علم النسج الخاص بالفم والأسنان

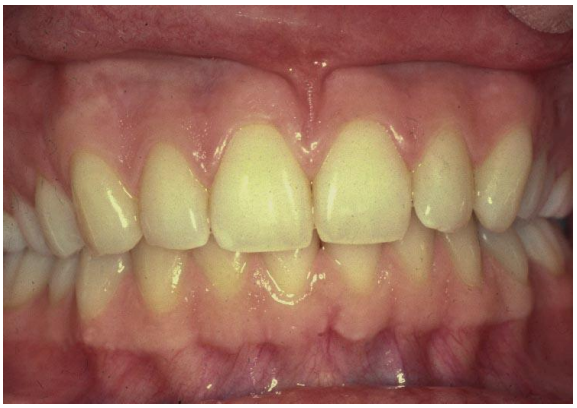
الميناء

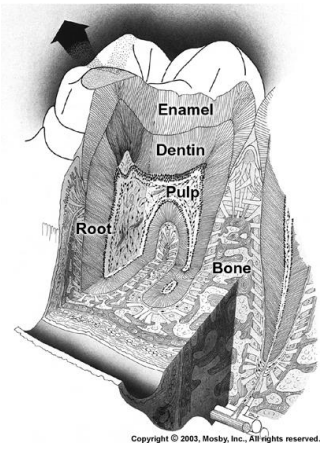
المينـاء *Enamel*

1: مقدمة:

لابد في البداية من الذكر بأن السن يتألف من ثلاثة أنسجة متمعدنة هي الميناء Enamel, العاج Dentin والملاط Cementum التي تقوم بالإحاطة، هناك جزء مركزي داخلي من النسيج الضام الرخو هو اللب السني Dental Pulp. يشتق الميناء من الأديم الظاهر Ectodermal origin في حين العاج, الملاط واللب السني تشتق من الظهارة المتوسطة Ectomesenchymal origin. و يعتمد كثيراً مظهر هذه الأنسجة على طريقة التحضير: ففي المقاطع المنحوتة Ground Sections تحافظ النسج الصلبة المتمعدنة على بنيتها في حين الظهارة والنسج الرخوة يتم فقدانها. و عند تحضير العينات بواسطة خسف الأملاح تبقى الأنسجة الرخوة والقوالب العضوية للنسج المتمعدنة سليمة. و نظراً لأن الميناء هو معدني بشكل كامل تقريباً فيلاحظ فقدانه بعد إجراءات خسف الأملاح و لذلك أفضل طريقة لدراسته هي المقاطع المنحوتة التي تسمح بالحفاظ على بنيته بشكل جيد.

الميناء , هي المادة الصلبة التي تغطي تاج السن لحمايته ووقايته, كما أنها تعتبر أقسى نسيج حيوي في جسم الإنسان. بناءَ على ذلك فإنها قادرة على مقاومة الانكسار أثناء عملية المضغ. كما يعطي الميناء الشكل والمحيط الخارجي للتاج وتمتد طبقة الميناء على الجزء المعرض للبيئة الفموية من السن، وبالإضافة إلى ذلك فإن له دور كبير في إضفاء المظهر الجمالي لوجه الإنسان حيث يلجأ العديد من الأشخاص حالياً إلى تبييض الأسنان أو تركيب وجوه خزفية لأهداف تجميلية.





2. الخواص الفيزيائية والكيميائية Physical and Chemical Properties

يشكل الميناء غطاءً واقياً للسطح الخارجي من تاج السن، وهو ذو ثخانات مختلفة تمتد إلى 2.5 مم عند السطوح الطاحنة والقاطعة للأسنان الدائمة (عند ذرى الحدبات في الأسنان اللبنية يصل إلى سماكة 1.3 مم) و تصل سماكة السطوح الجانبية إلى 1.3مم كما يصل إلى أدنى سماكة له عند عنق السن.

يمتاز الميناء بمقاومة عالية للسحل Abrasion resistance و لذلك فالتآكل يحدث بشكل بطيء وعلى فترة زمنية طويلة وهذه الميزة هامة جداً نظراً لأن الميناء لا يمكن استعاضتها أو ترميمها ذاتياً. تختلف صفات الميناء تبعاً للمناطق المختلفة ضمن النسيج. حيث شوهد اختلاف في قساوة الميناء إذ لوحظ تناقص القساوة كلما اتجهنا من السطح إلى الداخل و أيضاً من ذرى الحدبات إلى المنطقة العنقية.

يمتاز الميناء بكونه مؤلف من مادة بللورية مزدوجة الانكسارية، حيث تعكس البللورات الضوء بشكل مختلف في اتجاهات مختلفة. يبدو الميناء الشاب أبيض نظراً يعكس الضوء بشكل كامل داخلياً و هذا ينتج عنه شفافية أقل وبالتالي إعطائه اللون الأبيض. تزداد شفافية الميناء مع التقدم بالعمر. يكون لون الميناء أبيضاً مائلاً إلى الرمادي المزرق، والصفرة تعود إلى لون العاج نتيجة نفاذية الميناء للضوء. ومن الجدير ذكره أن هذه الصفات البصرية للميناء تؤثر بشكل معتبر على المظهر النسيجي للميناء.

