أساسيات ارتباط الترميمات مع الميناء و العاج

الهدف من المحاضرة (مايجب أن يتعلمه الطالب):

- يتعرف الطالب على مفهوم و آلية الأرتباط بالنسج السنية.
- يتعرف الطالب على مواد الربط المينائي و العاجي و مكوناتها الرئيسية
- يطور الطالب المهارات السريرية في تطبيق المواد الرابطة للميناء و العاج.

لقد تطور مفهوم الأرتباط بالنسج السنية بشكل كبير خلال السنوات الماضية، مما سمح بتطور هام في تقنيات ترميم الأسنان و زيادة نسبة نجاحها. في البداية كان الهدف تأمين ترميمات تجميلية ترتبط بالأسنان لأطول فترة ممكنة، و مع التطور الحاصل في مواد و تقنيات الأرتباط أصبح من الممكن تأمين ارتباط كافٍ لجميع أنواع الترميمات من الصغيرة حتى التعويضات الثابتة من تيجان و جسور علاوةً على الترميمات الواسعة و كذلك ترميم الأسنان المعالجة لبياً. لقد أصبحت ترميمات الكمبوزيت الأكثر انتشاراً في طب الأسنان، لما لها من ميزات جمالية و مقاومة جيدة علاةً بعلى سهولة تطبيقها و تكييفها على السطوح السنية، لذلك أصبح من المهم جداً التعرف على مواد الربط لترميمات الكمبوزيت و مكونات مواد الربط هذه و كذلك آلية عملها علاوةً على تقنيات تطبيقها و نجاحها، و ذلك بالشكل الذي يمكن الطبيب من إنجاز الترميمات بأحدث التقنيات و أفضلها.

لقد أحدثت تقنية التخريش الحمضي لتحقيق الأرتباط بالنسج السنية ثورة بعالم طب الأسنان و سمحت بتطبيق سهل و فائق للترميمات التجميلية (الكمبوزيت) سيتم أولاً التطرق إلى بنية النسج السنية و التعرف على دورها في الأرتباط ثم سيتم شرح مكونات المادة الرابطة و آلية عملها و أخيراً تقنيات تطبيقها السريرية.

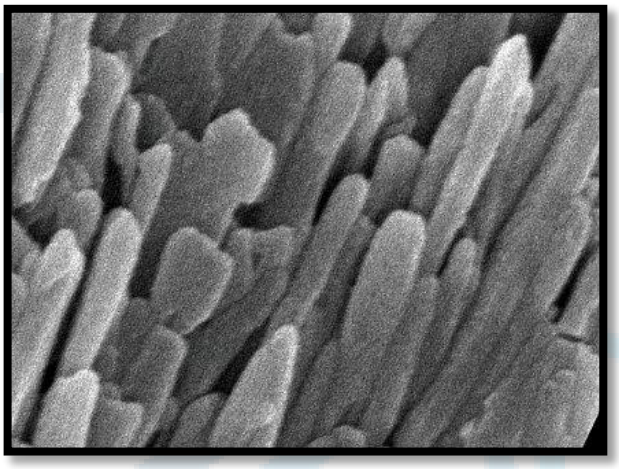
يتم ارتباط ترميمات الكمبوزيت التجميلية مع سطح السن (من ميناء أو عاج) من خلال لاصق خاص هو المادة الرابطة (Bonding Agent) و هي مادة سائلة تتكون من مونوميرات متنوعة و تتصلب بالضوء تحقق الأرتباط مابين الكمبوزيت و سطح السن.

البنية النسيجية للسن الطبيعي من وجهة نظر مداواة الأسنان الترميمية:

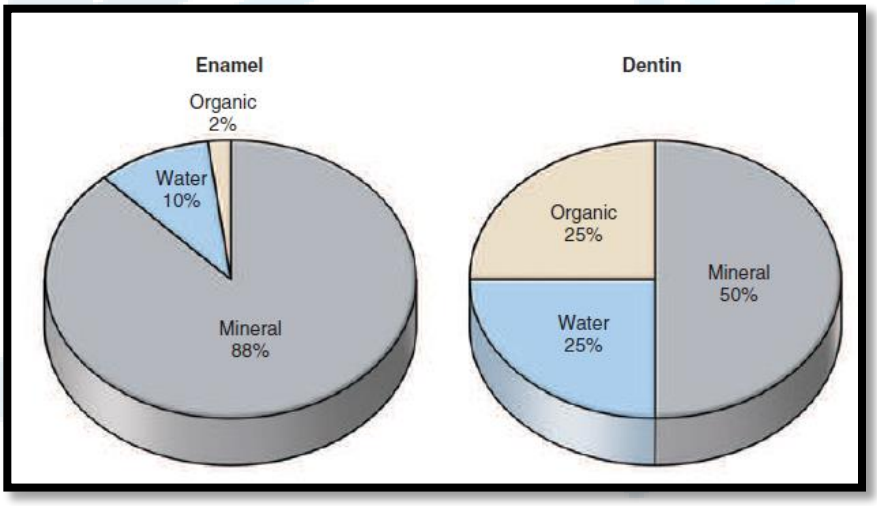
إن المكونات الخاصة للنسُج السنية (ميناء و عاج) تجعل الوصول إلى مادة مناسبة لتحقيق الأرتباط الكافي بين كلا النسيجين من جهة و بالمادة المرممة من جهة أخرى أمراً صعباً.

