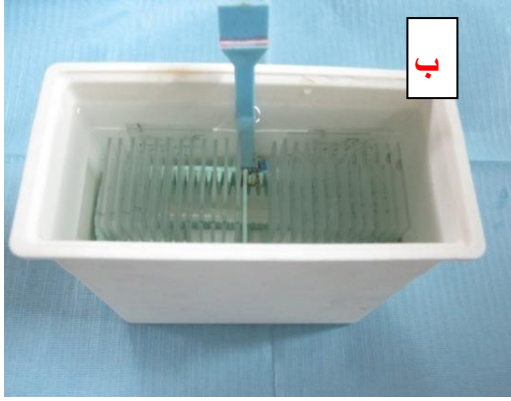


الشكل 33: أ، ب نظام التلوين Tandem IHC Detection Kit I antibody من شركة EPITOMICS.

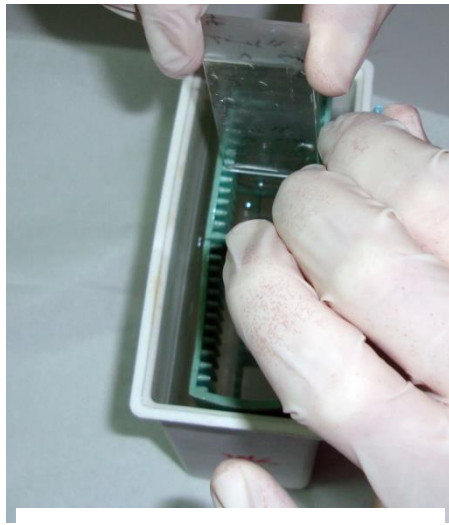


الشكل 35: يبين الميكرويف المستخدم لتسخين الشرائح المغمورة ضمن سائل استرجاع المستضد.

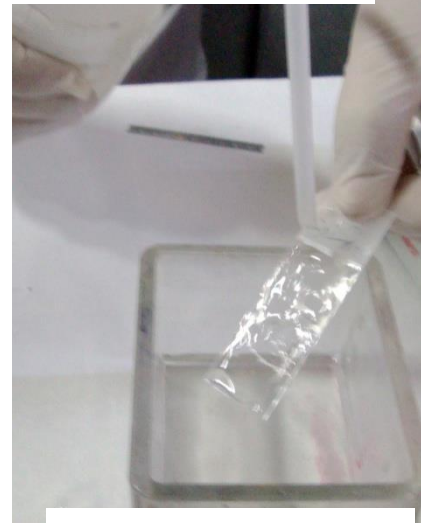
الشكل 34: سائل استرجاع المستضد.



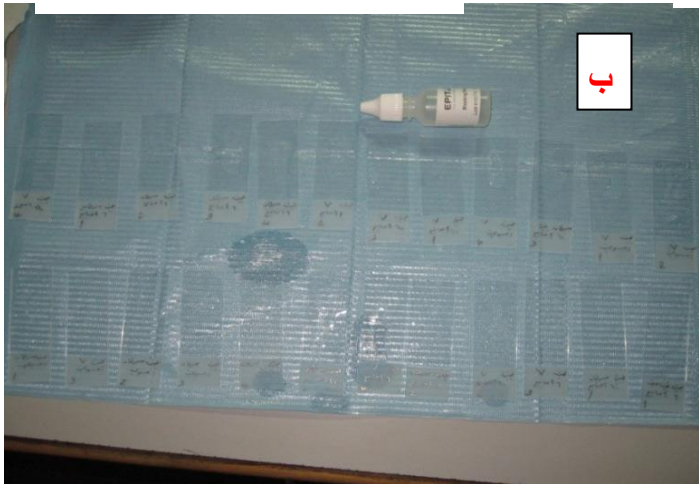
الشكل 36: أ- المسحوق الدارئ (TBST) من شركة Dako، يتم حل الظرف في 1 لتر من الماء المقطر.
ب- الشرائح المغمورة ضمن المحلول الدارئ بغرض الغسيل .



الشكل 38 : يبين السلالت المستخدمة في
مراحل التلوين المناعي .



الشكل 37: غسل الشرائح بواسطة
المحلول الدارئ TBST.



الشكل 39: أ- البيروكسيداز الداخلي. ب- الشرائح المطبق عليها البيروكسيداز الداخلي لمدة خمسة دقائق.



الشكل 40: أ- الضد TRAP من شركة سانتا كروز الأمريكية.

ب- الضد PCNA من شركة داکو الدنماركية



الشكل 41: تطبيق الضد الأولي (PCNA و TRAP) على العينات النسيجية باستخدام الممص من شركة

. eppendorf



أ- عبوتي الـ DABa و DABb .

الشكل 42:

ب- تمديد الـ DAB .

الشكل 43: - الشرائح المطبق عليها

. DAB



الشكل 44: شرائح الدراسة بعد التلوين التقليدي و التلوين المناعي PCNA و

TRAP

3. 4. الدراسة الإحصائية Statistical Study:

تم إحصاء عدد الخلايا الكلي وعدد الخلايا غير المصبغة وعدد الخلايا المصبغة بتلوين PCNA و تلوين TRAP في أربع ساحات خلوية متتالية بتكبير قوي (40x) في كل شريحة نسيجية مدروسة من عينة البحث (Garcia, 1989) ، في منطقتي الشد و الضغط من الرباط حول السني، وتم حساب تعبيرية الـ PCNA وفقاً للمعادلة التالية:

نسبة وجود الـ PCNA لكل منطقة مدروسة = (عدد الخلايا المصبغة بتلوين PCNA ÷ عدد الخلايا الكلي) × 100 للمنطقة المدروسة نفسها.

كما تم تحديد كل من درجة الضياع المادي لسطح الجذر ودرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد ووجود رد فعل التهابي مزمن في الرباط حول السني للسن المراد تحريكها في جميع المجموعات المدروسة ضمن عينة البحث وتم إعطاء كل درجة من درجات الضياع المادي لسطح الجذر ودرجات التكاثر الملاطي الخلوي الجديد قيمة متزايدة تصاعدياً وفقاً لشدة المتغير المدروس كما في الجدول التالي:

درجة الضياع المادي لسطح الجذر	درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	القيمة الموافقة المعطاة
لم يحدث أي تغير على سطح الجذر	ثخانة طبيعية للملاط (لم يحدث تكاثر ملاطي)	0
حدث امتصاص ضمن طبقة الملاط	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلوي بمقدار الضعف	1
حدث امتصاص تجاوز طبقة الملاط	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلوي بمقدار أكثر من الضعف	2

جدول (4) درجات الضياع المادي لسطح الجذر ودرجات التكاثر الملاطي الخلوي الجديد المعتمدة في عينة البحث والقيم الموافقة المعطاة.

ثم تمت دراسة تأثير المجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة في كل تعبيرية PCNA وعدد الخلايا الكاسرة للعظم، وعدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط، كما تمت دراسة تأثير المجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر وتكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد وتكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن .

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في تعبيرية الـ PCNA و الـ TRAP بين المجموعات الأربع المدروسة، ثم تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين المجموعات الأربع وفقاً للمنطقة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة. حيث تم ضبط قيمة مستوى الدلالة (p-value) على قيمة 0.05. و تم تحليل النتائج باستخدام البرنامج الإحصائية الحاسوبي SPSS، الإصدار 13.0.

الباب الرابع

النتائج

Results

4. النتائج Results:

4. 1. التقييم النسيجي للرباط حول السني بتلوين الهيماتوكسلين والإيوزين:

Histological evaluation by using H & E stain:

تم وصف كافة التغيرات النسيجية على طول جانبي الضغط والشد من الرباط حول السني للجذر الأنسي للرحى الأولى العلوية اليمنى وكانت النتائج كما يلي:

1- بعد ثلاثة أيام three days later:

أ- جانب الضغط For pressure side:

- أظهرت المجموعة الأولى والثالثة عدم انتظام في اصطاف الألياف والخلايا المولدة للليف إضافة إلى انضغاط بسيط بالأوعية الدموية خاصة قرب الجدار الأنسي العظمي مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

- كما تميز سطح العظم في المجموعتين الأولى والثالثة بعدم الانتظام نتيجة وجود فجوات الامتصاص (فجوات هابتشيب)، بداخلها خلايا عرطلة متعددة الأنوية (كاسرات العظم) مع زيادة بسيطة في عدد هذه الخلايا لصالح المجموعة الأولى (قوة تقويمية مع استخدام الليزر).

- بينما لم تُظهر المنطقة المدروسة في المجموعة الثانية (ليزر فقط دون قوة) أية تغيرات نسيجية وصفية على صعيد الخلايا أو الشكل النسيجي الهندسي أو التوعية الدموية بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة.

ب- جانب الشد For tension side:

أظهرت المجموعة الأولى (قوة تقويمية مع ليزر) والثالثة (قوة تقويمية دون ليزر) زيادة في تمطط الألياف الغرائية إضافة إلى تكاثر واضح لخلايا وحيدة النوى (خلايا مولدة للليف)، ذات أنوية فتية ضمن الرباط حول السني خاصة قرب سطح الجذر والعظم، كما لوحظ تطاول بالأوعية الدموية ذات الجدر الرقيقة خاصة في منتصف

منطقة الرباط حول السني، في حين لم يلاحظ أي تغيرات على انتظام سطح العظم المقابل.

كما لم تظهر أية تغيرات نسيجية تذكر بين المجموعة الثانية والمجموعة الشاهدة.

2- بعد 14 يوماً:

أ- جانب الضغط:

- أظهرت المجموعة الأولى والثالثة زيادة واضحة في عدد الخلايا العرطلة الكاسرة للعظم مع أغلبية واضحة لصالح المجموعة الأولى، حيث كان توضع هذه الخلايا الكاسرة على سطح العظم المقابل للرباط حول السني كذلك ضمن المسافات النقيوية بشكل ملفت، كما لوحظت بعض الخلايا الكاسرة بجوار سطح الملاط متوضعة على السطح المقابل لجذر السن مع بعض الضياع المادي الذي غالباً ما يكون ضمن طبقة الملاط دون تجاوزها.

وجودت الخلايا الالتهابية المزمنة ضمن الرباط حول السني، كرد فعل التهابي مزمن، بحالات قليلة العدد، في حين لم تظهر أية تغيرات نسيجية ملفتة في المجموعة الثانية (ليزر فقط دون قوة) مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

ب- جانب الشد:

* في المجموعتين الأولى والثالثة:

تضائل مظهر الألياف الغرائية المشدودة (المتطاولة) مع وجود تكاثر كبير لخلايا وحيدة النواة mononuclear cell proliferation خاصة على السطح المقابل للعظم السنخي إضافة إلى وجود تكاثر وعائي واضح مؤلف من أوعية دموية رقيقة الجدار متطاولة، كما لوحظ وجود توضع لنسيج مشبه بالعظم على سطح العظم المقابل للرباط حول السني بسماكة قليلة وبدء وضوح مظهر خطوط الراحة.

كما لوحظ وجود تكاثر للملاط الخلوي خاصة في منطقة الثلث الذروي من الجذر على شكل تكاثر ملاطي Cementoblastic proliferation، في المجموعتين السابقتين بشكل قليل مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

* في المجموعة الثانية: لم يظهر أية تغيرات نسيجية مرافقة تقارن مع المجموعة الشاهدة.

بعد 21 يوماً:

أ- جانب الضغط:

* المجموعتين الأولى والثالثة:

لوحظ استمرار عملية الامتصاص العظمي السنخي بنشاط واضح من خلال استمرار وجود الخلايا الكاسرة للعظم المتعددة النوى بتوضع خارجي (مقابلة للرباط حول السني) وتوضع داخلي (ضمن المسافات النقيوية على السطح الداخلي للصفائح العظمية).

كما وجد ميل لتوضع بعض الطبقات العظمية من عظم جديد في بعض المناطق وظهور خطوط عكسية متعرجة.

- يظهر عودة لانتظام الخلايا والألياف ضمن الرباط حول السني reorganization وبشكل خاص في المجموعة الأولى.

كما ظهر ضياع مادي لسطح الجذر في بعض الحالات القليلة.

في حين لم يظهر أي حالة عانت من رد فعل التهاب مزمن ضمن منطقة الضغط من الرباط حول السني.

المجموعة الثانية: لم يظهر أية تغيرات نسيجية مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

ب- جانب الشد:

في المجموعتين الأولى والثالثة:

لوحظ توضع لبعض الطبقات من العظم الجديد في كلتا المجموعتين، لوحظ ميل الألياف الغرائية إلى إعادة انتظامها ضمن الرباط حول السني.

كان الملفت للنظر تكاثر الملاط الخلوي بشكل ملحوظ في كلتا المجموعتين مع أغلبية واضحة للمجموعة الأولى (قوة تقويمية مع ليزر)، حيث لوحظ تكاثر للملاط الخلوي - تتفاوت ثخانتها من حالة إلى أخرى - في أكثر من نصف الحالات المدروسة في هذه المجموعة.

4. 2. نتائج الدراسة المناعية النسيجية الكيميائية:

Immuno histochemical results:

4. 2. 1. الدراسة المناعية النسيجية الكيميائية لتلوين الـ PCNA:

يرصد ملون PCNA الفعالية الانقسامية لنوى الخلايا في الدراسة الحالية، حيث تلونت نوى الخلايا المصبغة باللون البني، كانت معظم الخلايا المصبغة إيجابياً الخلايا الضامة ضمن الرباط حول السني وخاصة صانعات الليف وصانعات العظم إضافة إلى الخلايا الصانعة للملاط وبعض الخلايا ضمن النسيج العظمي.

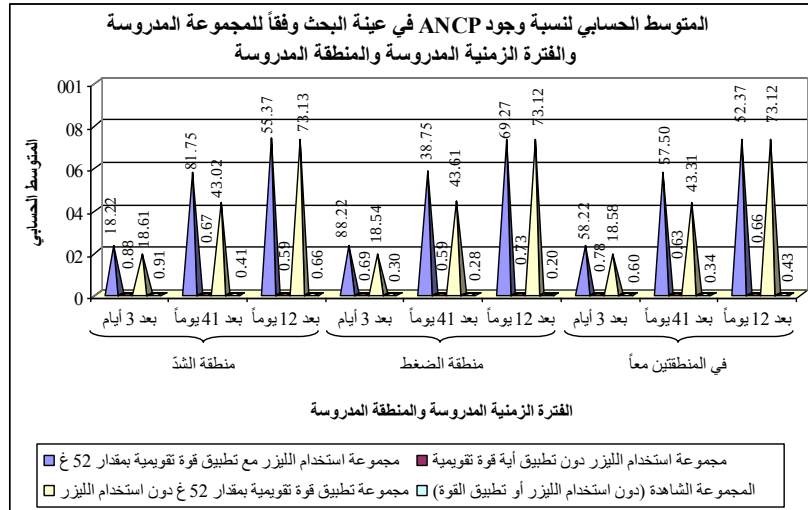
➤ دراسة تأثير المجموعة المدروسة على تعبيرية الـ PCNA وفقاً للفترة

الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة كما يلي:

جدول رقم (5) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لتعبيرية الـ PCNA في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس = تعبيرية الـ PCNA							المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد المناطق المدروسة	المجموعة المدروسة	منطقة الشد	بعد 3 أيام
23.7	22.2	0.27	0.60	22.81	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
2.0	0	0.40	0.90	0.88	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
20.0	17.7	0.45	1.02	18.61	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
2.0	0	0.40	0.89	0.91	5	المجموعة الشاهدة	بعد 14 يوماً	
58.9	54.5	0.74	1.67	57.18	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
1.8	0	0.35	0.78	0.67	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
44.0	41.5	0.41	0.91	43.02	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
2.0	0	0.41	0.91	0.41	5	المجموعة الشاهدة	بعد 21 يوماً	
91.0	60.8	5.79	12.95	73.55	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
1.5	0	0.32	0.72	0.59	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
79.5	66.7	2.03	4.55	73.13	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
1.8	0	0.37	0.82	0.66	5	المجموعة الشاهدة	بعد 3 أيام	
24.2	21.5	0.44	0.97	22.88	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
1.5	0	0.25	0.56	0.69	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
19.4	18.0	0.32	0.72	18.54	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
1.0	0	0.19	0.43	0.30	5	المجموعة الشاهدة	بعد 14 يوماً	
58.9	56.6	0.37	0.82	57.83	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
1.4	0	0.29	0.65	0.59	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
44.1	42.7	0.25	0.56	43.61	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
1.4	0	0.28	0.62	0.28	5	المجموعة الشاهدة	بعد 21 يوماً	
91.0	60.8	5.55	12.40	72.96	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
2.0	0	0.38	0.85	0.73	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
79.2	67.0	1.92	4.29	73.12	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
1.0	0	0.20	0.44	0.20	5	المجموعة الشاهدة	بعد 3 أيام	
24.2	21.5	0.24	0.76	22.85	10	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
2.0	0	0.23	0.71	0.78	10	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
20.0	17.7	0.26	0.83	18.58	10	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
2.0	0	0.23	0.73	0.60	10	المجموعة الشاهدة	بعد 14 يوماً	
58.9	54.5	0.41	1.28	57.50	10	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
1.8	0	0.21	0.68	0.63	10	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
44.1	41.5	0.25	0.78	43.31	10	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
2.0	0	0.23	0.74	0.34	10	المجموعة الشاهدة	بعد 21 يوماً	
91.0	60.8	3.78	11.96	73.25	10	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
2.0	0	0.24	0.75	0.66	10	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
79.5	66.7	1.32	4.17	73.12	10	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
1.8	0	0.21	0.67	0.43	10	المجموعة الشاهدة		



مخطط رقم (3) يمثل المتوسط الحسابي لنسبة وجود (تعبيرية) PCNA في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:
جدول رقم (6) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط تعبيرية PCNA بين المجموعات الأربع في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس	المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية المدروسة	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
نسبة وجود PCNA	منطقة الشدّ	بعد 3 أيام	895.711	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	3383.234	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	185.812	0.000	توجد فروق دالة
	منطقة الضغط	بعد 3 أيام	1419.988	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	9786.974	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	202.868	0.000	توجد فروق دالة
	في المنطقتين معاً	بعد 3 أيام	2358.479	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	10620.759	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	435.948	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت

الفترة الزمنية المدروسة ومهما كانت المنطقة المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة

95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين اثنتين على

الأقل من المجموعات الأربع المدروسة في كل من مجموعات الفترة الزمنية

المدرسة والمنطقة المدرسة على حدة في عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في نسبة وجود PCNA تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين المجموعات الأربع المدرسة، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدرسة والمنطقة المدرسة كما يلي:

أ - في منطقة الشد:

جدول رقم (7) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدرسة في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدرسة.

لمتغير المدرس = تعبيرية PCNA، المنطقة المدرسة = منطقة الشد						
الفترة الزمنية المدرسة	المجموعة المدرسة (I)	المجموعة المدرسة (J)	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد 3 أيام	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	21.94	0.55	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4.20	0.55	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	21.90	0.55	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-17.74	0.55	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	-0.03	0.55	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	17.71	0.55	0.000	توجد فروق دالة
بعد 14 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	56.51	0.71	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	14.16	0.71	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	56.77	0.71	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-42.35	0.71	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	0.26	0.71	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	42.61	0.71	0.000	توجد فروق دالة
بعد 21 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	72.96	4.36	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	0.42	4.36	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.89	4.36	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-72.54	4.36	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	-0.07	4.36	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.47	4.36	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك عند المقارنة في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات المعنية في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من باقي المجموعات المدروسة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من مجموعة

استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية كانت أصغر منها في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر كانت أكبر منها في المجموعة الشاهدة، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث.