إن صلابة الميناء العالية (296 نوب) تجعله عرضة للكسر ويزداد هذا الاحتمال في حال كون العاج الداعم مصاب بالنخر وبهذه الحالة يكون العاج قد أضعف من أساس الميناء.

يتكون الميناء بشكل أساسي من مواد غير عضوية بنسبة 96% (بلورات هيدروكسي الأباتيت: فوسفات الكالسيوم) ومواد عضوية (آحينات معقدة: الإناميلين) + ماء بنسبة 4% فقط. يشبه الإناميلين البروتين الموجود في البشرة المدعو كيراتين و يساعد التوزيع الهندسي للإناميلين بين و على بلورات هيدروكسي الأباتيت على زيادة نفوذية الميناء.

تشكل بلورات هيدروكسي الأياتيت $Ca_3(Po_4)_2.Ca(oH)_2$ 90% من حجم الميناء التي توازي 95-96% من وزنه وهي ذات عرض 70 نانومتر وسماكة 25 نانومتر ويصل طولها تقريباً إلى الطول الكامل للنسيج (البللورات الموجودة في العاج والعظم و الملاط هي أصغر بكثير). تبدو بللورات هيدروكسي الأباتيت بشكل سداسي عند إجراء المقاطع العرضية على الرغم من تشوه البعض نتيجة الازدحام أثناء التطور. يختلف تركيب لب البللورة عن محيطها إذ تكون أغنى بالمغنزيوم و الكربونات. أيضاً لب البللورة أكثر قابلية للانحلال من محيطها.

إن التوزع الجزيئي ضمن كل وحدة خلوية للبللورة يتالف من مجموعة هيدروكسيل محاطة بثلاثة شوارد كالسيوم متساوية الفراغ التي بدورها محاطة بثلاثة شوارد فوسفات متساوية الفراغ بشكل مشابه. و على الرغم من أن البنية الجزيئية الأساسية للبلورة عالية التنظيم إلا أنها خاضعة لبعض التغيرات. يمكن ان يستبدل الفلور شوارد الهيدروكسيل و هذا يعطي البللورة ثبات اكبر و مقاومة للانحلال الحمضي أكبر. من المعروف بأن نسبة الفلور تقل من السطح الخارجي باتجاه العاج، و هذا عائد لأن الفلور يكتسب أثناء نضج الميناء.

يشكل الماء تقريباً 2% من وزن الميناء و ما يوازي 5-10% من الحجم. و يعود وجود الماء إلى مسامية هذا النسيج. يتواجد الماء في الميناء بعدة نماذج: إما بين

البللورات و يحاط بالمادة العضوية أو أن يكون محجوز ضمن عيوب في البللورةو بقية الماء فإنه يشكل طبقة مائية تغلف البللورات. و نظراً لأن الماء يتمتع بخاصية نقل بعض الشوارد مثل الفلور فإنه من الممكن أن يحدث نقل للشوارد مثل الفلور من سطح الميناء الخارجي إلى داخله نتيجة المس المياشر و لذلك تم استخدام المحاليل و المعاجين السنية الغنية بالفلور من اجل زيادة مقاومة الميناء للانحلال بالحموض الناتجة عن جراثيم النخر السني وبالتالي وقاية أكبر.

يحتوي الميناء الناضج على 1–2% قالب عضوي وهناك تنوع واسع من هذه الجزيئات العضوية الممتدة من حموض أمينية حرة إلى معقدات بروتينية فريدة كبيرة. هذه البروتينات هي الأميلوجنين Amelogenin و اللاأميلوجنين non-amelogenin (الأناميلين Enamelins). تقريباً 50–90% من القالب العضوي مؤلفة من ببتيدات وحموض أمينية حرة (متضمناً كميات كبيرة من حمض الغلوتاميك و الغليسين). تحتوي الجزيئات كبيرة الوزن الجزيئي (30.000 Da <) مكونات أغنى بالكربوهيدرات (80–95% سكاكر و 5–20% حموض أمينية). لوحظ بأن تركيز البروتين هو أعلى ضمن الحزم المينائية عند الملتقى المينائي العاجي.

اعتبار سريري :

على الرغم من أن الميناء هو أقسى نسيج في جسم الإنسان ، إلا أنه يمتاز بخاصية النفوذية لبعض السوائل و الجراثيم و المنتجات الجرثومية القادمة من الحفرة الفموية. أيضاُ يظهر الميناء بعض الصدوع و التشققات و المسافات المجهرية ضمن المواشير المينائية وبينها وبين بللورات هيدروكسي الأباتيت، و هذا كله يسمح بخاصية اختراق الميناء مما يسمح بحدوث التصبغات وتغير لون الميناء مع مرور الزمن.