يتركب الميناء بنيوياً من مواشير مينائية تمتد على كامل طول الميناء الشكل (1) و تتكون هذه المواشير بشكل أساسي من بلورات الهيدروكسي أباتيت التي تُكسب للميناء بنيته المعدنية القوية و المقاومة للخدش. على المستوى

الجزيئي يتكون الميناء من 90% تقريباً **من حجمه** مواد معدنية (مكون غير عضوي) و الباقي منها ماء و مواد عضوية كما في الشكل (2). و بالتالي يمكن القول أن الميناء هو نسيج معدني بالكامل تقريباً و يتم الأعتماد على هذه الخاصية في الوصول إلى مادة مناسبة للارتباط بالميناء.



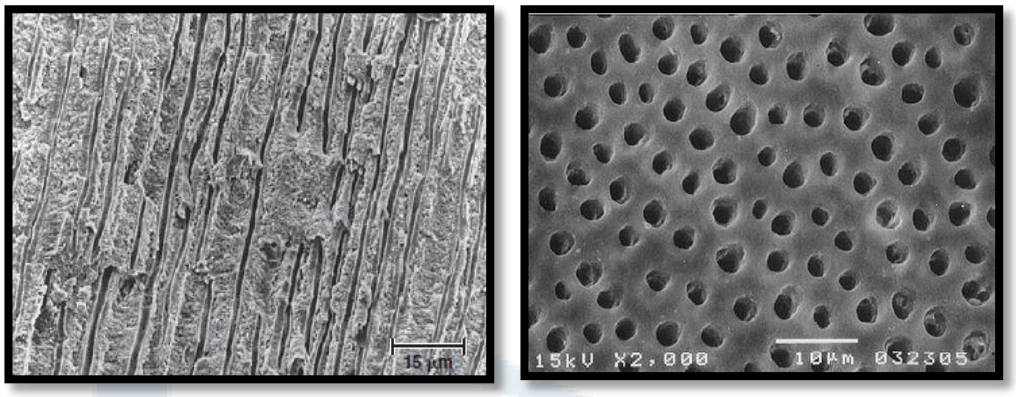
الشكل (1) صورة بالمجهر الألكتروني الماسح يظهر المواشير الميناءية



الشكل (2) المكونات العضوية و اللاعضوية في الميناء و العاج

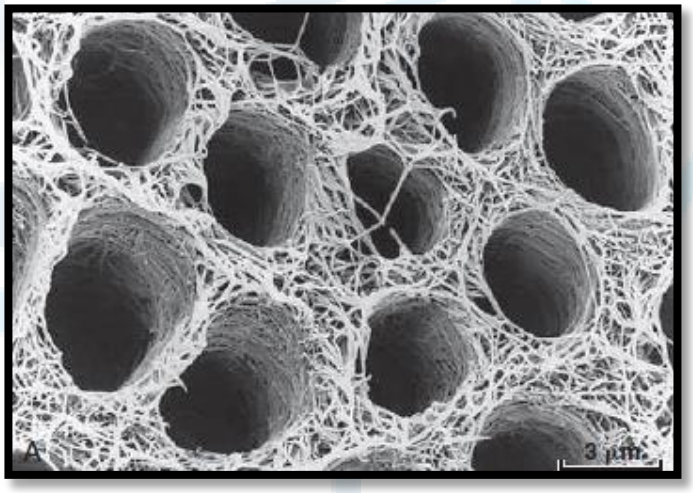
بالمقابل يتكون العاج من 50% مواد معدنية و 25% مواد عضوية و 25 % ماء كما في الشكل (2)

بنيوياً يتكون العاج من القنيات العاجية التي تمتد على كامل طول العاج حيث تشغلها استطالات مصورات العاج ضمن وسط مائي، و يحيط بالقنيات العاجية عاج عالي التمعدن يسمى بالعاج حول القنيوي Peritubular Dentin و يفصل بين القنيات العاجية عاج بين قنيوي Intratubluar Dentin أقل تمعدناً من العاج حول القنيوي كما في الشكل (3). يزداد قطر القنيات العاجية كلما انتقلنا من الملتقى الميناءي العاجي DEJ باتجاه اللب، حيث يبلغ قطر القنيات العاجية عند DEJ حوالي 0.63 ميكرون و يصبح قطر القنيات العاجية عند اللب حوالي 2.37 ميكرون.



الشكل (3) صورة بالمجهر الألكتروني الماسح للنسيج العاجي (مقطع عرضي و آخر طولي)

يتكون المركب العضوي للعاج من ألياف الكولاجين حيث تشكل هذه الألياف شبكة معقدة من الكولاجين كما في الشكل (4) يترسب ضمنها بلورات الهيدروكسي أباتيت بنهج دقيق.