ب - في منطقة الضغط:

جدول رقم (8) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية

في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الضغط

من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = نسبة وجود PCNA، المنطقة المدروسة = منطقة الضغط						
الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة (I)	المجموعة المدروسة (J)	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد 3 أيام	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	22.19	0.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4.34	0.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	22.58	0.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-17.85	0.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.39	0.44	1.000	لا توجد فروق دالة
	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	المجموعة الشاهدة	18.24	0.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
بعد 14 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	57.23	0.42	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	14.22	0.42	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	57.55	0.42	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-43.02	0.42	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.32	0.42	1.000	لا توجد فروق دالة
	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	المجموعة الشاهدة	43.33	0.42	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>

بعد 21 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	72.23	4.16	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-0.16	4.16	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.76	4.16	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-72.39	4.16	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.53	4.16	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.92	4.16	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر					

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة

في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة

تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك عند

المقارنة في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر

مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ

دون استخدام الليزر، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية

في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة

تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك لا توجد

فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة

استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية

بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر

بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية

في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات المعنية في مجموعة منطقة

الضغط من عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج

أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من باقي المجموعات المدروسة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية كانت أصغر منها في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر كانت أكبر منها في المجموعة الشاهدة، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث.

ج - في عينة البحث كاملة:

جدول رقم (9) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = نسبة وجود PCNA، المنطقة المدروسة = عينة البحث كاملة						
الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة (I)	المجموعة المدروسة (J)	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد 3 أيام	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	22.06	0.34	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4.27	0.34	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	22.24	0.34	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-17.79	0.34	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.18	0.34	1.000	لا توجد فروق دالة

المتغير المدروس = نسبة وجود PCNA، المنطقة المدروسة = عينة البحث كاملة						
الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة (I)	المجموعة المدروسة (J)	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	المجموعة الشاهدة	17.97	0.34	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
بعد 14 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	56.87	0.40	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	14.19	0.40	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	57.16	0.40	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-42.68	0.40	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.29	0.40	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	42.97	0.40	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
بعد 21 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	72.59	2.84	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	0.13	2.84	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.83	2.84	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-72.46	2.84	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
		المجموعة الشاهدة	0.23	2.84	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	72.69	2.84	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة

في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة

تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك عند

المقارنة في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر

مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ

دون استخدام الليزر، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية

في متوسط نسبة وجود PCNA بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة

تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك لا توجد

فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً بين مجموعة

استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط نسبة وجود PCNA بين المجموعات المعنية في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من باقي المجموعات المدروسة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA بعد 21 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية كانت أصغر منها في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، ونستنتج أن قيم نسبة وجود PCNA في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر كانت أكبر منها في المجموعة الشاهدة، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في عينة البحث.

4. 2. 2. الدراسة المناعية النسيجية الكيميائية لتلوين TRAP:

استخدم الملون TRAP لكي يتم تحري المستضدات الهيولية الموجودة ضمن هيولى الخلايا الكاسرة المتعددة النوى وكذلك سليفة هذه الخلايا وحيدة النواة، التي تتوضع

ضمن فجوات الامتصاص على طول سطح العظم أو على سطح الملاط لجذر السن.

و بالتالي تم إحصاء عدد الخلايا المصطبغة (بلون بني في هذه الدراسة) على سطح العظم المقابل للرباط حول السني وهي الخلايا الكاسرة للعظم (Osteoclast) (سواء كانت هذه الخلايا متعددة النوى أو كانت وحيدة النواة) في أربع ساحات خلوية متتالية بتكبير قوي (X40) في كل شريحة نسيجية مدروسة في عينة البحث. في كلتا منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السني.

كما تم إحصاء عدد الخلايا المصطبغة المتاخمة لسطح الملاط الجذري للسن المتعرض لحركة سنية تقويمية، بنفس الطريقة السابقة.

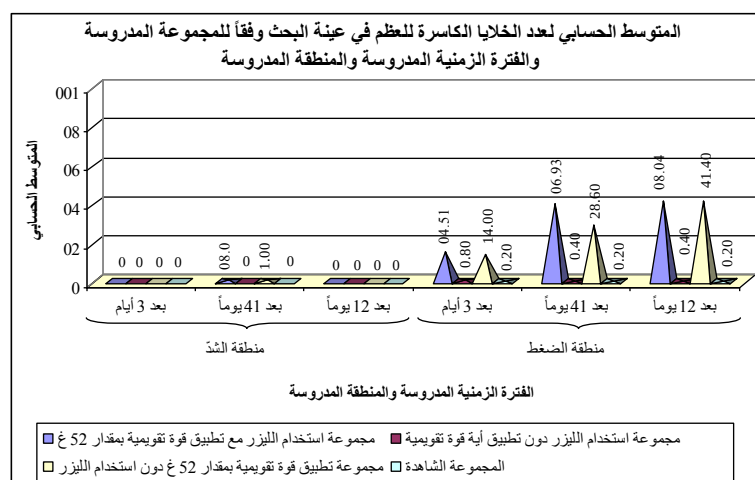
4. 2. 2. 1. دراسة عدد الخلايا الكاسرة للعظم المصطبغة بال TRAP:

➤ دراسة تأثير المجموعة المدروسة على عدد الخلايا الكاسرة للعظم وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة كما يلي:

جدول رقم (10) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لعدد الخلايا الكاسرة للعظم في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس = عدد الخلايا الكاسرة للعظم							المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة	عدد المناطق المدروسة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
منطقة الشد	بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	0.80	1.30	0.58	0	3	0	0	0.58	1.30	0.58	0	3
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	1.00	1.41	0.63	0	3	0	0	0.63	1.41	0.63	0	3
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
منطقة الضغط	بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	15.40	4.28	1.91	11	20	0	0	1.91	4.28	1.91	11	20
			5	0.80	0.84	0.37	0	2	0	0	0.37	0.84	0.37	0	2
			5	14.00	3.08	1.38	10	17	0	0	1.38	3.08	1.38	10	17
			5	0.20	0.45	0.20	0	1	0	0	0.20	0.45	0.20	0	1
	بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	39.60	7.33	3.28	29	49	0	0	3.28	7.33	3.28	29	49
			5	0.40	0.55	0.24	0	1	0	0	0.24	0.55	0.24	0	1
			5	28.60	8.29	3.71	18	40	0	0	3.71	8.29	3.71	18	40
			5	0.20	0.45	0.20	0	1	0	0	0.20	0.45	0.20	0	1
	بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	40.80	8.07	3.61	32	50	0	0	3.61	8.07	3.61	32	50
			5	0.40	0.55	0.24	0	1	0	0	0.24	0.55	0.24	0	1
			5	41.40	7.44	3.33	31	49	0	0	3.33	7.44	3.33	31	49
			5	0.20	0.45	0.20	0	1	0	0	0.20	0.45	0.20	0	1



مخطط رقم (4) يمثل المتوسط الحسابي لعدد الخلايا الكاسرة للعظم في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:
- جدول رقم (11) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس	المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية المدروسة	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عدد الخلايا الكاسرة للعظم	منطقة الشد	بعد 3 أيام	-	-	لا توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	1.495	0.254	لا توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	-	-	لا توجد فروق دالة
	منطقة الضغط	بعد 3 أيام	47.108	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	65.148	0.000	توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	91.727	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 بعد 14 يوماً في منطقة الشد، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 14 يوماً بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث.

ولم يتم حساب قيم F الموافقة لكل من الفترتين الزمنيتين (بعد 3 أيام، بعد 21 يوماً) في مجموعة منطقة الشد لأنه لم توجد أية خلايا كاسرة للعظم في الفترتين الزمنيتين المذكورتين في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث، وبالتالي نقرر أنه لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 3 أيام وبعد 21 يوماً بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الشد من عينة البحث.

أما بالنسبة لمنطقة الضغط مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد

فروق دالة إحصائياً في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين اثنتين على الأقل من المجموعات الأربع المدروسة في كل من مجموعات الفترة الزمنية المدروسة على حدة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في عدد الخلايا الكاسرة للعظم تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين المجموعات الأربع المدروسة، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة كما يلي:

جدول رقم (12) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات الأربع المدروسة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = عدد الخلايا الكاسرة للعظم، المنطقة المدروسة = منطقة الضغط						
الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة (I)	المجموعة المدروسة (J)	الفرق بين المتوسطين	الخطا المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد 3 أيام	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	14.60	1.69	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	1.40	1.69	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	15.20	1.69	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-13.20	1.69	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	0.60	1.69	1.000	لا توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	13.80	1.69	0.000	توجد فروق دالة
بعد 14 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	39.20	3.51	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	11.00	3.51	0.038	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	39.40	3.51	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-28.20	3.51	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	0.20	3.51	1.000	لا توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	28.40	3.51	0.000	توجد فروق دالة
بعد 21 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	40.40	3.48	0.000	توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-0.60	3.48	1.000	لا توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	40.60	3.48	0.000	توجد فروق دالة
	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	-41.00	3.48	0.000	توجد فروق دالة
		المجموعة الشاهدة	0.20	3.48	1.000	لا توجد فروق دالة
		تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	41.20	3.48	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة

في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية

قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك عند المقارنة في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 3 أيام وبعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، وكذلك لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 3 أيام وبعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بين المجموعات المعنية في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 14 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من باقي المجموعات المدروسة (مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة)، ونستنتج أن قيم عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 3 أيام وبعد 21 يوماً في مجموعة استخدام الليزر

مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أكبر منها في كل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة، ونستنتج أن قيم عدد الخلايا الكاسرة للعظم في مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية كانت أصغر منها في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، ونستنتج أن قيم عدد الخلايا الكاسرة للعظم في مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر كانت أكبر منها في المجموعة الشاهدة، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث.

4. 2. 2. 2. دراسة عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط:

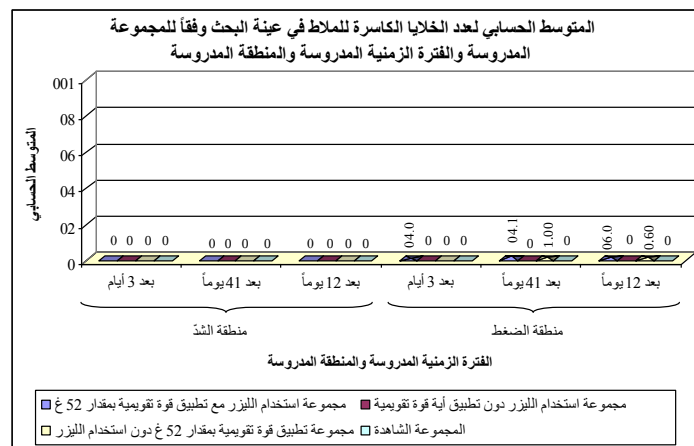
➤ دراسة تأثير المجموعة المدروسة على عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة كما يلي:

جدول رقم (13) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لعدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس = عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط							المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية
الحد الأدنى	الحد الأعلى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد المناطق المدروسة	المجموعة المدروسة	منطقة الشد	بعد 3 أيام
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
0	0	0	0	0	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة		
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	بعد 14 يوماً	
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
0	0	0	0	0	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة		
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	بعد 21 يوماً	
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية		
0	0	0	0	0	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر		
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة		

المتغير المدروس = عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط							المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة
الحد الأدنى	الحد الأعلى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد المناطق المدروسة				
0	2	0.40	0.89	0.40	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	منطقة الشد	بعد 3 أيام	
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية			
0	0	0	0	0	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر			
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة			
0	4	0.87	1.95	1.40	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	منطقة الضغط	بعد 14 يوماً	
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية			
0	3	0.63	1.41	1.00	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر			
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة			
0	3	0.60	1.34	0.60	5	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ		بعد 21 يوماً	
0	0	0	0	0	5	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية			
0	3	0.60	1.34	0.60	5	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر			
0	0	0	0	0	5	المجموعة الشاهدة			



مخطط رقم (5) يمثل المتوسط الحسابي لعدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة. نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (14) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط بين المجموعات الأربع في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمنطقة المدروسة.

المتغير المدروس	المنطقة المدروسة	الفترة الزمنية المدروسة	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
عدد الخلايا الكاسرة للملاط	منطقة الشد	بعد 3 أيام	-	-	لا توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	-	-	لا توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	-	-	لا توجد فروق دالة
	منطقة الضغط	بعد 3 أيام	1.000	0.418	لا توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	1.747	0.198	لا توجد فروق دالة
		بعد 21 يوماً	0.667	0.585	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في مجموعة منطقة الضغط مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في كل من مجموعات الفترة الزمنية المدروسة على حدة في مجموعة منطقة الضغط من عينة البحث.

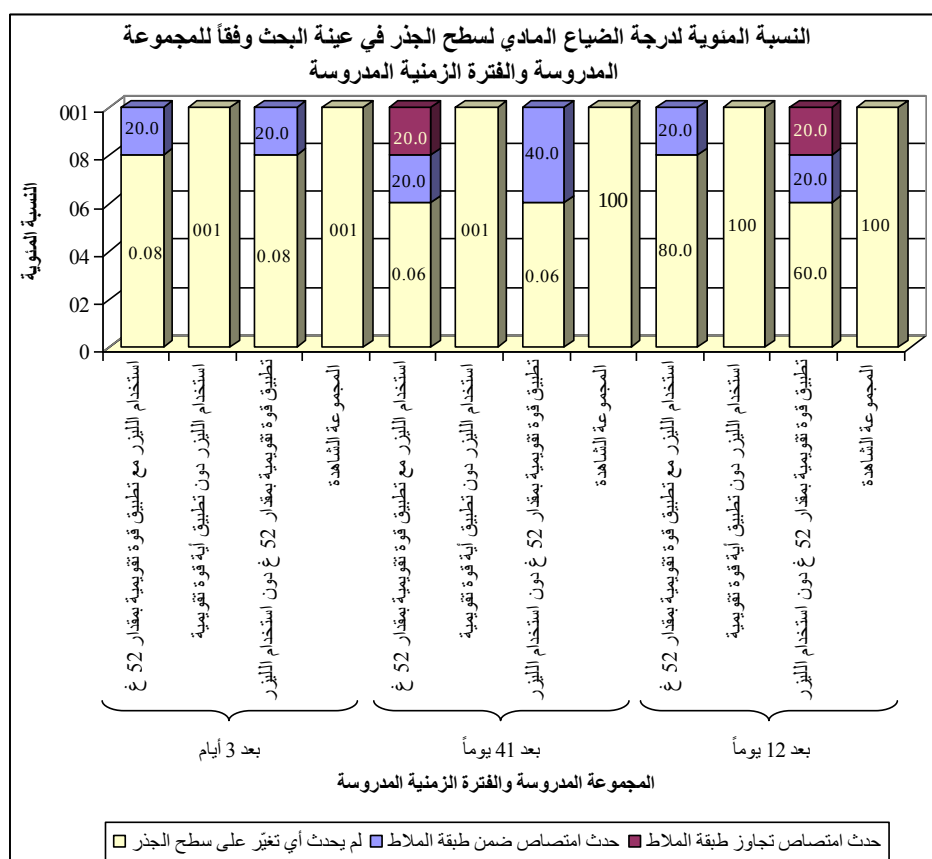
ولم يتم حساب قيم كاي مربع في مجموعة منطقة الشدّ لأنه لم توجد أية خلايا كاسرة في منطقة الشدّ مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة ومهما كانت المجموعة المدروسة في عينة البحث، وبالتالي نقرر أنه لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في كل من مجموعات الفترة الزمنية المدروسة على حدة في مجموعة منطقة الشدّ من عينة البحث.

4. 2. 3. دراسة درجة الضياع المادي لسطح الجذر:

← نتائج تحديد درجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة:

جدول رقم (15) يبين نتائج تحديد درجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة	عدد حيوانات التجربة				النسبة المئوية		
		لم يحدث أي تغير على سطح الجذر	حدث امتصاص طبقة الملاط	حدث امتصاص طبقة الملاط	لم يحدث أي تغير على سطح الجذر	حدث امتصاص طبقة الملاط	حدث امتصاص طبقة الملاط	المجموع
بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	4	1	0	5	80.0	20.0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4	1	0	5	80.0	20.0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	100	0	100
بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	3	1	1	5	60.0	20.0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	3	2	0	5	60.0	40.0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	100	0	100
بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	4	1	0	5	80.0	20.0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	3	1	1	5	60.0	20.0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	100	0	100



مخطط رقم (6) يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد درجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

دراسة تأثير المجموعة المدروسة على درجة الضياع المادي لسطح الجذر

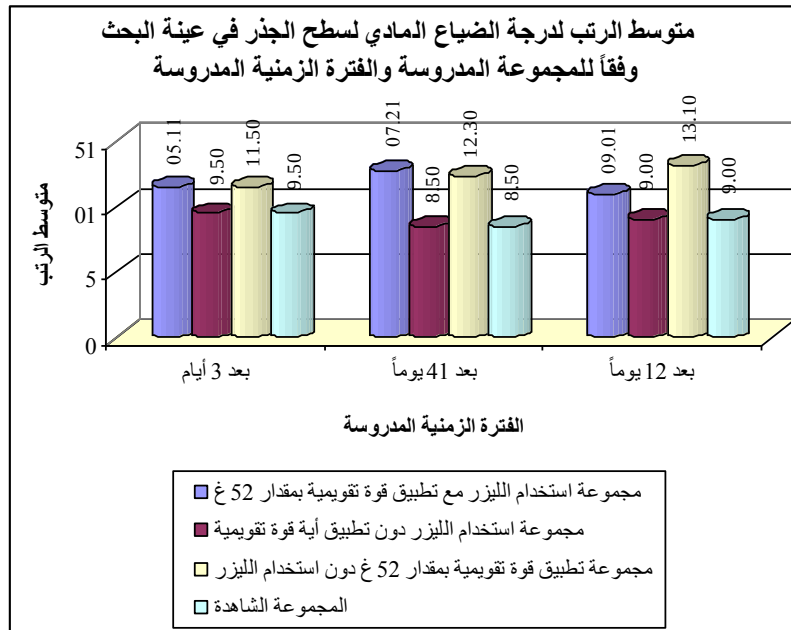
وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة كما يلي:

- إحصاءات الرتب:

جدول رقم (16) يبين متوسط الرتب لدرجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس	الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة	عدد الحيوانات	متوسط الرتب
درجة الضياع المادي لسطح الجذر	بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	11.50
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	9.50
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	11.50
		المجموعة الشاهدة	5	9.50
	بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	12.70
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	8.50
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	12.30
		المجموعة الشاهدة	5	8.50
	بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	10.90
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	9.00
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	13.10
		المجموعة الشاهدة	5	9.00



مخطط رقم (7) يمثل متوسط الرتب لدرجة الضياع المادي لسطح الجذر في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

- نتائج اختبار Kruskal-Wallis:

جدول رقم (17) يبين نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس	الفترة الزمنية المدروسة	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة الضياع المادي لسطح الجذر	بعد 3 أيام	2.111	3	0.550	لا توجد فروق دالة
	بعد 14 يوماً	4.729	3	0.193	لا توجد فروق دالة
	بعد 21 يوماً	4.230	3	0.238	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، أي

أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر بين

المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام

الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة

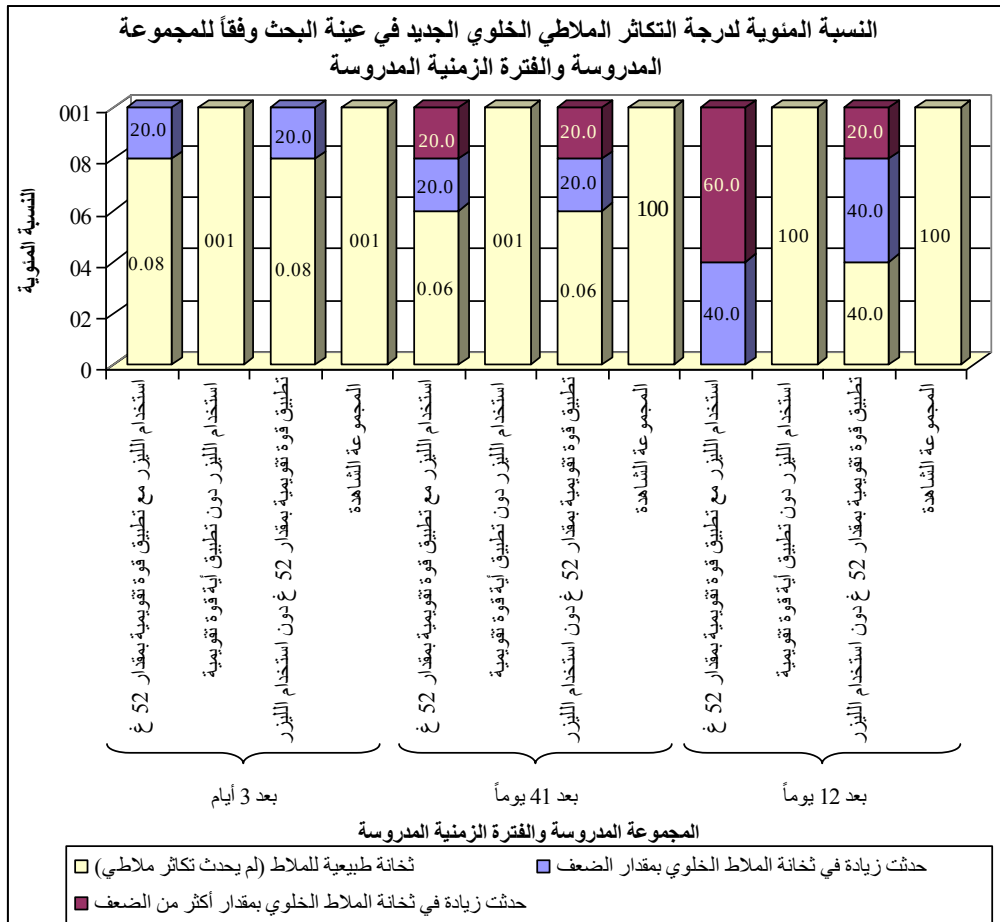
الشاهدة)، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في عينة البحث.

4.2.4. دراسة درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد:

نتائج تحديد درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة:

جدول رقم (18) يبين نتائج تحديد درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة	عدد حيوانات التجربة			النسبة المئوية		
		ثخانة طبيعية للملاط (لم يحدث تكاثر ملاطي)	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلو بمقدار أكثر من الضعف	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلو بمقدار أكثر من الضعف	ثخانة طبيعية للملاط (لم يحدث تكاثر ملاطي)	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلو بمقدار أكثر من الضعف	حدثت زيادة في ثخانة الملاط الخلو بمقدار أكثر من الضعف
بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	4	1	0	5	0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4	1	0	5	0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	0	100
بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	3	1	1	5	1	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	3	1	1	5	1	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	0	100
بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	0	2	3	5	0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	0	5	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	2	2	1	5	1	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	0	5	0	100



مخطط رقم (8) يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

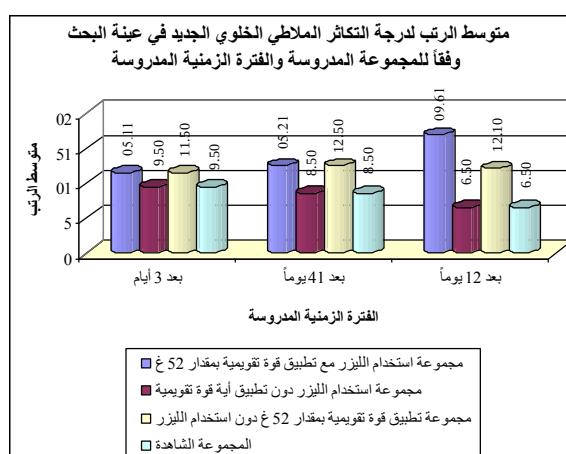
دراسة تأثير المجموعة المدروسة على درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة كما يلي:

- إحصاءات الرتب:

جدول رقم (19) يبين متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس	الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة	عدد حيوانات التجربة	متوسط الرتب
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	11.50
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	9.50
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	11.50
		المجموعة الشاهدة	5	9.50
	بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	12.50
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	8.50
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	12.50
		المجموعة الشاهدة	5	8.50
	بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	16.90
		مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	6.50
		مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	12.10
		المجموعة الشاهدة	5	6.50



مخطط رقم (9) يمثل متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

- نتائج اختبار Kruskal-Wallis:

جدول رقم (20) يبين نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدرّس	الفترة الزمنية المدرّسة	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	بعد 3 أيام	2.111	3	0.550	لا توجد فروق دالة
	بعد 14 يوماً	4.691	3	0.196	لا توجد فروق دالة
	بعد 21 يوماً	14.013	3	0.003	<u>توجد فروق دالة</u>

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في كل من مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3 أيام) ومجموعة الفترة الزمنية (بعد 14 يوماً) على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث.

أما في مجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً) فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 21 يوماً بين اثنتين على الأقل من المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية،

مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 21 يوماً تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للمقارنة الثنائية بين المجموعات الأربع المدروسة كما يلي:

نتائج اختبار Mann-Whitney U:

جدول رقم (21) يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً بين المجموعات في عينة البحث.

المتغير المدروس	الفترة الزمنية المدروسة	المجموعة المدروسة (أ)	المجموعة المدروسة (ب)	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	بعد 21 يوماً	استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	0	0.005	<u>توجد فروق دالة</u>
			تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5.5	0.118	لا توجد فروق دالة
			المجموعة الشاهدة	0	0.005	<u>توجد فروق دالة</u>
		استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5.0	0.053	لا توجد فروق دالة
			المجموعة الشاهدة	12.5	1.000	لا توجد فروق دالة
			المجموعة الشاهدة	5.0	0.053	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 عند

المقارنة في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ وكل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة على حدة في عينة البحث، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 21 يوماً بين مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ وكل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة على حدة في عينة البحث، وبدراسة قيم متوسطات

الرتب الموافقة نستنتج أن درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بعد 21 يوماً في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ كانت أعلى منها في كل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية والمجموعة الشاهدة على حدة في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

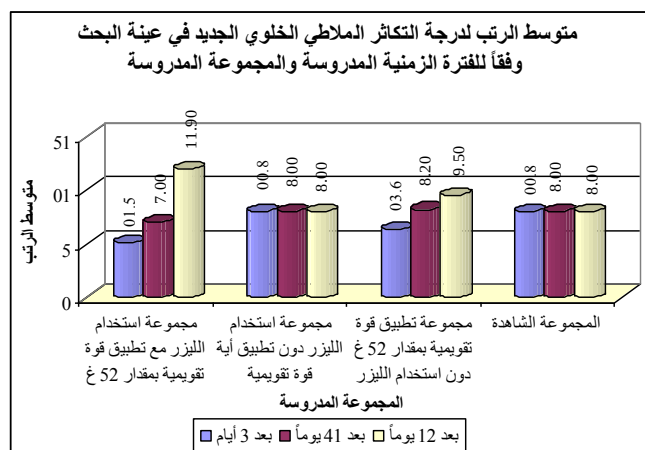
➤ دراسة تأثير الفترة الزمنية المدروسة على درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد وفقاً للمجموعة المدروسة:

تم إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة (بعد 3 أيام، بعد 14 يوماً، بعد 21 يوماً) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

- إحصاءات الرتب:

جدول رقم (22) يبين متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	الفترة الزمنية المدروسة	عدد حيوانات التجربة	متوسط الرتب
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	بعد 3 أيام	5	5.10
		بعد 14 يوماً	5	7.00
		بعد 21 يوماً	5	11.90
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	بعد 3 أيام	5	8.00
		بعد 14 يوماً	5	8.00
		بعد 21 يوماً	5	8.00
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	بعد 3 أيام	5	6.30
		بعد 14 يوماً	5	8.20
		بعد 21 يوماً	5	9.50
	المجموعة الشاهدة	بعد 3 أيام	5	8.00
		بعد 14 يوماً	5	8.00
		بعد 21 يوماً	5	8.00



مخطط رقم (10) يمثل متوسط الرتب لدرجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة والمجموعة المدروسة.

- نتائج اختبار Kruskal-Wallis:

جدول رقم (23) يبين نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة (بعد 3 أيام، بعد 14 يوماً، بعد 21 يوماً) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	7.121	2	0.028	توجد فروق دالة
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	0	2	1.000	لا توجد فروق دالة
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	1.690	2	0.429	لا توجد فروق دالة
	المجموعة الشاهدة	0	2	1.000	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في كل من

مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية ومجموعة تطبيق قوة تقويمية

بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر والمجموعة الشاهدة، أي أنه عند مستوى الثقة

95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي

الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة (بعد 3 أيام، بعد 14 يوماً،

بعد 21 يوماً)، وذلك في كل من مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة

تقويمية ومجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر والمجموعة الشاهدة على حدة في عينة البحث.

أما بالنسبة لمجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين اثنتين على الأقل من مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة (بعد 3 أيام، بعد 14 يوماً، بعد 21 يوماً) في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث، ولمعرفة أي مجموعات الفترة الزمنية المدروسة تختلف عن الأخرى جوهرياً في درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد تم إجراء اختبار Mann-Whitney U بين مجموعات الفترة الزمنية الثلاث المدروسة، وذلك في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث كما يلي:

- نتائج اختبار Mann-Whitney U:

جدول رقم (24) يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعات الفترة الزمنية المدروسة، وذلك في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	الفترة الزمنية المدروسة (أ)	الفترة الزمنية المدروسة (ب)	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	بعد 3 أيام	بعد 14 يوماً	9.5	0.439	لا توجد فروق دالة
			بعد 21 يوماً	1.0	0.011	توجد فروق دالة
		بعد 14 يوماً	بعد 21 يوماً	4.5	0.077	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في

تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3

أيام) ومجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد

فروق دالة إحصائياً في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3 أيام) ومجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً) في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أن درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد في مجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً) كانت أعلى منها في مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3 أيام) في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في تكرارات درجة التكاثر الملاطي الخلوي الجديد بين مجموعة الفترة الزمنية (بعد 14 يوماً) وكل من مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3 أيام) ومجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً) على حدة، وذلك في مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ من عينة البحث.

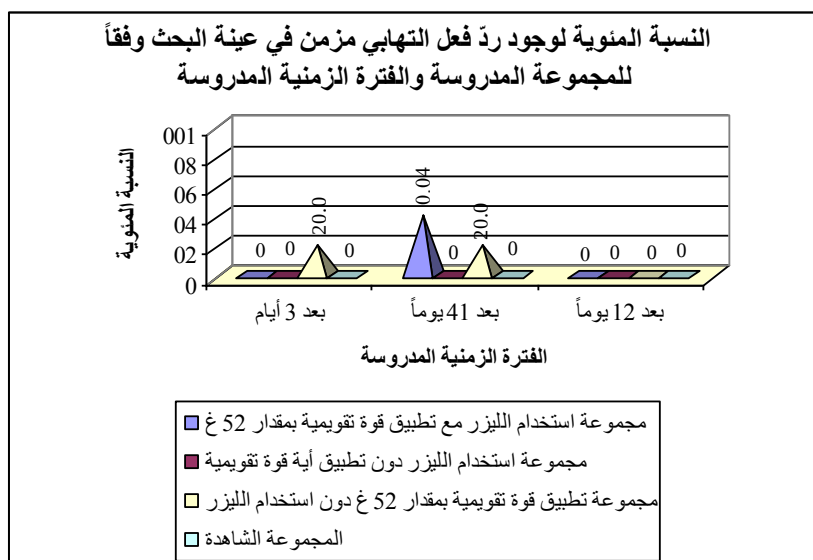
4. 2. 5. دراسة وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن:

نتائج تحديد وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة:

جدول رقم (25) يبين نتائج تحديد وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن في عينة البحث وفقاً

للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية المدروسة.

الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة	عدد حيوانات التجربة			النسبة المئوية		
		لا يوجد ردّ فعل التهابي مزمن	يوجد ردّ فعل التهابي مزمن	المجموع	لا يوجد ردّ فعل التهابي مزمن	يوجد ردّ فعل التهابي مزمن	المجموع
بعد 3 أيام	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	0	5	100	0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4	1	5	80.0	20.0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	5	100	0	100
بعد 14 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	3	2	5	60.0	40.0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	4	1	5	80.0	20.0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	5	100	0	100
بعد 21 يوماً	مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ	5	0	5	100	0	100
	مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية	5	0	5	100	0	100
	مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر	5	0	5	100	0	100
	المجموعة الشاهدة	5	0	5	100	0	100



مخطط رقم (11) يمثل النسبة المئوية لوجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والفترة الزمنية

◀ دراسة تأثير المجموعة المدروسة على وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة كما يلي:

- نتائج اختبار كاي مربع:

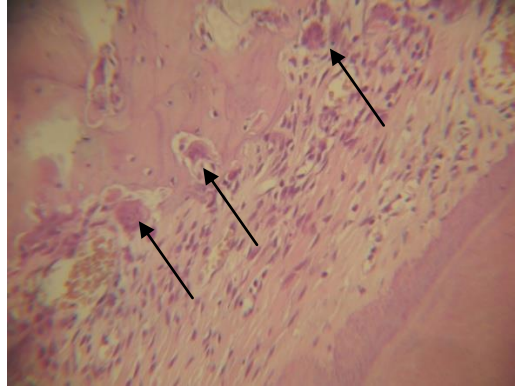
جدول رقم (26) يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغيران المدروسان = المجموعة المدروسة × وجود ردّ الفعل الالتهابي المزمن					
الفترة الزمنية المدروسة	عدد الحيوانات	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد 3 أيام	20	3.158	3	0.368	لا توجد فروق دالة
بعد 14 يوماً	20	4.314	3	0.230	لا توجد فروق دالة
بعد 21 يوماً	20	-	-	-	لا توجد فروق دالة

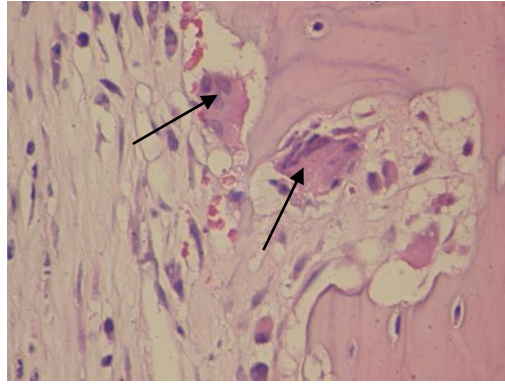
يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في كل من مجموعة الفترة الزمنية (بعد 3 أيام) ومجموعة الفترة الزمنية (بعد 14 يوماً) على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي بعد 3 أيام وبعد 14 يوماً بين المجموعات الأربع المدروسة (مجموعة استخدام الليزر مع تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ، مجموعة استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية، مجموعة تطبيق قوة تقويمية بمقدار 25 غ دون استخدام الليزر، المجموعة الشاهدة) في عينة البحث.

ولم يتم حساب قيمة كاي مربع الموافقة لمجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً) لأنه لم يوجد أية حالة ردّ فعل التهابي مزمن مهما كانت المجموعة المدروسة في

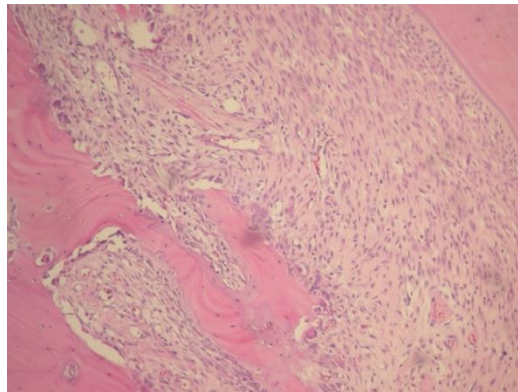
مجموعة الفترة الزمنية (بعد 21 يوماً)، وبالتالي نقرر أنه لا توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات وجود ردّ الفعل الالتهابي بعد 21 يوماً بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث.