الشكل (4) صورة بالمجهر الألكتروني لبنية شبكة ألياف الكولاجين المعقدة في العاج بعد إزالة المكون المعدني

مفهوم و آلية الأرتباط بالنسج السنية:

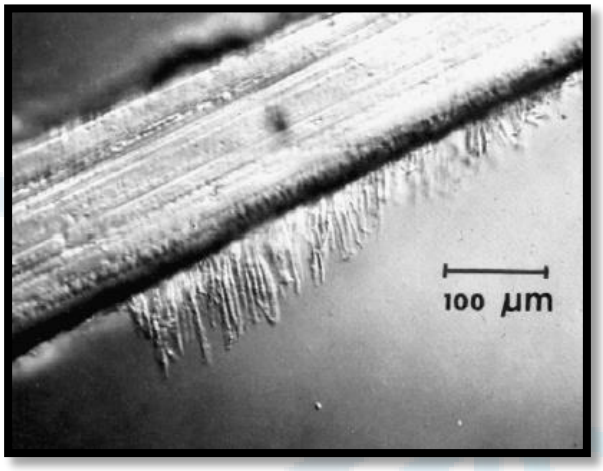
يعتمد مبدأ ارتباط ترميمات الكمبوزيت مع النسج السنية بشكل أساسي على المبدأ الميكروميكانيكي و يقصد به اندخال المادة الرابطة للترميم ضمن النسج السنية على المستوى الميكروني أو الدقيق جداً.

الأرتباط بالنسيج المينائي:

إن بنية الميناء المعدنية (بشكل شبه كامل) تجعل عملية الحصول على سطح جاف تماماً و خالي من الماء أمراً ممكناً و هذا بدوره يزيد من الطاقة السطحية للميناء و و بالتالي تزداد قوة ارتباط أي مادة معه.

يعتمد ارتباط ترميمات الكمبوزيت مع النسيج المينائي على المبدأ الميكروميكانيكي و الذي يهدف إلى خلق فجوات أو احتفارات دقيقة (بأبعاد ميكرونية) على سطح النسيج المينائي بحيث تندخل المادة اللاصقة السيالة (مواد الربط Bonding Agents) ضمن هذه الفجوات الدقيقة و تتغلغل بها، و بعد أن تتصلب او تتبلمر المادة

الرابطة فأنها تشكل ارتباطات صلبة و متداخلة مع سطح الميناء كما في الشكل (5)حيث تصل قوة ارتباطها إلى 40 – 50 ميغاباسكال. و بعدها يتم تطبيق الكمبوزيت الذي يرتبط مباشرةً مع المادة الرابطة.

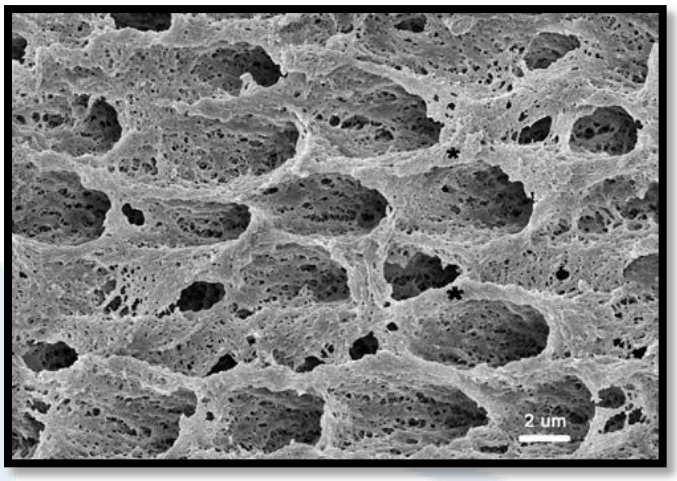


الشكل (5) صورة بالمجهر الألكتروني تظهر اندخال المادة الرابطة ضمن الفجوات المينائية لتشكل أوتاد ارتباط ميكرونية

يتم تحقيق هذه الفجوات او الأحتفارات على السطح المينائي من خلال عملية التخريش الحمضي و التي يتم فيها تطبيق حمض الفوسفور بتركيز 37% على سطح الميناء و لمدة 30 ثانية و بعدها يُغسل هذا الحمض جيداً ثم يُجفف الميناء بالهواء ليظهر سطح طبشوري كما في الشكل (6) نتيجة قيام حمض الفوسفور بالتفاعل من الذرات المعدنية الموجودة بالميناء و انتزاعها او اختلابها مما يترك السطح المينائي مسامياً و مليئاً بالفجوات الدقيقة المناسبة لاندخال المادة الرابطة، حيث تأخذ هذه الفجوات شكل أوتاد دقيقة تسمى Microtags كما في الشكل (7). كما يزيد التخريش الحمضي من طاقة السطح للميناء (Surface Energy) مما يزيد من الأرتباط.