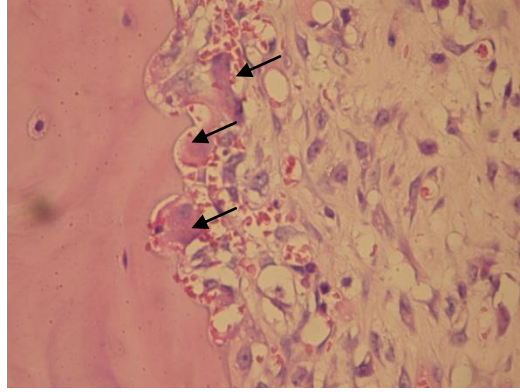
الشكل (45) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن الخلايا الكاسرة للعظم ضمن فجوات الامتصاص على طول جدار العظم السنخي (تكبير X10)



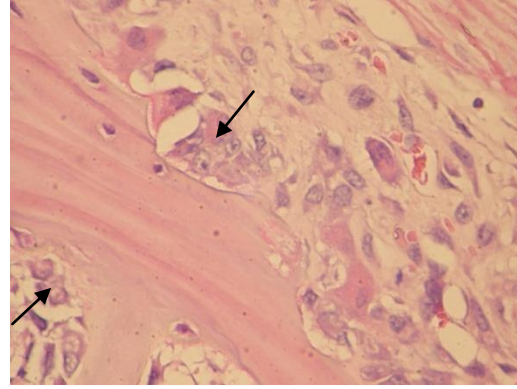
الشكل (46) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى (السهم) ضمن فجوات الامتصاص (تكبير X40)



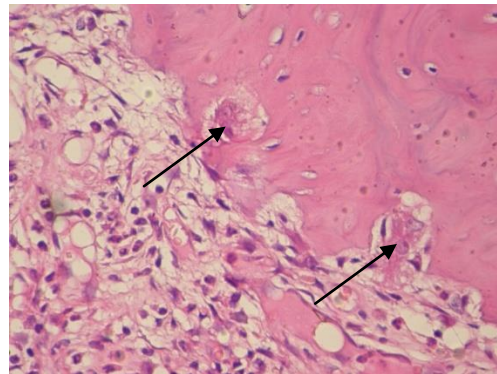
الشكل (47) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبيّن غزارة وجود الخلايا الكاسرة للعظم على طول جدار العظم السنخي في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X4)



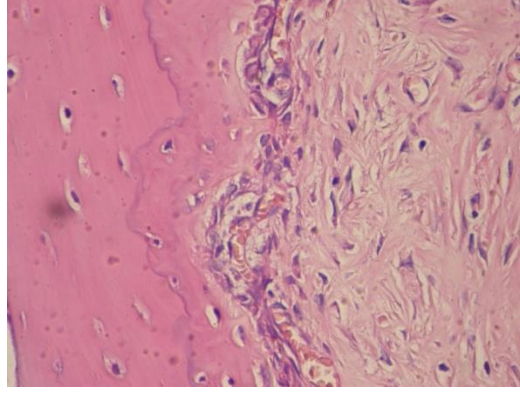
الشكل (48) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبين عدد من الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى (تكبير X40)



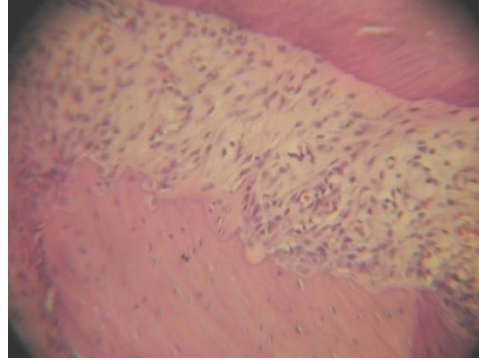
الشكل (49) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين عدد من الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى على سطح العظم المقابل للرباط و كذلك ضمن المسافات النقيوية (تكبير X40)



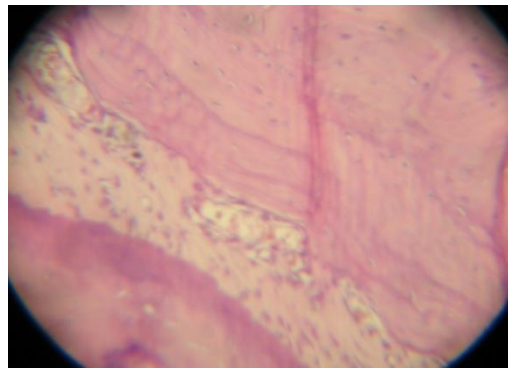
الشكل (50) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبين الخلايا الكاسرة للعظم ضمن فجوات الامتصاص (تكبير X40)



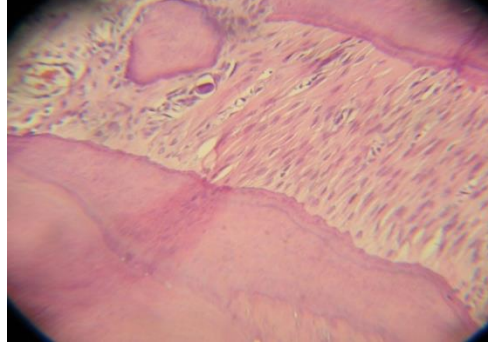
الشكل (51) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي (هيماتوكسلين -إيوزين) تبين نشاط الخلايا المولدة للعظم مع توضع عظم جديد في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)



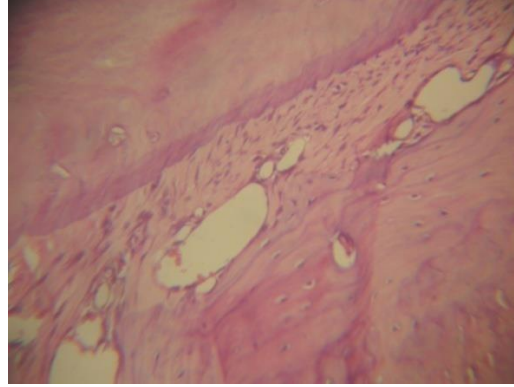
الشكل (52) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين امتطاط الألياف الكولاجينية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 3 أيام (تكبير X40)



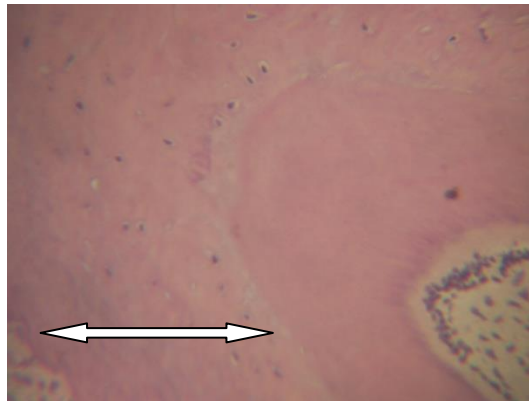
الشكل (53) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين توضع طبقات من العظم الجديد نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 21 يوماً (تكبير X40)



الشكل (54) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبيّن تسمك في طبقة الملاط نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد من الرباط حول السني في المجموعة الثالثة بعد 21 يوماً (تكبير X40)



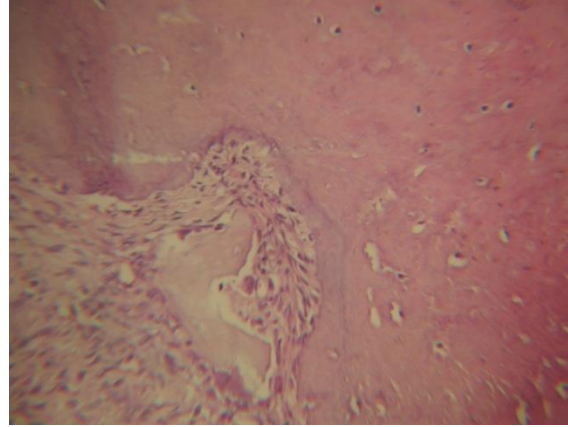
الشكل (55) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبيّن إعادة إنتظام الرباط حول السني مع توضع طبقات من العظم نتيجة الحركة السنية التقويمية في منطقة الشد في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)



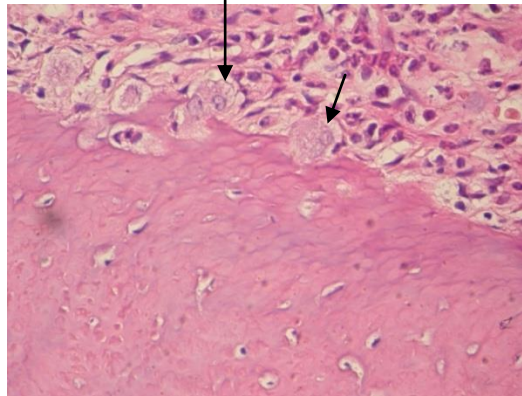
الشكل (56) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبيّن فرط التكاثر الملاطي الخلوي في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)



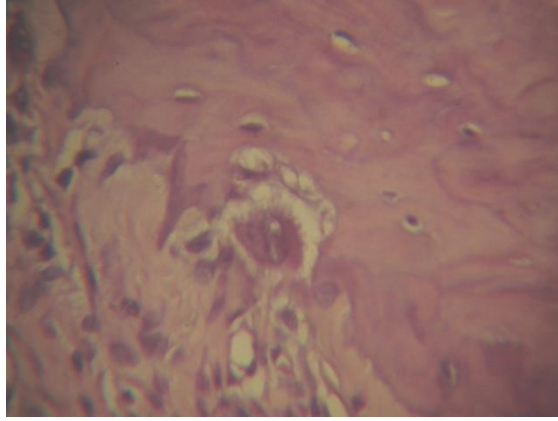
الشكل (57) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فرط التكاثر الملاطي الخلوي
في المجموعة الأولى بعد 21 يوماً (تكبير X40)



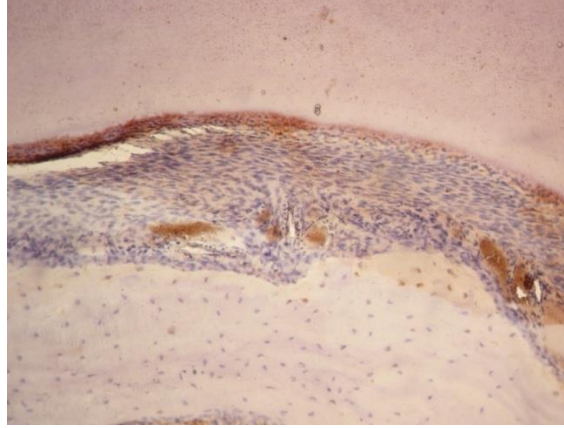
الشكل (58) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فجوة امتصاص جذري كبيرة
ضمن طبقة الملاط في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X40)



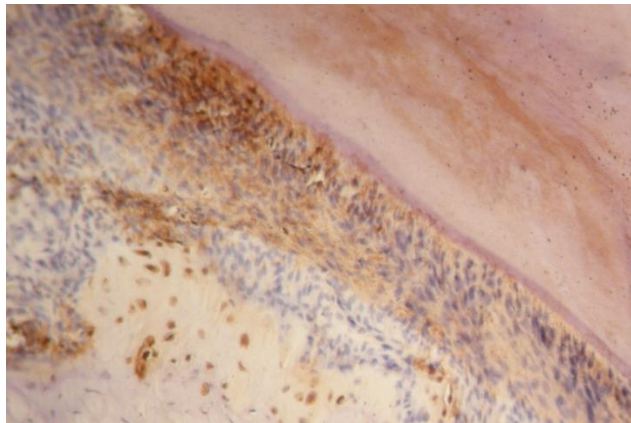
الشكل (59) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبين فجوات امتصاص جذرية متعددة
مع وجود الخلايا الكاسرة للملاط في المجموعة الأولى بعد 14 يوماً (تكبير X40)



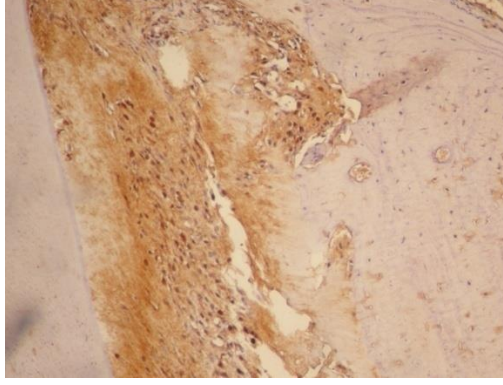
الشكل (60) : صورة نسيجية بالتلوين التقليدي تبيّن فجوة امتصاص جذري مع وجود خلية كاسرة للملاط متعددة النوى في المجموعة الثالثة بعد 14 يوماً (تكبير X40)



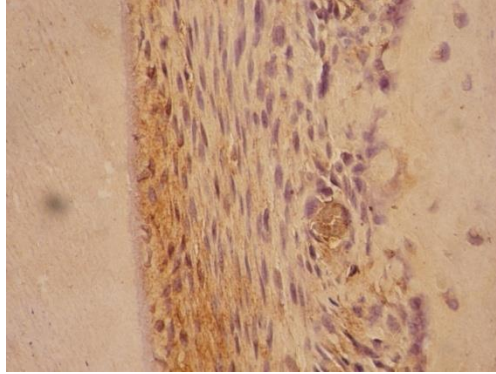
الشكل (61) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)



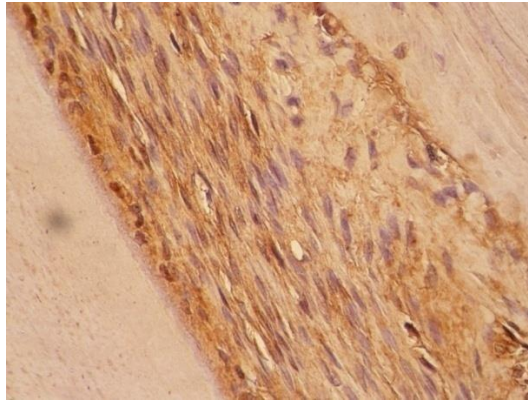
الشكل (62) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)



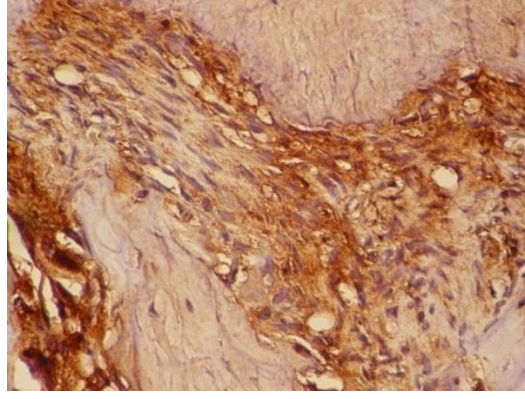
الشكل (63) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)



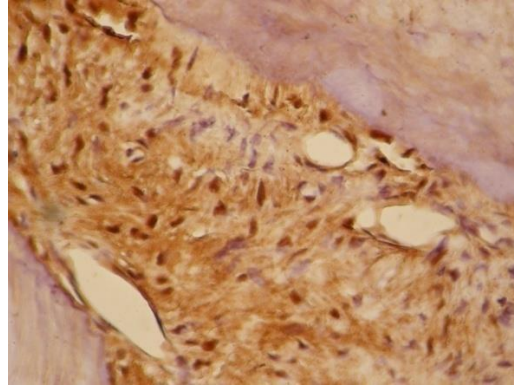
الشكل (64) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 3 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



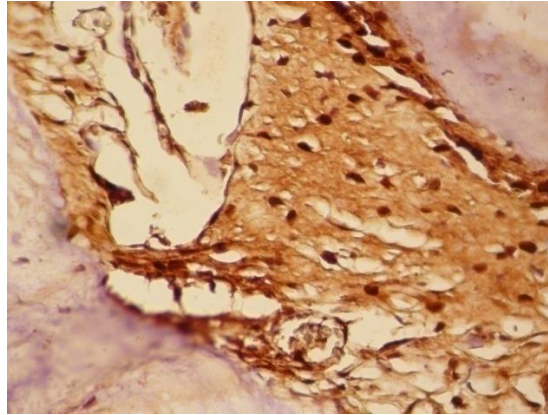
الشكل (65) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



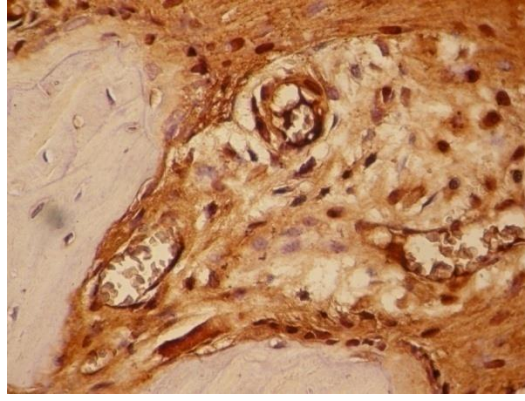
الشكل (66) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 14 أيام من تطبيق القوة .



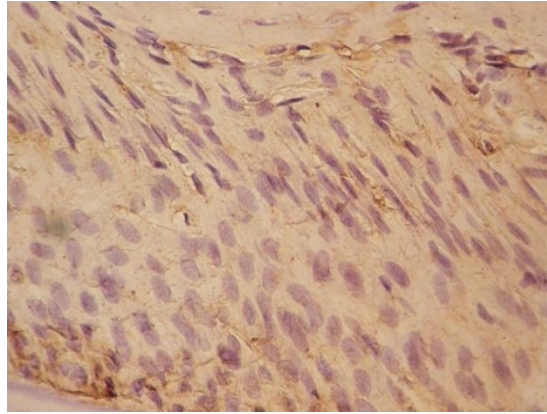
الشكل (67) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



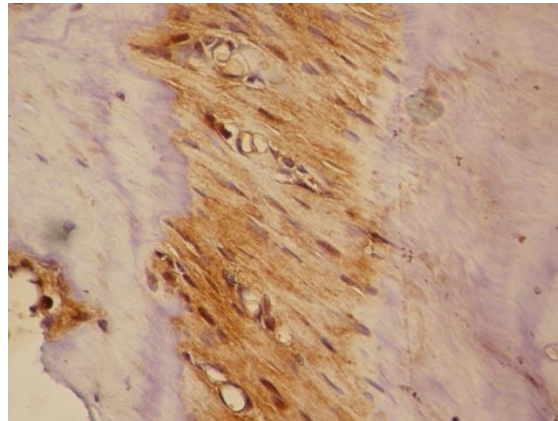
الشكل (68) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 21 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



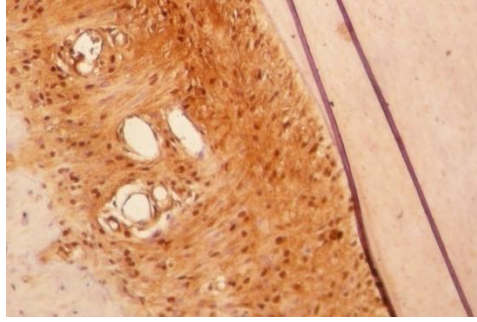
الشكل (69) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الثالثة بعد 21 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



الشكل (70) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الثانية (ليزر فقط دون تطبيق قوة) بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)

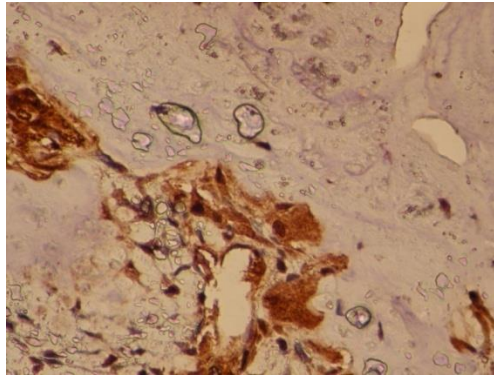


الشكل (70) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في منطقة الشد من الرباط حول السني للمجموعة الأولى بعد 14 أيام من تطبيق القوة (تكبير X10)



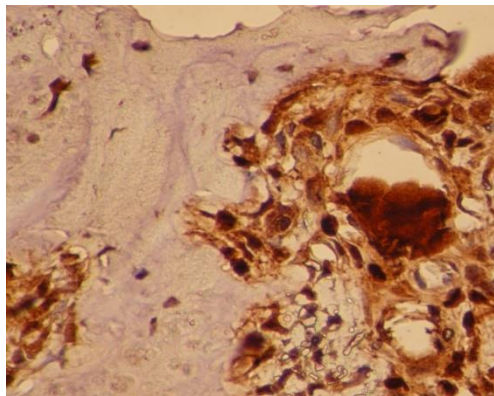
الشكل (71) : صورة نسيجية تبيّن تعبيرية PCNA في المجموعة الأولى بعد 21

أيام من تطبيق القوة (تكبير X40)



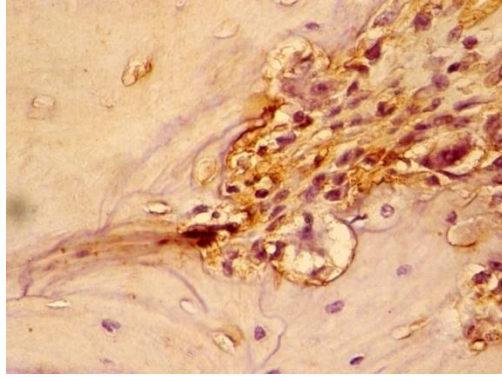
الشكل (72) : صورة نسيجية تبيّن اصطبغ هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ TRAP (

تكبير X40)

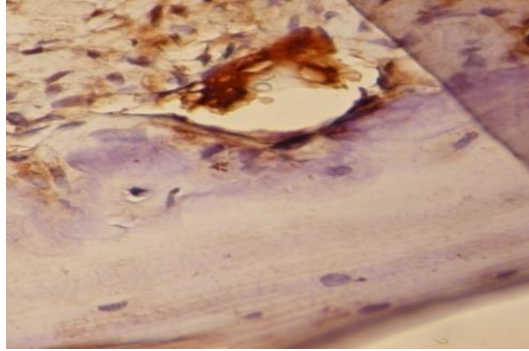


الشكل (73) : صورة نسيجية تبيّن اصطبغ هيولى الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى و

سليفتها وحيدة النوى بتلوين الـ TRAP (تكبير X40)



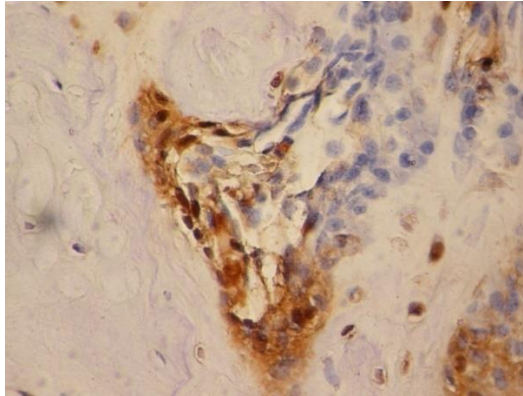
الشكل (74) : صورة نسيجية تبين تعبيرية الـ TRAP (تكبير 40X)



الشكل (75) : صورة نسيجية تبين اصطبغ هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ

TRAP

(تكبير 40X)



الشكل (76) : صورة نسيجية تبين اصطبغ هيولى الخلايا الكاسرة للعظم بتلوين الـ TRAP

(تكبير 40X)

الباب الخامس

المناقشة

Discussion

5. المناقشة Discussion:

اخترنا لدراستنا ، حيوانات التجربة من نوع جرذان الويستر Wister rats ، وذلك نظراً لمجموعة من الاعتبارات منها: سهولة الحصول عليها وسهولة تربيتها، وتحملها للتخدير عدة مرات، أضيف إلى تشابه البنية النسيجية للأسنان و النسيج ما حول السنية مع تلك التي تخص الإنسان، مما يسهل قراءة المحضرات النسيجية، ويجعل المقارنة بينها وبين المحضرات النسيجية البشرية ممكنة نوعاً ما.

كما أن الشكل التشريحي للفك العلوي وفقدان الأنياب والضواحك يجعل العمل سهلاً وملائماً لإتاحته مسافة مناسبة لجر الرحي الأولى العلوية أنسياً.

تتصف هذه الحيوانات بسرعة متميزة بدورة إعادة التشكل العظمي Bone Remodeling cycle مقارنة مع الإنسان، حيث وجد كل من Vignery وBaron (1980) أن الفترة الزمنية اللازمة لإعادة التشكل العظمي عند الجرذان تساوي 6 أيام مقابل 60-120 يوماً عند الإنسان البالغ. مما يفترض أن ما نحصل عليه من نتائج خلال فترة زمنية قصيرة عند الجرذان يعادل نتائج بأضعاف تلك الفترة الزمنية فيما لو طبقت المعالجة التقويمية على الإنسان.

تم انتقاء الحيوانات الذكور فقط من أجل استبعاد أية تأثيرات هرمونية لدى الإناث قد تشوش النتائج اللاحقة. كما كان مقدار القوة التقويمية المستخدم لدى الدراسة الحالية 25 غراماً بالحد الأدنى المقبول حيويًا وبذلك تم تجنب القوى الكبيرة التي قد تحدث تموتاً أو واستحالات زجاجية قد تشوش الصورة النسيجية، وقد تؤثر على وزن حيوان التجربة وصحته العامة.

كما تم تنشيط الجهاز التقويمي منذ وضعه مباشرة دون أي تنشيط لاحق خلال المراحل المختلفة من الدراسة وهو متساوٍ عند جميع المجموعات المتعرضة لقوة تقويمية.

(Kawasaki and Shimizu, 2000, Yamaguchi M and al., 2007, Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2008)

استخدمت الدراسة الحالية ليزر من نوع الديود ليزر Diode Laser وهو من ليزرات أنصاف النواقل، وسطه الليزري هو الغاليوم . ألمنيوم . أرسنيد (GA-AL-AS) بطول موجة 810 نانومتر، إصداره الموجي مستمر، استطاعته 100 ميلي واط، وهو الليزر القادر بفضل وجود مواصفات خاصة على إحداث ما يسمى بالتحريض الحيوي للخلايا المشاركة بالحركة السنية التقويمية لأمرين اثنين:

- طول الموجة 810 نانومتر القريب من طيف الأمواج تحت الحمراء، القدرة على النفوذ الجيد ضمن الأنسجة الحية.

- امتلاكه طاقة منخفضة قادرة على إنتاج أفعال حيوية ضمن الخلايا المتعرضة له. (Pinheiro et al., 2003)

فقد سجل Luger et al. (1998) أن التبدد لحزمة الليزر منخفض الطاقة من قبل الجلد ينقصها 3-6% فقط من شدتها الأولية. كما تبين أن حوالي 50% من حزمة ليزر الديود 60 ميلي واط قادرة على النفوذ لعمق 1 ميلي متر ضمن العظم القشري للفاك السفلي عند الإنسان والبقرة. وذلك لأن الأشعة الليزرية تحت الحمراء تملك معامل امتصاص منخفض بالماء والهيموغلوبين، و بالتالي فإنها تملك بالنتيجة خاصية النفوذ العميق ضمن النسيج المعرضة للأشعة. فإنه من المعروف أن الأشعة تحت الحمراء قابلة للنفوذ بشكل أكبر من الأشعة المرئية ضمن النسيج الرخوة.

بالنظر إلى الطاقة وأطوال الموجة لليزر المستخدمة في معظم الدراسات التجريبية الحديثة ذات النتائج الإيجابية والمجراة على حيوانات تجربة مشابهة لعينة الدراسة الحالية، نذكر أن الطاقة الإجمالية عند Kim et al (2010) كانت تساوي 34,81 جول/سم²، بينما كانت عند كل من الباحثين (Yoshida et al., 2007, Fujita et al., 2008, Yamaguchi M and al., 2009) تساوي 54 جول/سم². أما بالنسبة لطول الموجة فقد كانت عند (Kim et al., 2010) 808 نانومتر، بينما كانت عند كل من (Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2007, Yamaguchi M and al., 2008) تساوي 810 نانومتر. وبالتالي في هذا البحث وبالمقارنة مع الأبحاث السابقة تم اختيار الطاقة وطول الموجة لليزر الأكثر مثالية وقدرة على إحداث تحريض حيوي مناسب وبالتالي تسريع بالحركة السنية التقويمية.

وبناءً على هذه المعطيات فقد تم اختيار أشعة الليزر تحت الحمراء ذات طول الموجة 810 نانومتر لقدرتها الواضحة على النفوذ، كما تم استخدام طاقة 1 ميلي واط مع توضع الرأس العامل لليزر بتماس مباشر مع اللثة دون وجود انعكاس ملحوظ لضوء الليزر، بطاقة إجمالية مناسبة تساوي 54 جول/سم²، وبالتالي نفوذ جرعة الليزر عميقاً تحت الأنسجة الرخوة (اللثة) ووصولها إلى الرباط حول السني والنسيج العظمي السنخي و ما ينتج عن ذلك من فعل تحريض حيوي خلوي محتمل.

صادفتنا في دراستنا، 5 حالات فشل (3 حالات منها ناجمة عن كسر الجهاز التقويمي، وحالتان بسبب موت حيوان التجربة بشكل مفاجئ)، تم التعويض عن هذه الحالات بشكل فوري حيث وضعت أجهزة تقويمية جديدة على حيوانات تجربة جديدة كانت تعيش ضمن ظروف العمل نفسها تماماً و ضمن الفترة الزمنية نفسها التي أجرى فيها البحث كاملاً.

كثيرة هي الأبحاث التي تحدثت عن إحداث حركة سنّية تقويمية عند الجرّذان، لكن القليل منها ما سجّل أو ناقش حالات الفشل، وخاصة حالات الفشل الكثيرة المتعلقة بفك ارتباط الجهاز التقويمي عن الأسنان الأمامية والمرتبطة غالباً بتحدي البروز المستمر للقواطع، إضافة إلى الإطباق الرضي على الجهاز من قبل القواطع السفلية مما يؤدي إلى كسر الجزء الأمامي من الجهاز، وهو ما جرى تجاوزه بإتقان وضع الجهاز بالطريقة المذكورة بالتفصيل سابقاً، وذلك بالاستعانة بدراسة تجريبية Pilot study أجريت على بعضٍ من الجرّذان (لم تدخل في عينة البحث).

أُثبتت بعض التأثيرات الجهازية البسيطة المحتملة لليزر منخفض الطاقة في عدد من الدراسات، وذلك باحتمال طرح بعض المواد مثل عوامل النمو وبعض السيتوكينات ضمن الجهاز الدوراني، (SCHINDLE A, ET AL 2002) مما قد يؤثر على النتائج في الجانب الآخر من الفك العلوي في حال تطبيقنا للجهاز بشكل ثنائي الجانب عند حيوان التجربة نفسه الأمر الذي يحتمل عدم حيادية تلك النتائج، وبالتالي فقد نفذت الدراسة الحالية الحركة السنّية التقويمية بوضع الجهاز التقويمي بشكل أحادي الجانب (جر للرحى الأولى العلوية اليمنى فقط) تجنباً لأي تأثيرات جهازية محتملة.

لم يُلاحظ أي فارق ملحوظ، أثناء جمع النتائج، على صعيد سلامة اللثة والأنسجة الرخوة سريرياً بين جميع المجموعات المدروسة، عدا حدوث بعض الالتهابات اللثوية البسيطة في الأيام الأولى بعد تركيب الجهاز التقويمي فقط. كما لم يلاحظ أي احمرار أو التهاب أو حرق عند مناطق التعريض بالليزر وهو متوافق مع ما قد وُصف سابقاً عند Saito (1997).

5. 1. مناقشة نتائج الفحص النسيجي بالتلوين التقليدي بالهيماتوكسولين والإيوزين:

أظهرت نتائج الفحص النسيجي بالتلوين التقليدي بالهيماتوكسولين والإيوزين توافقاً مبدئياً مع نتائج الفحص المناعي الكيميائي النسيجي، خصوصاً فيما يتعلق بالزيادة الملحوظة لعدد الخلايا الكاسرة للعظم المتعددة النوى ضمن فجوات الامتصاص خاصة عند تطبيق الليزر منخفض الطاقة أثناء الحركة السنية التقييمية بالفترة الزمنية بعد 14 يوماً من تطبيق القوة التقييمية.

حيث أظهرت الدراسة النسيجية بالتلوين التقليدي بالهيماتوكسولين وإيوزين في **منطقة الضغط** من الرباط حول السني للجذر الأنسي للرحى الأولى العلوية زيادة واضحة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم ضمن فجوات الامتصاص (فجوات هاوتشيب) مسببة سطح عظم مقبب Scalloping بالمجموعتين الأولى والثالثة، استمرت هذه الزيادة في عدد ونشاط الخلايا الكاسرة حتى اليوم الرابع عشر، بأغلبية ملحوظة للمجموعة الأولى عن الثالثة، كما لوحظ إعادة انتظام الرباط حول السني مع وجود سطح عظم أكثر انتظاماً في نهاية اليوم الحادي والعشرين بكلتا المجموعتين السابقتين، وهو ما اتفق مع العديد من الدراسات النسيجية السابقة.

(Saito and Shimizu, 1997, Kim et al., 2010, Kawasaki and Shimizu, 2000, Yamaguchi M and al., 2007, Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2008)

أما في **جانب الشد** من الرباط حول السني في المجموعتين الأولى والثالثة فقد لوحظ تمطط بالألياف الغرائية (الكولاجينية) كما لوحظ توضع للنسيج المشبه بالعظمي خاصة بالفترة الزمنية المدروسة (14-21) يوماً، والأمر الملفت للنظر هو وجود

تكاثر خلوي ملاطي جديد بمنطقة ذروة جذور الأسنان في المجموعة الأولى (قوة تقويمية مع ليزر) بشكل واضح ومميز عن باقي المجموعات الأخرى وخاصة بالفترة الزمنية المدروسة (21 يوماً) ، إضافة لذلك فقد اصطبغت الخلايا الملاطية ضمن الملائم الجديد المتشكل بملون PCNA المناعي مما يدل على فعاليتها التكاثرية، مما استدعى إلى الاقتراح بفعالية الليزر منخفض الطاقة على حدوث تكاثر خلوي للخلايا الصانعة للملائم وتوضع ملاطي خلوي لاحق، وبالتالي احتمالية فائدة ذلك في الوقاية من الامتصاص الجذري الخارجي الناتج عن الحركة السنوية التقويمية أو حتى في الترميم اللاحق لهذا الامتصاص إن وجد.

- كما أظهرت الدراسة النسيجية التقليدية شبه تطابق بين الموجودات النسيجية (من حيث الخلايا، الشكل النسيجي) بين المجموعة الثانية والمجموعة الشاهدة وهو ما تطابق مع الدراسة المناعية الكيميائية النسيجية من عدم وجود أي فرق ذي دلالة إحصائية سواء في قيم توسط نسبة وجود PCNA أو في متوسط عدد الخلايا المصبغة بالـ TRAP (الخلايا الكاسرة للعظم) بين المجموعة الثانية (استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية) والمجموعة الشاهدة ومهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، مما يؤكد عدم فائدة الليزر في إحداث أي تحريض حيوي خلوي أو فعالية خلوية دون وجود قوة تقويمية، وبالتالي فإنه يمكن القول أن فائدة الليزر هي تالية ومكملة لنشاط الخلايا وتمايزها الذي سبق وتفعّلت من خلال تطبيق القوة التقويمية، وهو ما يتفق مع دراسة (Saito and Shimizu, 1997).

على صعيد آخر لدى دراسة سطح جذر الرحي نسيجياً لتحري امتصاص الجذور الخارجي فلم تلاحظ في الدراسة الحالية عند مستوى الثقة 95% أية فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر وكذلك رد الفعل الالتهابي المزمّن بين المجموعات الأربع المدروسة ، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة في عينة البحث. و هو ما توافق مع نتيجة تعبيرية الـ TRAP

لوسم الخلايا الكاسرة للملاط حيث لم يوجد أية فروق دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة على سطح الملاط، المسؤولة عن الامتصاص الجذري بين المجموعات الأربع المدروسة، مما يقترح عدم وجود أي تأثير سلبي لليزر منخفض الطاقة على صعيد إحداثه لامتصاص جذري خارجي مرافق لتسريع معدل الحركة السنوية التقويمية و كذلك على صعيد نشاط و عدد الخلايا الكاسرة للملاط المسؤولة عنه، بل وعلى العكس تماماً كما ذكر سابقاً فقد اقترح البحث من خلال وجود تكاثر ملاطي خلوي جديد بالمجموعة الأولى خاصة بالفترة الزمنية (21 يوماً) احتمال فائدة الليزر منخفض الطاقة في ترميم أي امتصاص جذري قد يحدث في سياق الحركة السنوية التقويمية.

5. 2. مناقشة نتائج التلوين الكيميائي المناعي النسيجي:

5. 2. 1. مناقشة تعبيرية الـ PCNA :

أجرينا التلوين بالضد أحادي النسيلة **PCNA** (Monoclonal antibody) لرصد تأثير الليزر على الخلايا المسؤولة عن الحركة السنوية التقويمية في الرباط حول السني للسن المراد تحريكها تقويمياً، انطلاقاً من الدراسات التي تقترح تأثير الليزر منخفض الطاقة على زيادة الفعالية التكاثرية للخلايا في كلتا منطقتي الشد و الضغط من الرباط حول السني، وذلك بتسريع التشكل العظمي في منطقة الشد والامتصاص العظمي في منطقة الضغط، و هو التلوين الذي يعتبر طريقة مفيدة لتقييم النشاط التكاثري للخلايا، فبروتين الـ PCNA هو بروتين نووي مرتبط بدورة الخلية، ينشط بشكل أساسي في المرحلة G1 المتأخرة والمرحلة S في الخلايا المتكاثرة. (Garcia 1989)

كانت النتائج، في دراستنا الحالية، وعند مستوى الثقة 95%، قد بينت أن قيم تعبيرية الـ PCNA في الفترة الزمنية (3 أيام ، 14 يوماً) في المجموعة الأولى (مجموعة

استخدام الليزر مع قوة تقويمية) أكبر منها في كل من باقي المجموعات المدروسة (بما فيها المجموعة الثالثة وهي استخدام قوة تقويمية دون ليزر) بفارق ذي دلالة إحصائية وذلك في كلا منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السني للسن المراد تحريكها تقويمياً.

مما أظهر توافقاً مع العديد من الأبحاث كدراسة Kawasaki و Shimizu (2000) التي أظهرت زيادة في توضع العظم في جانب الشد خلال إحداث حركة سنّية تقويمية على الرّحى العلوية للجرذ، فكانت مناطق التشكل العظمي الحديث التشكل في المجموعة المعرضة لليزر أكثر بـ 1.7 ضعفاً من المجموعة غير المعرضة لليزر.