الشكل (6) المنظر الطبشوري للميناء بعد التخريش الحمضي للثنية العلوية اليمنى

MANARA UNIVERSITY

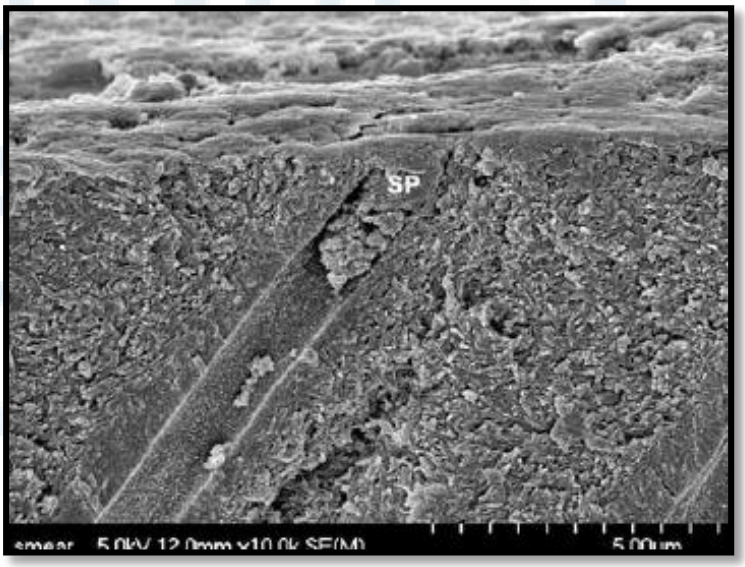


الشكل (7) صورة بالمجهر الألكتروني الفجوات أو الأوتاد المينائية Tags على سطح الميناء بعد التخريش الحمضي

الأرتباط بالنسيج العاجي:

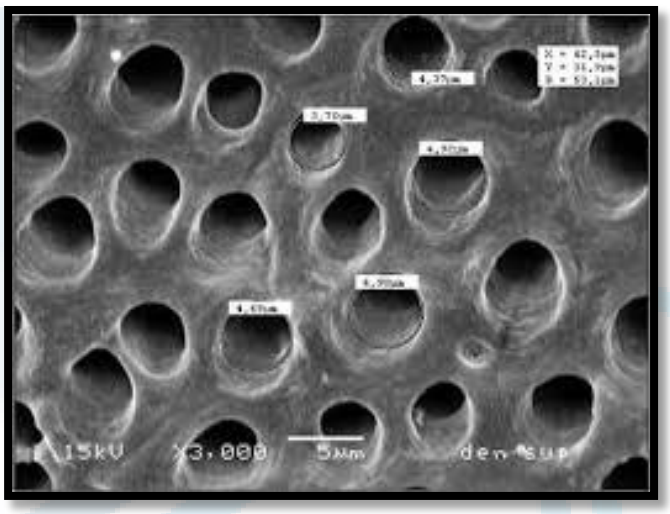
إن تركيب العاج الكيميائي و احتوائه على نسبة عالية من الماء يجعل من الصعب الحصول على عاج جاف تماماً و بالتالي لا يمكن رفع طاقته السطحية لتحقيق الأرتباط المناسب هذا من ناحية. و من ناحية أخرى يشكل المحتوى المائي و العضوي للعاج تحدياً للوصول إلى مادة رابطة مناسبة تتفاعل مع الماء أو تكون أليفة له من جهة و تستطيع الأرتباط بترميم الكموزيت من ناحية أخرى.

إضافة لذلك فإنه و بعد تحضير العاج و إزالة النخر الني منه باستعمال السنابل، تتشكل على سطح العاج طبقة دقيقة من برادة التحضير و التي تغطي سطح العاج بالكامل و تقلل من نفوذيته بنسبة 90% و بالتالي تؤثر على ارتباط المادة الرابطة مع العاج. تسمى هذه الطبقة باللطاخة Smear Layer و هي تتكون من مركبات عضوية (ألياف الكولاجين و غيرها) و مركبات غير عضوية (بلورات الهيدروكسي أباتيت) تشكل طبقة بسماكة 1-5 ميكرون على سطح العاج المُحضر و تندخل ضمن القنيات العاجية أيضاً كما في الشكل (8).

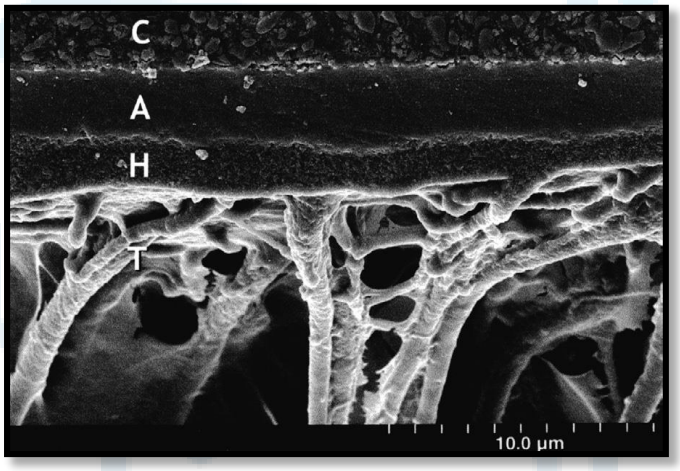


الشكل (8) صورة بالمجهر الألكتروني تُظهر طبقة اللطخة فوق سطح العاج و مندخلة ضمن القنية العاجية

لقد ساهم التخريش الحمضي للعاج (باستعمال حمض الفوسفور) لمدة 15 ثانية في إزالة طبقة اللطاخة و فتح القنيات العاجية و بالتالي زيادة نفوذية العاج كما في الشكل (9) الأمر الذي ساعد على اندخال المادة الرابطة عند تطبيقها عمقاً ضمن النسيج العاجي لتحيط بألياف الكولاجين و تشكل شبكة ارتباط معقدة معها بعد تصلبها و تسمى بالطبقة الهجينة Hypered Layer كما في الشكل (10) و بالتالي من المهم جذاً المحافظة على سلامة شبكة ألياف الكولاجين ضمن العاج بعد التخريش و عدم تخريبها.