كذلك توافق ذلك مع دراسة Kim, et al (2010) التي أثبتت أن تطبيق الليزر منخفض الشدة يحسن من مستوى الاستقلاب العظمي خلال عملية شفاء العظم عند الجرذان، كما أنه يزيد من تعبيرية كلا من الفيبرينونكتين و الكولاجين النمط الأول مما يدل على فعالية الليزر في تسريع عملية نضوج وإعادة انتظام النسيج الضام للرباط حول السن أثناء الحركة السنّية التقويمية. (Kim et al., 2010)

كما أثبت Hamajima زيادة في تعبيرية الأوسيتوغليسين Osteoglycin، الذي يلعب دوراً رئيسياً في تحفيز التوضع العظمي بالمشاركة مع بروتينات القلب العضوي وعوامل النمو، وذلك لدى استخدام الليزر منخفض الطاقة خلال المراحل التكاثرية المبكرة لزراعة خلايا صانعات العظم. (Hamajima et al., 2003)

كما سجل Ozawa أن تطبيق الليزر يسرع عملية تكاثر الخلايا خلال المراحل المبكرة من تشكيل خلايا مشبهة بالعظمية معزولة من جمجمة جنين الجرذ، كما أن هذا التطبيق يزيد نشاط الفوسفاتاز القلوية ALP وتعبيرية الأوسيتوكالسين Osteocalcin، الأمر الذي يحرض على تكاثر الخلايا الصانعة للعظم بعدد أكبر

ومساحة عقيدات عظم جديد أوسع خلال عملية الزرع، مما يفترض أن الليزر يزيد عدد و تمايز الخلايا الصانعة للعظم. (Ozawa et al., 1998)

تقترح كل هذه النتائج أن التشعيع بالليزر يحرض عملية التشكيل العظمي وهو ما يتفق مع نتائج دراستنا في زيادة الفعالية الانقسامية التكاثرية للخلايا في الأيام (3 - 14) بالمجموعة الأولى مقارنة مع المجموعة الثالثة، تتضمن الآليات المفسرة لذلك: تنشيط التكاثر والتمايز المباشر لصانعات العظم (Yaakobi et al., 1996)، وزيادة فعالية عمل المتقدرات الحيوية واصطناع الـ ATP (Yu et al., 1997)، وزيادة التشكل الوعائي (Maegawa et al., 2000).

كما أظهرت الدراسة عدم وجود أي فرق ذي دلالة إحصائية سواء في قيم توسط تعبيرية الـ PCNA بين المجموعة الثانية (استخدام الليزر دون تطبيق أية قوة تقويمية) والمجموعة الشاهدة ومهما كانت الفترة الزمنية المدروسة، مما يؤكد النتيجة السابقة بالتلوين التقليدي بعدم فائدة الليزر في إحداث أي تحريض حيوي أو فعالية خلوية دون وجود قوة تقويمية.

5. 2. 2. مناقشة تعبيرية الـ TRAP:

تم اعتماد تلوين الـ (TRAP) في الدراسة الحالية و هو التلوين المناعي الكيميائي النسيجي الأكثر استعمالاً للتعرف على المستضدات الهيولية في الخلايا الكاسرة للعظم متعددة النوى، وأروماتها الخلايا وحيدة النواة. (Ren et al., 2004)

حيث أظهرت النتائج زيادة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم في جانب الضغط بفارق دالٍ إحصائياً وعند مستوى الثقة 95% في المجموعة الأولى عن باقي المجموعات المدروسة (بما فيها المجموعة الثالثة: قوة تقويمية دون استخدام الليزر).

وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة Kawazaki و Shimizu التي سجلت زيادة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم بمعدل 1,6 ضعفاً في المجموعة المعرضة لليزر مقارنة مع المجموعة غير المعرضة لليزر. (Kawasaki and Shimizu, 2000)

كما أكد Aihara أن الليزر منخفض الطاقة يسهل من عملية تمايز وتفعيل Diffentiation and activation الخلايا الكاسرة للعظم بوسمه لبروتين الـ RANK المسؤول عن عملية تمايز الخلايا الكاسرة للعظم و بالتالي حدوث الامتصاص العظمي اللاحق. (Aihara et al., 2006)

أما (Fujita et al.) فأكد على تحقيق الليزر تسريعاً في معدل الحركة السنية التقويمية وذلك من خلال الزيادة في وجود بروتيني RANK و RANKL، وبالتالي قد يكون حدوث التسريع بالحركة التقويمية ناتج عن تحفيز ارتباط RANK – RANKL مما يحفّر عملية تشكل الخلايا الكاسرة للعظم. (Fujita et al., 2008)

كما لاحظ (Yamaguchi et al) زيادة في إظهار بروتين M-csf و بروتين C-fms وخصوصاً في المراحل الأولى من إحداث الحركة السنية التقويمية المتصاحبة مع تطبيق الليزر منخفض الشدة. حيث يعتبر هذان البروتينان من الوسائط الهامة والمشاركة بشكل أساسي في عملية الامتصاص العظمي من خلال المساعدة في تمايز أرومة الخلايا الكاسرة للعظم إلى خلايا ناضجة متعددة النوى. (Yang et al., 1996, Felix et al., 1994)

نتفق مع كل ما سبق ذكره، في أن الليزر منخفض الطاقة يزيد من عدد ونشاط الخلايا الكاسرة للعظم وبالتالي يزيد من معدل الامتصاص العظمي الناتج عن الحركة السنية التقويمية في منطقة الضغط من الرباط حول السني. حيث يمكن تفسير هذه الزيادة بالعدد والنشاط بآليات مختلفة:

- إما بالتأثير المباشر لليزر على الخلايا العرطلة متعددة النوى بتنشيط المتقدرات التي تمتص طاقة الفوتون مما يحرض على تشكيل ATP ويزيد من قدرة ونشاط هذه الخلايا. (Karu et al., 2005)

- أو تأثير الليزر غير المباشر على تحريض زيادة في وسائط بروتينية خاصة مسؤولة عن تمايز الخلايا الكاسرة للعظم مثل RANKL (المستقبل المنشط للعامل

النووي) أو الـ M-CSF (عامل منشط مرتبط بالخلايا العرطلة البالعة). (Aihara et al., 2006, Fujita et al., 2008, Yamaguchi M and al., 2007) كما لم تظهر نتائج الدراسة الحالية فروقاً دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 21 يوماً بين المجموعة الأولى والمجموعة الثالثة في جانب الضغط من عينة البحث، حيث يمكن أن تعزى هذه النتيجة إلى السرعة في حدوث إعادة التشكل العظمي في المجموعة الأولى نتيجة التحريض الحيوي المحتمل لليزر مقارنة مع المجموعة الثالثة غير المعرضة لليزر، وبالتالي حدوث توقف مبكر لنشاط الخلايا الكاسرة للعظم، أو ربما يمكن تبرير هذه النتيجة إلى تناقص القوة التقويمية المطبقة في المجموعة الأولى بعد اليوم الحادي والعشرين نتيجة سرعة الحركة السنية ونقصان المسافة المنشطة مقارنة مع المجموعة الثالثة.

قليلة هي الدراسات التي سجلت وجود خلايا كاسرة للعظم ضمن منطقة الشد من الرباط السني السنخي بعد تطبيق قوة تقويمية، حيث حَصَرَت معظم الدراسات التقليدية وجودها في منطقة الضغط من الرباط السني السنخي، بينما ظهر لدينا في الدراسة الحالية عدداً من الخلايا الكاسرة للعظم في الفترة الزمنية (14 يوماً) في كلتا المجموعتين الأولى والثالثة مع عدم وجود دلالة إحصائية على زيادة عددها في إحدى هذه المجموعتين عن الأخرى، وبذلك نكون قد اتفقنا مع دراستي Yoshida و Shiohama (shiohama, 1994, Yoshida et al., 2009).

كما لم تظهر نتائج الدراسة الحالية فروقاً دالة إحصائية في متوسط عدد الخلايا الكاسرة للعظم بعد 21 يوم بين المجموعة الأولى والمجموعة الثالثة في جانب الضغط من عينة البحث، يمكن أن تعزى هذه النتيجة إلى السرعة في حدوث إعادة التشكل العظمي في المجموعة الأولى نتيجة التحريض الحيوي المحتمل لليزر مقارنة مع المجموعة الثالثة غير المعرضة لليزر، وبالتالي حدوث توقف مبكر لنشاط الخلايا الكاسرة للعظم، أمر ربما يمكن تبرير هذه النتيجة إلى تناقص القوة التقويمية

المطبقة في المجموعة الأولى بعد اليوم الحادي والعشرين نتيجة سرعة الحركة السنية ونقصان المسافة المنشطة مقارنة مع المجموعة الثالثة.

أخيراً، بناءً على ما سبق ذكره يمكن تفسير وجود أي اختلاف أو توافق بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة حول مدى فعالية الليزر منخفض الطاقة على إحداث سرعة في الحركة السنية التقييمية بوجود عدة عوامل أهمها:

- المتغيرات المختلفة لليزر Different laser parameters

- نوع عينة البحث سواء كانت حيوانات تجرية على اختلاف أنواعها أو على الإنسان.

تدل جميع المعطيات السابقة للدراسة الحالية على أن تطبيق الليزر منخفض الطاقة أثناء إحداث حركة سنية تقييمية يزيد من الفعالية التكاثرية لخلايا الرباط السني السنخي وذلك من خلال زيادة تعبيرية الملون المناعي الـ PCNA و الـ TRAP في كلتا منطقتي الشد والضغط من الرباط السني السنخي وخصوصاً في المراحل الأولى من تطبيق القوة التقييمية (3 حتى 14 يوماً).

وهو ما أظهر توافقاً وانسجاماً مع العديد من الدراسات التي أجريت على حيوانات التجربة (جرذان أو أرانب أو كلاب) (Saito and Shimizu, 1997, Kim et al., 2010, Kawasaki and Shimizu, 2000, Yamaguchi M and al., 2007, Yoshida et al., 2009, Fujita et al., 2008)

كما أظهرت الدراسة الحالية توافقاً مع الدراسات التي أجريت على الإنسان (أثناء إرجاع الأنياب في سياق المعالجة التقييمية بقلع الضواحك الأولى العلوية). (Cruz et al., 2004, Sousa et al., 2011, Youssef et al., 2008)

اختلفت الدراسة الحالية مع كل من دراسة (Gordjestani et al.) بدراسته التجريبية التي اقتصر على 6 حيوانات تجرية من نوع جرذان الويسلاند (Gordjestani et al., 1994)، وكذلك دراسة (Limpanichkul et al., 2006) الذي لم يظهر أي

فارق ذي دلالة إحصائية لتأثير الليزر على إحداث سرعة في الحركة السنية التقويمية، وذلك من خلال دراسته السريرية أثناء جر 12 ناباً علوياً فقط، مما يمكن تفسيره غالباً بقلّة عدد عينة البحث الواضحة عند كليهما.

كما اختلفت الدراسة الحالية مع دراستي كل من (Goulart et al., 2006, Seifi et al., 2007) اللذان أظهرّا - على العكس من نتائج الدراسة الحالية - بطناً في الحركة السنية التقويمية المحدثّة تجريبياً على الكلاب والأرانب على التوالي أثناء تطبيق الليزر منخفض الطاقة بالمقارنة مع الحركة السنية التقويمية المحدثّة دون تطبيق الليزر، مما يمكن تفسيره ربما باختلاف رد الفعل الحيوي و الخلوي لحيوانات التجربة المستخدمة عن رد الفعل الحيوي للجرذان و للإنسان.

الباب السادس

الاستنتاجات

Conclusions

الاستنتاجات Conclusions

يمكن الاستنتاج من خلال هذه الدراسة:

◀ وجود فعالية لتطبيق الليزر منخفض الطاقة على زيادة معدل إعادة التشكل العظمي في المراحل الأولى من إحداث حركة سنية تقويمية، وذلك من خلال زيادة الفعالية التكاثرية الخلوية في منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السني في الفترة الزمنية (3-14 يوماً).

◀ وجود فعالية لتطبيق الليزر منخفض الطاقة على زيادة معدل الامتصاص العظمي المرافق للحركة السنية التقويمية. من خلال الزيادة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم المتعددة النوى وأرومة الخلايا الكاسرة للعظم وحيدة النواة الموجودة بجوار الجدار الداخلي للعظم السنخي في منطقة الضغط من الرباط حول السني في الفترة الزمنية (14 يوماً).

◀ عدم وجود أي تأثير سلبي لليزر منخفض الطاقة على صعيد إحداثه لزيادة بالامتصاص الجذري الخارجي أثناء الحركة السنية التقويمية، بل وعلى العكس تماماً فقد اقترح البحث فعالية الليزر منخفض الطاقة على حدوث تكاثر خلوي للخلايا الصانعة للملاط وتوضع ملاطي خلوي لاحق، وبالتالي احتمال فائدة ذلك في الوقاية من الامتصاص الجذري الخارجي الناتج عن الحركة السنية التقويمية أو حتى في الترميم اللاحق لهذا الامتصاص إن وجد.

◀ عدم وجود أي تغير أو فعالية تكاثرية خلوية أثناء تطبيق الليزر منخفض الطاقة لوحده على النسيج حول السنية دون وجود قوة تقويمية، بالتالي فإنه يمكن القول أن فعالية الليزر في التحريض الحيوي للخلايا المسؤولة عن الحركة السنية التقويمية هي فعالية تالية لنشوء وتمايز هذه الخلايا بعد تطبيق القوة التقويمية.

الباب السابع

المقترحات والتوصيات

Suggestions and Recommendations

المقترحات والتوصيات

Suggestions and Recommendations

- ◀ استخدام الليزر منخفض الطاقة لتسريع معدل الحركة السنوية التقويمية في سياق المعالجة التقويمية خاصة في الحالات التي تتطلب حركة سن مفرد لمسافة طويلة (مثل جر الأسنان المنطمة تقويمياً أو إرجاع الأنياب خلال المعالجة التقويمية التي تتطلب قلع الضواحك).
- ◀ إجراء دراسات نسيجية أعمق باستخدام تلوينات مناعية أخرى لرصد كلاً من الامتصاص والتوضع العظمي المرافق لتسريع الحركة السنوية التقويمية باستخدام الليزر منخفض الطاقة.
- ◀ إجراء دراسات سريرية و شعاعية لدى المرضى الخاضعين لمعالجة تقويمية ثابتة تتناول دور الليزر منخفض الطاقة في زيادة معدل الحركة السنوية التقويمية، وكذلك التأكد من سلامة هذه الزيادة إن وجدت بدراسة مدى سلامة الأنسجة الداعمة للسن خاصة سلامة الجذور من أي امتصاص خارجي.
- ◀ إجراء دراسات سريرية لاستبيان مدى فعالية الليزر منخفض الطاقة في خفض سوية الألم المصاحب للحركة السنوية التقويمية.
- ◀ التعمق في دراسة دور الليزر منخفض الطاقة في الوقاية من الامتصاص الجذري الخارجي الناتج عن الحركة السنوية التقويمية أو حتى في الترميم اللاحق لهذا الامتصاص إن وجد، وذلك من خلال استخدام الوسائل التشخيصية الشعاعية الحديثة.
- ◀ إجراء دراسات مقارنة بين تقنية تسريع الحركة السنوية التقويمية باستخدام الليزر منخفض الطاقة والتقنيات الأخرى مثل التقشير العظمي.
- ◀ تدريب الباحثين و طلاب الدراسات العليا في جميع الاختصاصات على طرق استخدام الليزر المتوافرة في وحدة أبحاث الليزر بالطريقة المثلى.

الباب الثامن

المراجع

References

1. ABERGEL, R. P., MEEKER, C. A., LAM, T. S., DWYER, R. M., LESAVOY, M. A. & UITTO, J. 1984. Control of connective tissue metabolism by lasers: recent developments and future prospects. *J Am Acad Dermatol*, 11, 1142-50.
2. AIHARA, N., YAMAGUCHI, M. & KASAI, K. 2006. Low-energy irradiation stimulates formation of osteoclast-like cells via RANK expression in vitro. *Lasers Med Sci*, 21, 24-33.
3. AKIN, E., GURTON, A. U. & OLMEZ, H. 2004, Effects of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 126, 608-14.
4. ALEXANDER, S. A. 1996. Levels of root resorption associated with continuous arch and sectional arch mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1.4-321 ,10
5. ANDERS, J. J., BORKE, R. C., WOOLERY, S. K. & VAN DE MERWE, W. P. 1993. Low power laser irradiation alters the rate of regeneration of the rat facial nerve. *Lasers Surg Med*, 13, 72-82.
6. ANDERSON, D. M., MARASKOVSKY, E., BILLINGSLEY, W. L., DOUGALL, W. C., TOMETSKO, M. E., ROUX, E. R., TEEPE, M. C., DUBOSE, R. F., COSMAN, D. & GALIBERT, L. 1997. A homologue of the TNF receptor and its ligand enhance T-cell growth and dendritic-cell function. *Nature*, 390, 175-9.
7. ANDERSSON, L., JONSSON, B. G., HAMMARSTROM, L., BLOMLOF, L., ANDREASEN, J. O. & LINDSKOG, S. 1987. Evaluation of statistics and desirable experimental design of a histomorphometrical method for studies of root resorption. *Endod Dent Traumatol*, 3, 288-95.
8. ANDREASEN, J. O. 1985. External root resorption: its implication in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J*, 18, 109-18.

9. ARTES-RIBAS, M., ARNABAT-DOMINGUEZ, J. & PUIGDOLLERS, A. 2012. Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) (in early orthodontic treatment. *Lasers Med Sci*.
10. AVERY, J. K. & CHIEGO, D. J. 2006. *Essentials of oral histology and embryology*, St. Louis, Mo. ; London, Elsevier Mosby.
11. BALL, K. 1990. *Lasers : the perioperative challenge*, St. Louis, Mosby.
12. BEER, M. H., HJORTDAL, J. O. & EHLERS, N. 2005. [Efficacy and safety of laser-assisted in situ keratomileusis for myopia]. *Ugeskr Laeger*, 167, 3688-91.
13. BERKOVITZ, B. K. B., HOLLAND, G. R. & MOXHAM, B. J. 2009. *Oral anatomy, embryology, and histology*, Edinburgh ; London ,Mosby.
14. BORD, S., IRELAND, D. C., BEAVAN, S. R. & COMPSTON, J. E. 2003. The effects of estrogen on osteoprotegerin, RANKL, and estrogen receptor expression in human osteoblasts. *Bone*, 32, 136-41.
15. BOYDE, A. 1993. Optical and scanning electron microscopy in the single osteoclast resorption assay. *Bone Miner*, 20, 109-10.
16. BREZNIAK, N. & WASSERSTEIN, A. 1993. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 103, 62-6.
17. BRIN, I., TULLOCH, J. F., KOROLUK, L & .PHILIPS, C. 2003. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124, 151-6.
18. BRUDVIK, P. & RYGH, P. 1994. Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. *Eur J Orthod*, 16, 265-73.