الشكل (9) صورة بالمجهر الألكتروني تُظهر انكشاف القنيات العاجية بعد التخريش بحمض الفوسفور 37%



الشكل (10) صورة بالمجهر الألكتروني تُظهر اندخال المادة الرابطة ضمن سطح العاج و تشكيلها للطبقة الهجينة

من ناحية أخرى فأن المادة الرابطة هي مادة عضوية كارهة للماء و بالتالي من الصعب أن تندخل ضمن النسيج العاجي ذو التركيب العالي من الماء و هذا سيسبب فشل الأرتباط. و للتغلب على هذه المعضلة تم إضافة مركب عضوي وحيد الجزيء (Monomer) يسمى بالمبدئ Primer للمادة الرابطة يتميز هذا الجزيء بأنه ثنائي الوظيفة يرتبط من ناحية بالعاج و من ناحية أخرى بالمادة الرابطة.

و بالتالي يتصف الأرتباط بالعاج بأنه ارتباط معقد يعتمد على آليتين الأولى هي الأندخال ضمن القنيات العاجية عدة ميكرونات لتشكيل طبقة هجينة تدمجه مع العاج، و الثانية عبر إحاطة المادة الرابطة بألياف الكولاجين و التفاعل معها لتحقيق ارتباط مُحكم غير مفهوم بشكل جيد حتى الآن.

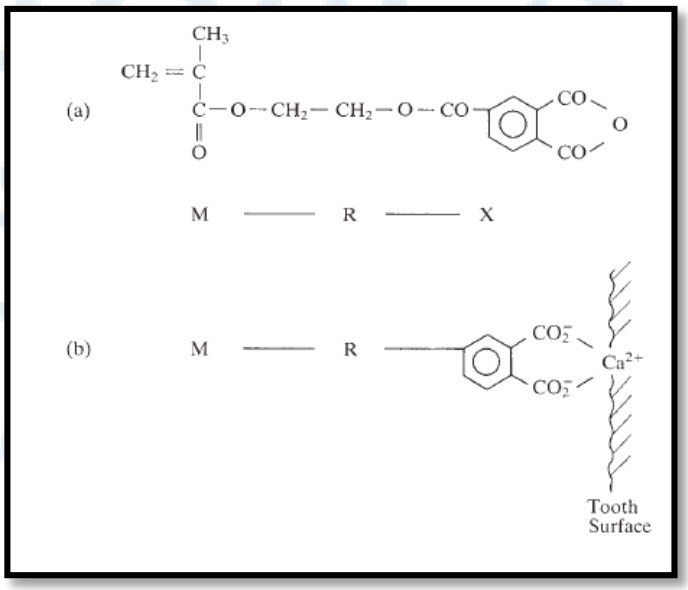
مواد الربط الميناني و العاجي: Dentin Bonding Agents

لقد تطورت أنظمة الربط (تسمى أحياناً أنظمة الربط العاجي Dentin Bonding Agents) بشكل كبير خلال السنوات السابقة و قد تم تصنيفها بطريقتين، عموماً سوف نتعرض أولاً للمكونات الأساسية لنظام الربط العاجي ثم ننتقل إلى تصنيفها.

المكونات الأساسية لأنظمة الربط العاجي:

1- **المكيّف Conditioner:** المادة المكيّفة لسطح الميناء أو العاج و هي الحمض المخرش (عادةً حمض الفوسفور 37%) حيث تقوم هذه المادة بتخريش سطح الميناء و العاج و تهيئته للأرتباط بالمادة الرابطة تمهيداً لتطبيق ترميم الكمبوزيت. حيث يساهم الحمض المخرش باختلاب المعدن من هذه الميناء و تشكيل الفجوات، كما يساهم في فتح القنيات العاجية و كشف شبكة الكولاجين بالعاج.

2- **المُبدئ Primer :** و هي مادة عضوية راتنجية (وحيد الجزيء Monomer) ثنائية الوظيفة بسبب امتلاكه لزمرتين كيميائيتين وظيفيتين إحداهما محبة للماء و الأخرى كارهة للماء، فهو يستطيع الأرتباط من ناحية بالعاج عبر الزمرة المحبة للماء و من ناحية أخرى يرتبط بالمادة الرابطة الكارهة للماء كما في الشكل (11). تستطيع زمرته الوظيفية المحبة للماء الأرتباط الكيميائي مع شوارد الكالسيوم على سطح العاج بعد تخريشه و هذا سيزيد من قوة الأرتباط بلا شك. من أشهر المبدئات: مونومير : هيدروكسي أيتيل ميتا كريلات HEMA و الذي يكون ضمن محل عضوي مثل الكحول أو الأسيتون و أحياناً الماء.