19. BRUGNERA JÚNIOR, A. 2006. *Atlas of laser therapy applied to clinical dentistry*, São Paulo ; Chicago, Quintessence Editora Ltda.
20. BUMANN, A., CARVALHO, R. S., SCHWARZER, C. L & . YEN, E. H. 1997. Collagen synthesis from human PDL cells following orthodontic tooth movement. *Eur J Orthod*, 19, 29-37.
21. CASA, M. A., FALTIN, R. M., FALTIN, K. & ARANA-CHAVEZ, V. E. 2006. Root resorption on torqued human premolars shown by tartrate-resistant acid phosphatase histochemistry and transmission electron microscopy. *Angle Orthod*, 76, 1015-21.
22. CHEUNG, J., MAK, Y. T., PAPAIOANNOU, S., EVANS, B. A., FOGELMAN, I. & HAMPSON, G. 2003. Interleukin-6 (IL-6), IL-1, receptor activator of nuclear factor kappaB ligand (RANKL) and osteoprotegerin production by human osteoblastic cells: comparison of the effects of 17-beta oestradiol and raloxifene. *J Endocrinol*, 177, 423-33.
23. COLUZZI, D. J. & CONVISSAR, R. A. 2004. Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am*, 48, xi-xii.
24. COLUZZI, D. J. & CONVISSAR, R. A. 2007. *Atlas of laser applications in dentistry*, Chicago, Quintessence Pub. Co.
25. CONVISSAR, R. A. 2011. *Principles and practice of laser dentistry*, St. Louis, Mo., Mosby Elsevier.
26. CROTTI, T., SMITH, M. D ,HIRSCH, R., SOUKOULIS, S., WEEDON, H., CAPONE, M., AHERN, M. J. & HAYNES, D. 2003a. Receptor activator NF kappaB ligand (RANKL) and osteoprotegerin (OPG) protein expression in periodontitis. *J Periodontal Res*, 38, 380-7.
27. CROTTI, T. N., AHERN, M. J., LANGE, K., WEEDON, H., COLEMAN, M., ROBERTS-THOMSON, P. J., HAYNES, D. R. & SMITH, M. D. 2003b. Variability of RANKL and

- osteoprotegerin staining in synovial tissue from patients with active rheumatoid arthritis: quantification using color video image analysis. *J Rheumatol*, 30, 2319-24.
28. CRUZ, D. R., KOHARA, E. K., RIBEIRO, M. S. & WETTER, N. U. 2004. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med*, 35, 117-20.
 29. DARENDELILER, M .A., KHARBANDA, O. P., CHAN, E. K., SRIVICHARNKUL, P., REX, T., SWAIN, M. V., JONES, A. S. & PETOCZ, P. 2004. Root resorption and its association with alterations in physical properties, mineral contents and resorption craters in human premolars following application of light and heavy controlled orthodontic forces. *Orthod Craniofac Res*, 7, 79-97.
 30. DAVIDOVITCH, Z. 1991. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2, 411-50.
 31. DAVIDOVITCH, Z., FINKELSON, M. D., STEIGMAN, S., SHANFELD, J. L., MONTGOMERY, P. C. & KOROSTOFF, E. 1980. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. I. The effect of electric currents on periodontal cyclic nucleotides. *Am J Orthod*, 77, 14-32.
 32. DAVIDOVITCH, Z., MONTGOMERY, P. C., GUSTAFSON, G. T. & ECKERDAL, O. 1976. Cellular localization of cyclic AMP in periodontal tissues during experimental tooth movement in cats. *Calcif Tissue Res*, 19, 317-29.
 33. DAVIDOVITCH, Z. & SHANFELD, J. L. 1975. Cyclic AMP levels in alveolar bone of orthodontically-treated cats. *Arch Oral Biol*.74-567 ,20 ,
 34. DEDERICH, D. N. 1991. Laser/tissue interaction. *Alpha Omegan*, 84, 33-6.

35. DEDERICH, D. N. 1993. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc*, 124, 57-61.
36. DOMINGUEZ-VEILLEUX, M. S. & GUTMANN, J. L. 2004. Absence of apical resorption during orthodontic treatment on a tooth with a complicated crown fracture and root canal treatment: a case report. *Singapore Dent J*, 26, 44-8.
37. DOROW, C., KRSTIN, N. & SANDER, F. G. 2002. Experiments to determine the material properties of the periodontal ligament. *J Orofac Orthop*, 63, 94-104.
38. ESTEVES, T., RAMOS, A. L., PEREIRA, C. M. & HIDALGO, M. M. 2007. Orthodontic root resorption of endodontically treated teeth. *J Endod*, 33, 119-22.
39. FELIX, R., HOFSTETTER, W., WETTERWALD, A., CECCHINI, M. G. & FLEISCH, H. 1994. Role of colony-stimulating factor-1 in bone metabolism. *J Cell Biochem*, 55, 340-9.
40. FERRIELLO, V., FARIA, M. R. & CAVALCANTI, B. N. 2010. The effects of low-level diode laser treatment and dental pulp-capping materials on the proliferation of L-929 fibroblasts. *J Oral Sci*, 52, 33-8.
41. FUJITA, S., YAMAGUCHI, M., UTSUNOMIYA, T., YAMAMOTO, H. & KASAI, K. 2008. Low-energy laser stimulates tooth movement velocity via expression of RANK and RANKL. *Orthod Craniofac Res*, 11, 143-55.
42. Garcia RC, MD. Gown, AM. *Analysis of proliferative grade using anti-PCNA/cyclin monoclonal antibodies in fixed, embedded tissue. Am J Pathol* 1989;134:733–9.
43. GARWIN, L. & LINCOLN, T. 2003. *A century of Nature : twenty-one discoveries that changed science and the world*, Chicago, Ill.; London, University of Chicago Press.
44. GONZALES, C., HOTOKEZAKA, H., YOSHIMATSU, M., YOZGATIAN, J. H., DARENDELILER, M. A. & YOSHIDA, N. 2008. Force magnitude and duration effects on amount

- of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod*, 78, 502-9.
45. GORDJESTANI, M., DERMAUT, L. & THIERENS, H. 1994. Infrared laser and bone metabolism: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 23, 54-6.
 46. GORNIK, E. 2006. [Resorption of root cement studied with resorption indices]. *Ann Acad Med Stetin*, 52, 99-105.
 47. GOULART, C .S., NOUER, P. R., MOURAMARTINS, L., GARBIN, I. U. & DE FATIMA ZANIRATO LIZARELLI, R. 2006. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. *Photomed Laser Surg*, 24, 192-6.
 48. GRABER, T. M., VANARSDALL, R. L. & VIG, K. W. L. 2005. *Orthodontics : current principles & techniques*, St. Louis, Elsevier Mosby.
 49. HADJIARGYROU, M., MCLEOD, K., RYABY, J. P. & RUBIN, C. 1998. Enhancement of fracture healing by low intensity ultrasound. *Clin Orthop Relat Res*, S216-29.
 50. HASHIMOTO, F., KOBAYASHI, Y .,MATAKI, S., KOBAYASHI, K., KATO, Y. & SAKAI, H. 2001. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats. *Eur J Orthod*, 23, 535-45.
 51. HOHMANN, A., WOLFRAM, U., GEIGER, M., BORYOR, A., SANDER, C .,FALTIN, R., FALTIN, K. & SANDER, F. G. 2007. Periodontal ligament hydrostatic pressure with areas of root resorption after application of a continuous torque moment. *Angle Orthod*, 77, 653-9.
 52. HOLTROP, M. E., COX, K. A., CLARK, M. B., HOLICK, M. F. & ANAST, C. S. 1981. 1,25-dihydroxycholecalciferol stimulates osteoclasts in rat bones in the absence of parathyroid hormone. *Endocrinology*, 108, 2293-301.
 53. HSU, H., LACEY, D. L., DUNSTAN, C. R., SOLOVYEV, I., COLOMBERO ,A., TIMMS, E., TAN, H. L., ELLIOTT, G.,

- KELLEY, M. J., SAROSI, I., WANG, L., XIA, X. Z., ELLIOTT, R., CHIU, L., BLACK, T., SCULLY, S., CAPPARELLI, C., MORONY, S., SHIMAMOTO, G., BASS, M. B. & BOYLE, W. J. 1999. Tumor necrosis factor receptor family member RANK mediates osteoclast differentiation and activation induced by osteoprotegerin ligand. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96, 3540-5.
54. IWASAKI, L. R., HAACK, J. E., NICKEL, J. C. & MORTON, J. 2000. Human tooth movement in response to continuous stress of low magnitude. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 117, 175-83.
 55. JIANG, R. P., MCDONALD, J. P. & FU, M. K. 2010. Root resorption before and after orthodontic treatment: a clinical study of contributory factors. *Eur J Orthod*, 32, 693-7.
 56. KANA, J. S., HUTSCHENREITER, G., HAINA, D. & WAIDELICH, W. 1981. Effect of low-power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. *Arch Surg*, 116, 293-6.
 57. KARU, T. 1989. Photobiology of low-power laser effects. *Health Phys*, 56, 691-704.
 58. KARU, T. 2004. High-tech helps to estimate cellular mechanisms of low power laser therapy. *Lasers Surg Med*, 34, 298-9.
 59. KARU, T. I., PYATIBRAT, L. V. & AFANASYEVA, N. I. 2005. Cellular effects of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. *Lasers Surg Med*, 36, 307-14.
 60. KARU, T. I., PYATIBRAT, L. V. & KALENDO, G. S. 2004. Photobiological modulation of cell attachment via cytochrome c oxidase. *Photochem Photobiol Sci*, 3, 211-6.
 61. KAWASAKI, K. & SHIMIZU, N. 2000. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*, 26, 282-91.

62. KETCHAM, A. 1929. A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. *INT J ORTHOD* 15, **310-28**.
63. KHADRA, M., RONOLD, H. J., LYGSTADAAS, S. P., ELLINGSEN, J. E. & HAANAES, H. R. 2004. Low-level laser therapy stimulates bone-implant interaction: an experimental study in rabbits. *Clin Oral Implants Res*, 15, 325-32.
64. KIM, Y. D., KIM, S. S., KIM, S. J., KWON, D. W., JEON, E. S. & SON, W. S. 2010. Low-level laser irradiation facilitates fibronectin and collagen type I turnover during tooth movement in rats. *Lasers Med Sci*, 25, 25-31.
65. KING, G. J., ARCHER, L. & ZHOU, D. 1998. Later orthodontic appliance reactivation stimulates immediate appearance of osteoclasts and linear tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 114, 692-7.
66. KING, G. J., KEELING, S. D. & WRONSKI, T. J. 1991. Histomorphometric study of alveolar bone turnover in orthodontic tooth movement. *Bone*, 12, 401-9.
67. KOBAYASHI, Y., TAKAGI, H., SAKAI, H., HASHIMOTO, F., MATAKI, S., KOBAYASHI, K. & KATO, Y. 1998. Effects of local administration of osteocalcin on experimental tooth movement. *Angle Orthod*, 68, 259-66.
68. KULEKCIOGLU, S., SIVRIOGLU, K., OZCAN, O. & PARLAK, M. 2003. Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorder. *Scand J Rheumatol*, 32, 114-8.
69. KVAM, E. 1972. Scanning electron microscopy of tissue changes on the pressure surface of human premolars following tooth movement. *Scand J Dent Res*, 80, 357-68.
70. KYOMEN, S. & TANNE, K. 1997. Influences of aging changes in proliferative rate of PDL cells during

- experimental tooth movement in rats. *Angle Orthod*, 67, 67-72.
71. LEVANDER, E., BAJKA, R. & MALMGREN, O. 1998. Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod*, 20, 57-63.
 72. LEVANDER, E. & MALMGREN, O. 1988. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod*, 10, 30-8.
 73. LIMPANICHKUL, W., GODFREY, K., SRISUK, N. & RATTANAYATIKUL, C. 2006. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res*, 9, 38-43.
 74. LINDHE, J. 1989. *Textbook of clinical periodontology*, Copenhagen, Munksgaard.
 75. LIU, Z. J., KING, G. J., GU, G. M., SHIN, J. Y. & STEWART, D. R. 2005. Does human relaxin accelerate orthodontic tooth movement in rats? *Ann N Y Acad Sci*, 1041, 388-94.
 76. LUGER, E. J., ROCHKIND, S., WOLLMAN, Y., KOGAN, G. & DEKEL, S. 1998. Effect of low-power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats. *Lasers Surg Med*, 22, 97-102.
 77. LUPI, J. E., HANDELMAN, C. S. & SADOWSKY, C. 1996. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 109, 28-37.
 78. MAEGAWA, Y., ITOH, T., HOSOKAWA, T., YAEGASHI, K. & NISHI, M. 2000. Effects of near-infrared low-level laser irradiation on microcirculation. *Lasers Surg Med*, 27, 427-37.
 79. MAIMAN, T. 1960. Stimulated optical radiation in ruby masers. *Nature* 187-493.

80. MANNI, J. G. 1996. *Dental applications of advanced lasers*, Burlington, MA, JGM Associates.
81. MARKS, S. C., JR. 1995. The basic and applied biology of tooth eruption. *Connect Tissue Res*, 32, 149-57.
82. MCNAB, S., BATTISTUTTA, D., TAVERNE, A. & SYMONS, A. L. 1999. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 116, 545-51.
83. MESTER, E., NAGYLUCSKAY, S., TISZA, S. & MESTER, A. 1978. Stimulation of wound healing by means of laser rays. Part III--Investigation of the effect on immune competent cells. *Acta Chir Acad Sci Hung*, 19, 163-70.
84. MEZAWA, S., IWATA, K., NAITO, K. & KAMOGAWA, H. 1988. The possible analgesic effect of soft-laser irradiation on heat nociceptors in the cat tongue. *Arch Oral Biol*, 33, 693-4.
85. MOHANDESAN, H., RAVANMEHR, H. & VALAEI, N. 2007. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *Eur J Orthod*, 29, 134-9.
86. MORIMOTO, Y., ARAI, T., KIKUCHI, M., NAKAJIMA, S. & NAKAMURA, H. 1994. Effect of low-intensity argon laser irradiation on mitochondrial respiration. *Lasers Surg Med*, 15, 191-9.
87. MORITZ, A. & BEER, F. 2006. *Oral laser application*, Berlin ; London, Quintessenz Verlags.
88. MOSS, J. P. & PICTON, D. C. 1972 .The migration of teeth in adult monkeys. *Trans Eur Orthod Soc*, 443-51.
89. MYERS, T. D., MYERS, W. D. & STONE, R. M. 1989. First soft tissue study utilizing a pulsed Nd:YAG dental laser. *Northwest Dent*, 68, 14-7.
90. MYERS, T. D. & SULEWSKI, J. G. 2004. Evaluating dental lasers: what the clinician should know. *Dent Clin North Am*, 48, 1127-44, ix.

91. NANJI, A. & TEN CATE, A. R. 2008. *Ten Cate's oral histology : development, structure, and function*, St. Louis, Mo., Mosby.
92. NANDA, R. 2005. *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics*, St. Louis, Mo., Elsevier Saunders.
93. NAVRATIL, L. N., B. KNIZEK, J. EROSOVA, Z. FIKACKOVA, H. KYMPLOVA, J. 2003. Possibilities of current use of non-invasive laser therapy and systemic enzymotherapy in stomatology. *J appl. Biomed.* 1 ,
94. NE, R. F., WITHERSPOON, D. E. & GUTMANN, J. L. 1999. Tooth resorption. *Quintessence Int*, 30, 9-25.
95. NEIBURGER, E. J. 1995. The effect of low-power lasers on intraoral wound healing. *N Y State Dent J*, 61, 40-3.
96. NEIBURGER, E. J. 1999. Rapid healing of gingival incisions by the helium-neon diode laser. *J Mass Dent Soc*, 48, 8-13, 40.
97. NIGUL, K. & JAGOMAGI, T. 2006. Factors related to apical root resorption of maxillary incisors in orthodontic patients. *Stomatologija*, 8, 76-9.
98. OPPENHEIM, A. 1945. A possibility for physiologic orthodontic movement. *Dent Rec (London)*, 65, 278-80.
99. PARKER, S. 2007. Low-level laser use in dentistry. *Br Dent J*, 202, 131-8.
100. PILLA, A. A. 2002. Low-intensity electromagnetic and mechanical modulation of bone growth and repair: are they equivalent? *J Orthop Sci*, 7, 420-8.
101. PINHEIRO, A. L., LIMEIRA JUNIOR FDE, A., GERBI, M. E., RAMALHO, L. M., MARZOLA, C. & PONZI, E. A. 2003. Effect of low level laser therapy on the repair of bone defects grafted with inorganic bovine bone. *Braz Dent J* , .81-177 ,14

102. POGREL, M. A., CHEN, J. W. & ZHANG, K. 1997. Effects of low-energy gallium-aluminum-arsenide laser irradiation on cultured fibroblasts and keratinocytes. *Lasers Surg Med*, 20, 426-32.
103. PROFFIT, W. R., SARVER, D. M. & FIELDS, H. W. 2007. *Contemporary orthodontics*, St. Louis, Mo., Mosby Elsevier.
104. PROFFIT, W. R., SARVER, D. M. & WHITE, R. P. 2003. *Contemporary treatment of dentofacial deformity*, St. Louis, Mo., Mosby.
105. REITAN, K. 1951. The initial tissue reaction incident to orthodontic tooth movement as related to the influence of function; an experimental histologic study on animal and human material. *Acta Odontol Scand Suppl*, 6, 1-240.
106. REITAN, K. 1954. [The significance of the functional factor in tissue reaction]. *Dtsch Zahnarztl Z*, 9, 57-67.
107. REITAN, K. 1967. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod*, 53, 721-45.
108. REITAN, K. & KVAM, E. 1971. Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod*, 41, 1-14.
109. REN, Y., KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. & MALTHA, J. C. 2005. Immunohistochemical evaluation of osteoclast recruitment during experimental tooth movement in young and adult rats. *Arch Oral Biol*, 50, 1032-9.
110. REN, Y., MALTHA, J. C., LIEM, R. S., STOKROOS, I. & KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. 2008. Age-dependent external root resorption during tooth movement in rats. *Acta Odontol Scand*, 66, 93-8.
111. RICH, P. R. 2003. The molecular machinery of Keilin's respiratory chain. *Biochem Soc Trans*, 31, 1095-105.
112. RUDOLPH, D. J., WILLES, P. M. G. & SAMESHIMA, G. T. 2001. A finite element model of apical force

- distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*, 71, 127-31.
113. RYGH, P. 1973a. Ultrastructural changes in pressure zones of human periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand*, 31, 109-22.
 114. RYGH, P. 1973b. Ultrastructural changes of the periodontal fibers and their attachment in rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Scand J Dent Res*, 81, 467-80.
 115. RYGH, P. 1974. Elimination of hyalinized periodontal tissues associated with orthodontic tooth movement. *Scand J Dent Res*, 82, 57-73.
 116. RYGH, P. 1976. Ultrastructural changes in tension zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 70, 269-81.
 117. RYGH, P. 1977. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod*, 47, 1-16.
 118. SAITO, S. & SHIMIZU, N. 1997. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111, 525-32.
 119. SAMESHIMA, G. T. & SINCLAIR, P. M. 2001. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1,19 .10-505
 120. SANDSTEDT 1904. Einige Beitrage zur Theorie der Zahnregulierung. *Nord Tandilakere Tidssker*, 5, 236–56.
 121. SCHINDLE, A. & HEINZE, G. & SCHINDLE, L. 2002. Systemic effects of low intensity laser on the skin in patients with diabetic microangiopathy. *Microvase Res*, 64: 240,2002.
 122. SCHULTZ, B. E. & CHAN, S. I. 2001. Structures and proton-pumping strategies of mitochondrial respiratory enzymes. *Annu Rev Biophys Biomol Struct*, 30, 23-65.