الشكل (10) بنية جزيء المبدئ: R: جسم الجزيء العضوي، M: الزمرة الكارهة للماء، X: الزمرة المحبة للماء

3- **الرابط Adhesive:** و هي مادة راتنجية أيضاً تتكون من جزيئات عضوية (مماثلة للجزيئات العضوية التي تشكل القالب الراتنجي للكمبوزيت) و هي مادة أحادية الجزيء Monomer و كارهة للماء: فهي ترتبط بالمبدئ من جهة و بترميم الكمبوزيت من جهة أخرى. و من أشهر الروابط مادة Bis Phenol A-Glycidyl Metacrylate (Bis-GMA) ، حيث تتصلب بالضوء الأزرق عبر محفز كيميائي (هيدروكامفركوينيون) يتأثر بالضوء و يطلق عملية التماثر (أو التبلمر أو التصلب كما تسمى عادةً)، و نتيجة التماثر تتحد هذه الجزيئات مع بعضها لتشكل سلاسل من مركبات طويلة تسمى بالبوليميرات Polymers و تصبح صلبة، و تشكل بالنتيجة طبقة هجينة مناسبة لارتباط ترميمات الكمبوزيت بها.

لقد اعتمدت الأجيال الثلاث الأولى للمواد الرابطة على الأرتباط بطبقة اللطاخة أو تكييفها بالحمض مع المحافظة عليها ثم تطبيق مادة الترميم. لكن التطلعات الحالية و الأجيال التالية للمادة الرابطة أصبحت تتعامل بنهج مختلف يعتمد على إزالة طبقة اللطاخة بشكل كامل (Total Etch Technique) أو تعديلها جذرياً.

تُصنّف المواد الرابطة حسب خطوات تطبيقها إلى:

1- **ثلاث خطوات Three – Steps Etch and Rinse:**

تتكون هذه الأنظمة من ثلاث عبوات: حمض مخرش ، مُبدئ، رابط. (الجيل الرابع)

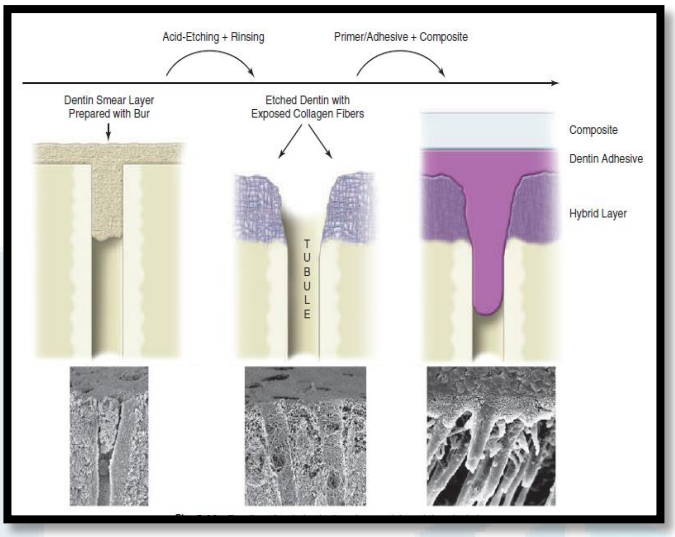
- ✓ يتم تطبيق حمض المخرش على سطح الميناء 30 ثانية و العاج 15 ثانية ثم يتم غسله بتيار مائي مستمر بشكل جيد، و بعدها يتم تجفيف السن بشكل كامل للوصول إلى المظهر الطبشوري.
- ✓ يتم تطبيق المُبدئ على سطح السن.
- ✓ بعدها يتم تطبيق الرابط و فرشه جيداً ثم يتم التصليب الضوئي، و بعده نبدأ بتطبيق ترميم الكمبوزيت.

2- **خطوتين Tow – Steps Etch and Rinse:**

تتكون هذه الأنظمة من عبوتين : حمض مخرش ، مُبدئ و رابط بعبوة واحدة (الجيل الخامس)

- ✓ يتم وتطبيق الحمض المخرش أولاً ثم يتم الغسل و التجفيف للحصول على الشكل الطبشوري
- ✓ ثم تُطبيق المادة الرابطة (مكونة من مُبدئ و رابط ضمن محل عضوي و في عبوة واحدة) و ذلك باستعمال فرشاة دقيقة مناسبة و بعدها يتم التصليب الضوئي للحصول على الطبقة الهجينة و الجاهزة للأرتباط بالكمبوزيت كما في الشكل (11).

MANARA UNIVERSITY



الشكل (11) تشكل الطبقة الرابطة الهجينة مع الروابط من الجيل الخامس

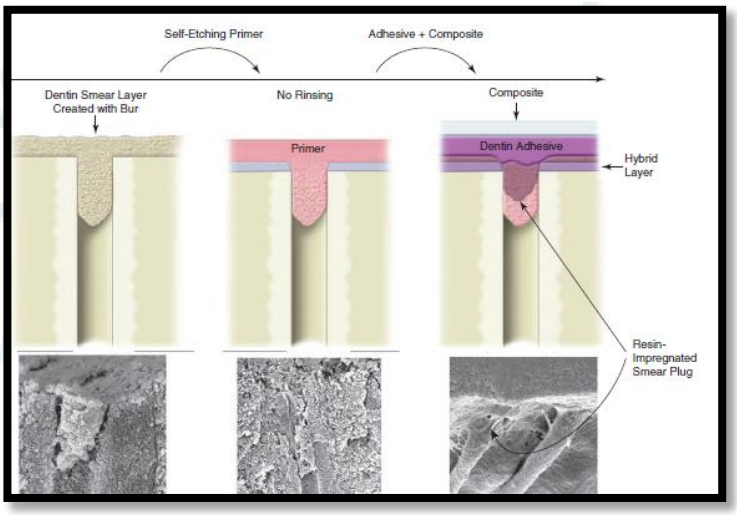
3- **خطوتين Tow – Steps Selfetch :** الشكل (12)

تسمى أيضا بالمواد الرابطة ذاتية التخريش self-etch adhesives (SEAs) **(الجيل السادس مرحلة أولى)**

تتكون هذه الأنظمة من عبوتين : المادة المُخرشة المُبدئة بعبوة واحدة، الرابط بعبوة

تم تطوير مبدئ راتنجي بزمرة وظيفية حمضية (زمرة حمضية كربوكسيلية أو فوسفورية) تقوم بدور الحمض المخرش و بنفس الوقت دور المُبدئ الكاره للماء و هنا سنحافظ على طبقة اللطاخة ضمن العاج و سيتم تكييفها و الأندماج معها من قبل المادة المُبدئة. و هذا ما قد يقلل الحساسية التالي لتطبيق الترميم على اعتبار أن التقنية ستحافظ على طبقة لطاخة مُغلقة للقنيات العاجية و بالتالي تقليل انتقال المثيرات عبرها إلى اللب السني.

- ✓ بعد عزل السن و تجفيفه يتم تطبيق المادة المُبدئة ذاتية التخريش بواسطة فرشاة دقيقة (لا نغسل)
- ✓ بعدها يتم تطبيق المادة الرابطة بواسطة فرشاة ثم يتم التصليب الضوئي.



الشكل (12) تشكل الطبقة الرابطة الهجينة مع الروابط من الجيل السادس (لاحظ المحافظة على طبقة اللطاخة)

4- **خطوة واحدة All in one Step One:**

تتكون هذه الأنظمة من عبوة واحدة فقط تضم : محلول رابط يقوم بالتخريش و دور المُبدئ و اللاصق أو الرابط بمرحلة واحدة

الجيل السادس مرحلة ثانية و الجيل السابع

تتركب هذه المواد الرابطة بشكل أساسي من مركب عضوي راتنجي متشرد و لايتصلب و أنما يتفاعل مباشرة و يرتبط مع ترميم الكمبوزيت الذي يطبق عليه. و يتم تطبيقها على الميناء و العاج مباشرةً و على طبقتين (أفضل) ثم تصليبها قو تطبيق الترميم بعدها.

التطبيق السريري للمادة الرابطة : Dentin Bonding Agents

يعتمد التطبيق السريري بشكل أساسي على نوع المادة الرابطة و ذلك من حيث عدد خطوات أو مراحل التطبيق، عموماً سنعرض في السطور القادمة خطوات تطبيق المادة الرابطة من الجيل الخامس (خطوتين) نظام تخريش كامل للميناء و العاج أكثر التقنيات استخداماً.

1- يجب تحقيق العزل الكامل للسن المراد ترميمه بالكمبوزيت، حيث يعتبر الحاجز المطاطي الوسيلة المثالية لتحقيق عزل تام، فهو يعزل سطوح السن عن كافة السوائل الفموية حتى أنهُ يعزله عن بخار الماء الذي يخرج مع هواء الزفير لدى المريض و الذي قد يتقطر على سطح السن و يعيق الأرتباط الشكل (13).

الشكل (13) عزل تام بالحاجز المطاطي لسن لديه صنف رابع بهدف الترميم

2- يتم تطبيق حمض الفوسفور 37% على الميناء لمدة 15 ثانية و بعدها يتم تطبيق الحمض المخرش على العاج و لمدة 15 ثانية ثم يتم غسل الحمض جيداً عن الميناء و العاج بتيار مائي نظيف تماماً (يفضل من سيرنغ سعة 5 مل) و هنا يكون (زمن تخريش الميناء 30 ثانية و العاج 15 ثانية). و أثناء تطبيق الحمض

يجب تحريك رأس السيرنج جيداً على سطح السن و هزّه و ذلك لمنع تشكل فقاعات الهواء ضمن الحمض و بالتالي عدم وصول الحمض المخرش إلى كافة السطوح كما في الشكل (14).

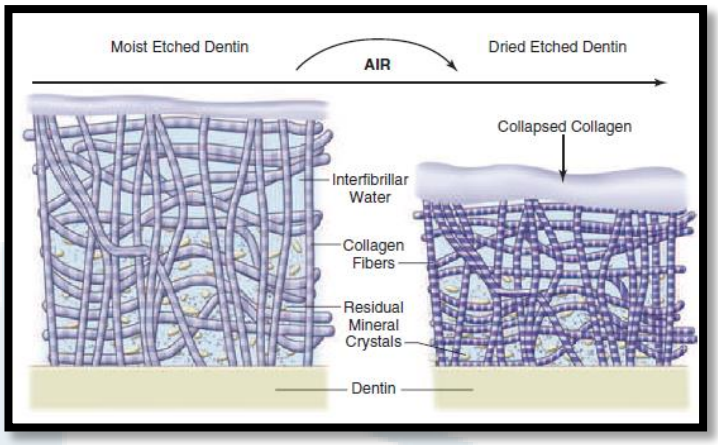
ملاحظة: يجب تجنب التخريش الزائد للعاج لأن ذلك قد يؤدي إلى خسف الكثير من الأملاح المعدنية من بنية العاج و بالتالي تبقى شبكة الكولاجين ضعيفة و تنهار.