123. SCHULTZ, R. J., KRISHNAMURTHY, S., THELMO, W., RODRIGUEZ, J. E. & HARVEY, G. 1985. Effects of varying intensities of laser energy on articular cartilage: a preliminary study. *Lasers Surg Med*, 5, 577-88.
124. SCHWARTZ 1932. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Inter J Orthod* 18, 331-352.
125. SEGAL, G. R., SCHIFFMAN, P. H. & TUNCAY, O. C. 2004. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res*, 7, 71-8.
126. SEIFI, M., SHAFEEI, H .A., DANESHDOOST, S. & MIR, M. 2007. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. *Lasers Med Sci*, 22, 261-4.
127. SHAPIRO, E., ROEBER, F. W. & KLEMPNER, L. S. 1979. Orthodontic movement using pulsating force-induced piezoelectricity. *Am J Orthod*, 76, 59-66.
128. SHIOHAMA, Y. 1994. histological and immunocytochemical study of bone resorption in experimental tooth movement. *Ortho Waves*, 53, 457-71.
129. SIMONET, W. S., LACEY, D. L., DUNSTAN, C. R., KELLEY, M., CHANG, M. S., LUTHY, R., NGUYEN, H. Q., WOODEN, S., BENNETT, L., BOONE, T., SHIMAMOTO, G., DEROSE, M., ELLIOTT, R., COLOMBERO, A ,.TAN, H. L., TRAIL, G., SULLIVAN, J., DAVY, E., BUCAY, N., RENSHAW-GEGG, L., HUGHES, T. M., HILL, D., PATTISON, W., CAMPBELL, P., SANDER, S., VAN, G., TARPLEY, J., DERBY, P., LEE, R. & BOYLE, W. J. 1997. Osteoprotegerin: a novel secreted protein involved in the regulation of bone density. *Cell*, 89, 309-19.
130. SLINEY, D. H. 1997. Evolving issues in laser safety. *J Laser Appl*, 9, 295-300.

131. SOMA, S. 1997. effect of continuous infusion of PTH on orthodontic tooth movement. *j jpn orthod soc abstr*.
132. SOUDRY, M., FRANQUIN, J. C., POURREAU-SCHREIDER, N. & MARTIN, P. M. 1988. [Effect of a helium-neon laser on cellular growth: an in vitro study of human gingival fibroblasts]. *J Biol Buccale*, 16, 129-35.
133. SOUSA, M. V., SCANAVINI, M. A., SANNOMIYA, E. K., VELASCO, L. G & ANGELIERI, F. 2011. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg*, 29, 191-6.
134. SPADARO, J. A. 1997. Mechanical and electrical interactions in bone remodeling. *Bioelectromagnetics*, 18, 193-202.
135. STARK, T. M. & SINCLAIR, P. M. 1987. Effect of pulsed electromagnetic fields on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 91, 91-104.
136. STRAUSS, R. A. & FALLON, S. D. 2004. Lasers in contemporary oral and maxillofacial surgery. *Dent Clin North Am*, 48, 861-88, vi.
137. SUDA, T., TAKAHASHI, N., UDAGAWA, N., JIMI, E., GILLESPIE, M. T. & MARTIN, T. J. 1999. Modulation of osteoclast differentiation and function by the new members of the tumor necrosis factor receptor and ligand families. *Endocr Rev*, 20, 345-57.
138. SUDA, T., UDAGAWA, N., NAKAMURA, I., MIYAURA, C. & TAKAHASHI, N. 1995. Modulation of osteoclast differentiation by local factors. *Bone*, 17, 87S-91S.
139. SUDA, T., UENO, Y., FUJII, K. & SHINKI, T. 2003. Vitamin D and bone. *J Cell Biochem*, 88, 259-66.
140. TANAKA, S. T., UDAGAWA, N., TAMURA, T., AKATSU, T. & STANLEY, E. 1993. Macrophage colony-stimulating factor is indispensable for both proliferation and differentiation of osteoclast progenitors. *J Clin Invest* 91, 257-63.

141. TAKANO-YAMAMOTO, T., KAWAKAMI, M., KOBAYASHI, Y., YAMASHIRO, T. & SAKUDA, M. 1992. The effect of local application of 1,25-dihydroxycholecalciferol on osteoclast numbers in orthodontically treated rats. *J Dent Res*, 71, 53-9.
142. TAKEDA, Y. 1988. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 17, 388-91.
143. TANG, X. M. & CHAI, B. P. 1986. Effect of CO2 laser irradiation on experimental fracture healing: a transmission electron microscopic study. *Lasers Surg Med*, 6, 346-52.
144. TANNE, K., YOSHIDA, S., KAWATA, T., SASAKI, A., KNOX, J. & JONES, M. L. 1998. An evaluation of the biomechanical response of the tooth and periodontium to orthodontic forces in adolescent and adult subjects. *Br J Orthod*, 25, 15-109 ,
145. TEN CATE, A. R. 1989. *Oral histology : development, structure and functions*, St. Louis, Mosby.
146. THONGUDOMPORN, U. & FREER, T. J. 1998. Anomalous dental morphology and root resorption during orthodontic treatment: a pilot study. *Aust Orthod J*, 15, 7-162 ,
147. TRELLES, M. A. & MAYAYO, E. 1987. Bone fracture consolidates faster with low-power laser. *Lasers Surg Med*, 7, 36-45.
148. TRONSTAD, L. 1988. Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol*, 4, 241-52.
149. VAN BREUGEL, H. H. & BAR, P. R. 1992. Power density and exposure time of He-Ne laser irradiation are more important than total energy dose in photo-biomodulation of human fibroblasts in vitro. *Lasers Surg Med*, 12, 528-37.

150. VAN LEEUWEN, E. J., MALTHA, J. C. & KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. 1999. Tooth movement with light continuous and discontinuous forces in beagle dogs. *Eur J Oral Sci*, 107, 468-74.
151. VENEZIAN, G. C., DA SILVA, M. A., MAZZETTO, R. G. & MAZZETTO, M. O. 2010. Low level laser effects on pain to palpation and electromyographic activity in TMD patients: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Cranio*, 28, 84-91.
152. VIECILLI, R. F., KATONA, T. R., CHEN, J., HARTSFIELD, J. K., JR. & ROBERTS, W. E. 2008. Three-dimensional mechanical environment of orthodontic tooth movement and root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 133, 791 e11-26.
153. VIGNERY, A. & BARON, R. 1980. Dynamic histomorphometry of alveolar bone remodeling in the adult rat. *Anat Rec*, 196, 191-200
154. WALSH, L. J. 1997. The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 1. Soft tissue applications. *Aust Dent J*, 42, 247-54.
155. WEBER, M. J. 1999. *Handbook of laser wavelengths*, Boca Raton, Fla., CRC Press.
156. WEINER, G. P. 2004. Laser dentistry practice management. *Dent Clin North Am*, 48, 1105-26, ix.
157. WOLFF , J. 1986. The law of bone remodeling (trans). *Berlin:Springer-Verlag*,, 1-22.
158. YAAKOBI, T., MALTZ, L. & ORON, U. 1996. Promotion of bone repair in the cortical bone of the tibia in rats by low energy laser (He-Ne) irradiation. *Calcif Tissue Int*, 59, 297-300.
159. YAMAGUCHI M, F. S., YOSHIDA T, OKIKAWA K, UTSUNOMIYA T, & AL., Y. H. E. 2007. Low-energy laser irradiation stimulates the tooth movement velocity via expression of M-CSF and c-fms. *Orthod Waves*, 66, 139–48.

160. YANG, S., ZHANG, Y., RODRIGUIZ, R. M., RIES, W. L. & KEY, L. L., JR. 1996. Functions of the M-CSF receptor on osteoclasts. *Bone*, 18, 355-60.
161. YAMASAKI, K., MIURA, F. & SUDA, T. 1980. Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. *J Dent Res*, 59, 1635-42.
162. YOKOYA, K., SASAKI, T. & SHIBASAKI, Y. 1997. Distributional changes of osteoclasts and pre-osteoclastic cells in periodontal tissues during experimental tooth movement as revealed by quantitative immunohistochemistry of H(+)-ATPase. *J Dent Res*, 76, 580-7.
163. YOSHIDA, N., JOST-BRINKMANN, P. G., KOGA, Y., MIMAKI, N. & KOBAYASHI, K. 2001. Experimental evaluation of initial tooth displacement, center of resistance, and center of rotation under the influence of an orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 120, 190-7.
164. YOSHIDA, T., YAMAGUCHI, M., UTSUNOMIYA, T., KATO, M., ARAI, Y., KANEDA, T., YAMAMOTO, H. & KASAI, K. 2009. Low-energy laser irradiation accelerates the velocity of tooth movement via stimulation of the alveolar bone remodeling. *Orthod Craniofac Res*, 12, 289-98.
165. YOUSSEF, M., ASHKAR, S., HAMADE, E., GUTKNECHT, N., LAMPERT, F. & MIR, M. 2008. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci*, 23, 27-33.
166. YU, W., NAIM, J. O., MCGOWAN, M., IPPOLITO, K. & LANZAFAME, R. J. 1997. Photomodulation of oxidative metabolism and electron chain enzymes in rat liver mitochondria. *Photochem Photobiol*, 66, 866-71.

167. ZHANG, L. X., TONG, X. J., YUAN, X. H., SUN, X. H. & JIA, H. 2010. Effects of 660-nm gallium-aluminum-arsenide low-energy laser on nerve regeneration after acellular nerve allograft in rats. *Synapse*, 64, 152.60-

الملخص باللغة العربية

خلفية وهدف البحث: سجلت معظم الدراسات الحديثة أثر فعل التحريض الحيوي لتطبيق الليزر منخفض الطاقة في مجالات طبية مختلفة من تسريع عملية شفاء الجروح، وتنشيط تكاثر صانعات الليف و الغضروف، وتسريع عملية البناء العظمي. لذلك فقد تحرت الدراسة الحالية أثر فعل التحريض الحيوي لليزر منخفض الطاقة أثناء إحداث حركة سنّية تقويمية، من خلال دراسة الامتصاص الحاصل بالأنسجة الصلبة سواء كان امتصاصاً عظيماً مرافقاً للحركة السنّية التقويمية، أو كان امتصاصاً جذرياً خارجياً تالياً لتلك الحركة السنّية التقويمية.

مواد و طرائق البحث : تألفت عينة البحث من 60 جرّداً من نوع جرّدان الويستر Wister Rats. قسمت حيوانات التجربة في عينة البحث إلى أربع مجموعات رئيسية متساوية (15 حيوان تجربة في كل مجموعة)، المجموعة الأولى: تم تطبيق قوة تقويمية من خلال جهاز تقويمي خاص مع استخدام الليزر منخفض الطاقة من نوع الديود ليزر Diode Laser، وسطه الليزري هو الغاليوم- ألّمنيوم- أرسنيد (GA-AL-AS). المجموعة الثانية: تم استخدام الليزر فقط دون تطبيق أية قوة تقويمية. المجموعة الثالثة: تم تطبيق قوة تقويمية فقط دون استخدام الليزر. المجموعة الرابعة: مجموعة شاهدة. وكانت كل من المجموعات الرئيسية مقسمة بدورها إلى ثلاث مجموعات فرعية متساوية وفقاً للفترة الزمنية التي تمت بها التضحية بحيوان التجربة (بعد ثلاثة أيام، بعد 14 يوماً، بعد 21 يوماً).

أنجزت الحركة السنّية التقويمية بتطبيق جهاز تقويمي خاص لجر الرّحى الأولى العلوية اليمنى أنسياً بقوة مقدارها 25 غراماً. أُجري التلوين التقليدي بالهيماتوكسولين - إيوزين، كما أُجري التلوين المناعي الكيميائي النسيجي (PCNA) لتحري الفعالية التكاثرية في نوى الخلايا النّشطة في الرباط حول السنّية، و التلوين المناعي

الكيميائي النسيجي لبروتين ال (TRAP) لتسهيل التعرف على الخلايا الكاسرة للعظم. تم تحليل نتائج التلوين التقليدي والمناعي الكيميائي النسيجي إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي الحاسوبي SPSS، الإصدار 13.0 حيث تم ضبط قيمة مستوى الدلالة (p-value) على قيمة 0.05.

النتائج:

- أظهرت نتائج الدراسة الإحصائية زيادة واضحة في تعبيرية ال PCNA في منطقتي الشد و الضغط من الرباط السنخي السنخي في المجموعة الخاضعة لقوة تقويمية مع استخدام الليزر مقارنة مع المجموعة الخاضعة لقوة تقويمية دون استخدام الليزر في الفترة بين 3-14 يوماً، بينما لم نجد فروقاً دالة إحصائياً بين كلتا المجموعتين في الفترة الزمنية (21 يوماً). كما لم نجد أي فارق في تعبيرية ال PCNA بين المجموعة الثانية (ليزر فقط دون قوة تقويمية) و المجموعة الشاهدة.

- أظهرت الدراسة الإحصائية لتعبيرية ال TRAP زيادة واضحة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم في جانب الضغط من الرباط السنخي السنخي في المجموعة الخاضعة لقوة تقويمية مع استخدام الليزر مقارنة مع المجموعة الخاضعة لقوة تقويمية دون استخدام الليزر وذلك في الفترة الزمنية (14 يوماً)، بينما لم تكن الزيادة دالة إحصائياً بين كلتا المجموعتين في الفترة الزمنية (3 أيام) و (21 يوماً).

- لم تذكر دراسة سطح جذر الرحي نسيجياً عند مستوى الثقة 95% لتحري الامتصاص الجذري الخارجي أية فروق دالة إحصائياً في تكرارات درجة الضياع المادي لسطح الجذر وكذلك رد الفعل الالتهابي المزمن بين المجموعات الأربع المدروسة ، وذلك مهما كانت الفترة الزمنية المدروسة

في عينة البحث. و هو ما توافق مع نتيجة تعبيرية الـ TRAP لوسم الخلايا الكاسرة على سطح الملاط حيث لم نجد أية فروق دالة إحصائية في متوسط عدد هذه الخلايا المسؤولة عن الامتصاص الجذري بين المجموعات الأربع المدروسة. كما لوحظ وجود تكاثر خلوي ملاطي جديد بمنطقة ذروة جذور الأسنان في المجموعة الأولى (قوة تقويمية مع ليزر) بشكل واضح ومميز عن باقي المجموعات الأخرى وخاصة بالفترة الزمنية المدروسة (21 يوماً) ، حيث اصطبغت الخلايا الملاطية ضمن الملاط الجديد المتشكل بملون PCNA المناعي مما يدل على فعاليتها التكاثرية.

الاستنتاجات:

- ◀ وجود فعالية لتطبيق الليزر منخفض الطاقة على زيادة معدل إعادة التشكل العظمي في المراحل الأولى من إحداث حركة سنية تقويمية، وذلك من خلال زيادة الفعالية التكاثرية الخلوية في منطقتي الشد والضغط من الرباط حول السني في الفترة الزمنية (3-14 يوماً).
- ◀ وجود فعالية لتطبيق الليزر منخفض الطاقة على زيادة معدل الامتصاص العظمي المرافق للحركة السنية التقويمية. من خلال الزيادة في عدد الخلايا الكاسرة للعظم الموجودة بجوار الجدار الداخلي للعظم السنخي في منطقة الضغط من الرباط حول السني في الفترة الزمنية (14 يوماً).
- ◀ عدم وجود أي تأثير سلبي لليزر منخفض الطاقة من حيث إحداثه لزيادة بالامتصاص الجذري الخارجي نتيجة الحركة السنية التقويمية مقارنة مع الحركة السنية التقويمية دون استخدامه، بل وعلى العكس تماماً فقد اقترح

البحث فعالية الليزر منخفض الطاقة على حدوث تكاثر خلوي للخلايا الصانعة للملاط وتوضع ملاطي خلوي لاحق، وبالتالي احتمال فائدة ذلك في الوقاية من الامتصاص الجذري الخارجي الناتج عن الحركة السننية التقويمية أو حتى في الترميم اللاحق لهذا الامتصاص إن وجد.

◀ عدم وجود أي تغير أو فعالية تكاثرية خلوية أثناء تطبيق الليزر منخفض الطاقة لوحده على النسج حول السننية دون وجود قوة تقويمية، بالتالي فإنه يمكن القول أن فعالية الليزر في التحريض الحيوي للخلايا المسؤولة عن الحركة السننية التقويمية هي فعالية تالية لنشوء وتمايز هذه الخلايا بعد تطبيق القوة التقويمية.

الكلمات المفتاحية: الليزر منخفض الطاقة، الحركة السننية التقويمية، التحريض الحيوي، إعادة التشكل العظمي، الامتصاص العظمي، الامتصاص الجذري الخارجي.

Abstract

Background and aim: Recently, various bio-stimulatory effects of low-energy laser irradiation have been reported, including wound healing, fibroblast and chondral proliferation, and acceleration of bone formation.

The present study was designed to examine the effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental orthodontic tooth movement, and to examine the effects of low-energy laser irradiation on hard tissues resorption including bone resorption, and external root resorption.

Materials and methods : Sixty male Wistar rats were divided into four groups of 15 rats each, Group 1: low-energy laser irradiated group with orthodontic force, group 2: low-energy laser irradiated group only without orthodontic force, group 3: orthodontic force only without laser irradiation and group 4: served as control group. To induce experimental tooth movement in rats, A total of 25 g of orthodontic force was applied to rat molars to cause experimental tooth movement. A Ga-Al-As diode laser was used to irradiate the area around the moved tooth. Five animals of each group were sacrificed at

3 days, 14 days and 21 days. Histological and Immunohistochemical staining of proliferating cell nuclear antigen (PCNA) to evaluate cellular proliferation in the periodontal ligament, and immunohistochemical staining of Tartrate Resistant Acid Phosphatase (TRAP) was performed to facilitate the identification of osteoclasts. Data was studied statistically. P-value < 0.05 was considered as significant.

Results:

- statistical studies of the expression of PCNA revealed that the rate of cellular proliferation in both the tension side and the pressure side of the periodontal ligament were all significantly increased in the irradiation group when compared with the non-irradiation group during the period of 3–14 days, while there was a statistically non significant difference between the two groups on 21 days ($p < 0.005$).
- statistical studies of the expression of TRAP revealed that the number of osteoclasts in the pressure side were all significantly increased in the irradiation group when compared with the nonirradiation group during the period of 14 days, while there was a statistically non significant difference between the two groups on day 3 and 21 ($p < 0.005$).

- statistical studies of the Histological study to evaluate the number of cementoclast, resorbed root surface, and chronic inflammatory cell infiltration revealed that there was a non significant difference between the the irradiation group when compared with the non-irradiation group. However, an increased cementoblastic proliferation was found in the irradiation group when compared with the non-irradiation group during the period of 21 days ($p < 0.005$).

Conclusion:

These findings suggest that :

- ❖ low-energy laser irradiation can accelerate the early stages of tooth movement accompanied with alveolar bone remodeling. Due to the increasing of the rate of cellular proliferation in both the tension side and the pressure side of the periodontal ligament in the irradiation group when compared with the non-irradiation group during the period of 3–14 days.
- ❖ low-energy laser irradiation can increase the number of osteoclasts found on the alveolar bone surface at the pressure side of periodontal ligament, which is responsible for bone resorption associated with orthodontic tooth movement.

- ❖ low-energy laser irradiation has no effect on increasing undesirable root resorption during orthodontic tooth movement. However, an increased cementoblastic proliferation was found in the irradiation group when compared with the non-irradiation group during the period of 21 days which is might therefore be a useful for prevention or even repair the root resorption.
- ❖ low-energy laser irradiation has no cellular effect on normal periodontal tissue without application of orthodontic force.

Keywords: Low-Energy Laser, Orthodontic tooth movement, Biostimulaion, Bone remodeling, Bone resorption, External Root Resorption.