الشكل (14) تطبيق الحمض المخرش على الميناء بعد تبطين العاج بالزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج RMGI

3- يتم التجفيف بتيار هوائي مستمر و بهواء نقي و خالي من الزيت، حتى الوصول إلى شكل طبشوري للميناء الشكل (6)، اما بالنسبة للعاج فيجب تجنب التجفيف الزائد بالهواء بل لابد أن يبقى العاج رطب قليلاً و لمّاع كما في الشكل (15).

الشكل (15) سطح العاج اللمّاع المناسب للارتباط مع المادة الرابطة

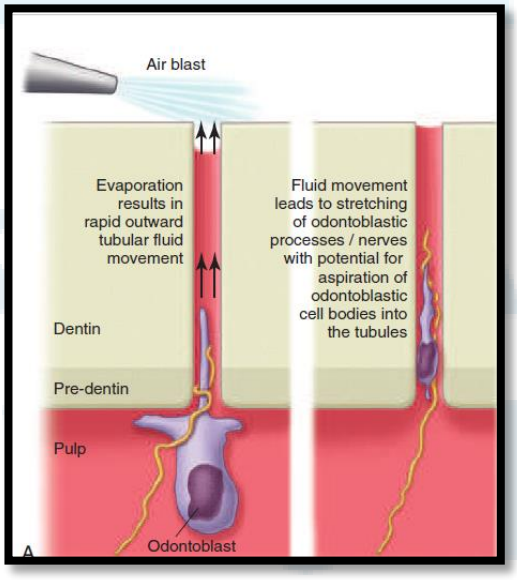
إن التجفيف الزائد للعاج قد يسبب نزع الماء من بنية العاج و بالتالي ستفقد شبكة ألياف الكولاجين الداعم الأساسي لها و سوف تنهار و تنكمش على بعضها وبالتالي سوف نخسر آلية اندخال المادة الرابطة بين هذه الألياف و تغليفها لها و بالتالي سيضعف الأرتباط كما في الشكل (16)



الشكل (16) انهيار شبكة ألياف الكولاجين و انكماشها نتيجة التجفيف الزائد للعاج

من ناحية أخرى قد يؤدي التجفيف الزائد للعاج إلى سحب الماء من القنيات العاجية مما يؤدي إلى انكماش مصورات العاج على نفسها و باتجاه اللب و بالتالي تنبيه الألياف العصبية المجاورة لها و التسبب بنوبة ألم للمريض و هو أحد أسباب الحساسية السنبية التالية للترميم كما في بلشكل (17).

للتغلب على مشكلة العاج الجاف، فأنه يمكن وضع قطنه على العاج أثناء التجفيف لتجنب التجفيف الزائد له، كما يمكن أن يتبع تقنية إعادة ترطيب العاج Rewetting of Dentin و ذلك بعد التجفيف و باستعمال كرية قطنية ناعمة مشربة بقليل من الماء.



الشكل (17) انكماش مصورات العاج على نفسها و تنبيه الألياف العصبية اللبية نتيجة التجفيف الزائد للعاج

4- يتم تطبيق المادة الرابطة باستعمال فرشاة دقيقة كما في الشكل (18). حيث يجب أن يتم التطبيق بحركات مستمرة و لمدة لاتقل عن 10 ثوان لتحقيق انتشار و توزع مناسب للمادة الرابطة علاوة على تأمين اندخالها ضمن القنيات العاجية

ملاحظة: بعد تطبيق المادة الرابطة سيتطاير المحل العضوي منها و هذا أمر ضروري حيث أن دور هذا المحل هو المحافظة على سيولة المادة الرابط و تأمين اندخال المادة الرابطة ضمن القنيات العاجية و بالتالي سيكون انتهى دوره بعد التطبيق. لذلك يجب الأنتباه لعدم أبقاء عبوة المادة الرابطة (البوند) مفتوحة كي لا يتطاير المحل العضوي و يسبب فشل الأرتباط.

5- يمكن تطبيق تيار هوائي خفيف الآن و قبل التصليب الضوئي للماة الرابطة و ذلك بهدف تأمين توزيع و انتشارا المادة الرابطة بشكل مناسب.

6- يتم تصليب المادة الرابطة بجهاز التصليب الضوئي (الموجة الزرقاء) لمدة 20 ثانية (أقل مدة مسموحة هي 5 ثوان)

7- تطبيق الكمبوزيت على طبقات وفق البروتوكول المعروف.

الشكل (18) تطبيق البوند على سطح السن المُخرش بواسطة فرشاة دقيقة

المراجع:

1- Heymann, Harald O., Edward J. Swift Jr, and Andre V. Ritter. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book: Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book*., 2019..

2- Torres, Carlos Rocha Gomes, ed. *Modern operative dentistry: Principles for clinical practice*., 2019.

بالتوفيق للجميع