2. البنية النسيجية Histological Structure

الميناء عبارة عن بنية معقدة ويحتاج فهمها إلى إحساس مرهف بنموذج البنى ثلاثية الأبعاد. يتألف الميناء من العناصر التالية التي تتراكب مع بعضها البعض وتشكل البنية الصلبة والمقاومة التي يتمتع بها:

1. المواشير المينائية Enamel Rods
2. أغماد المواشير Rod Sheaths: المناطق التي تحيط بالمواشير المينائية.
3. المادة بين الموشورية Interprismatic Substance:

مادة تشبه الإسمنت تملأ المسافة بين الموشورية وتربط العناصر مع بعضها البعض. فهي تقع ما بين المواشير وهي أقل تكلساً من المواشير ذاتها. هذه المادة قليلة عند الإنسان مما يكسب الأسنان عند الإنسان قساوة عالية أي أكثر هشاشة لقلة مرونتها. تقع بلورات الأباتيت بشكل طولاني ضمن المواشير أما في المادة ما بين الموشورية فإن بلورات الأباتيت تشكل زوايا حادة مع محور المادة ما بين الموشورية.

4. الصفائح المينائية: Enamel Lamella:

تشكلات دقيقة أو مواد عضوية تشبه أوراق الشجر تبدأ من الملتقى المينائي العاجي وتصل إلى السطح الخارجي للميناء وقد تنفذ إلى طبقة العاج، و أكثر ما تشاهد في منطقة عنق السن، ولها أهمية سريرية هي أنه عندما يشكو المريض من لمعة عند شرب الماء البارد فإن السبب في ذلك هو وجود الصفائح المينائية والتي هي عبارة عن شقوق تحوي نسبة عالية من المواد العضوية التي تسمح بمرور الماء البارد إلى المنطقة العاجية الحساسة والموعاة. تشبه الصفائح المينائية حواجز دقيقة تقسم الميناء إلى فصوص وما هي إلا مناطق ضعف في بنية الميناء ولذلك تعتبر مدخلاً محتملاً للجراثيم تتركب هذه الصفائح المينائية من مادة عضوية وكمية قليلة من الأملاح.

وللصفائح المينائية ثلاثة أنواع :

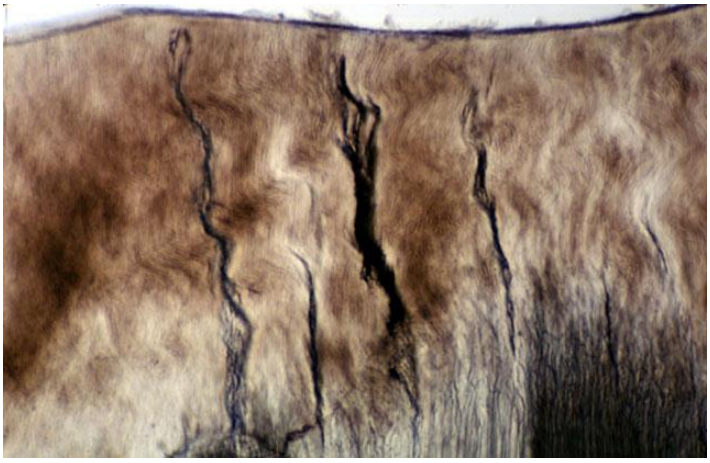
1- تتشكل من أجزاء صغيرة غير متكلسة من المواشير .

2- صفائح تتشكل من الخلايا المصورة للميناء المستحيلة .

3- صفائح يكثر مصادفتها في الأسنان البازغة .

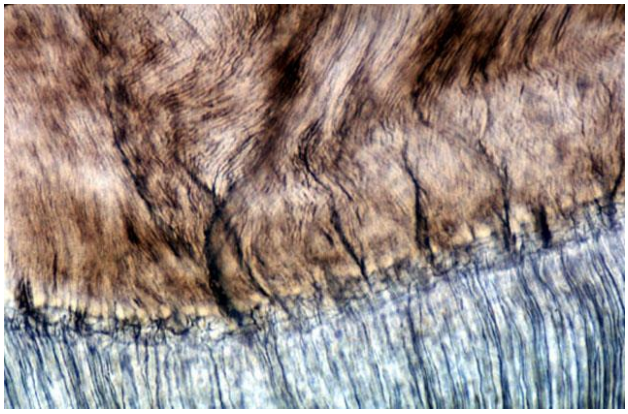
ما هو الفرق بين الصفائح الميناية و بين الشقوق (Cracks) ؟

يلاحظ عند حل الأملاح من الأسنان بقاء الشقوق فارغة بالمقابل يلاحظ احتواء الصفائح على مادة عضوية وبعض الخلايا .



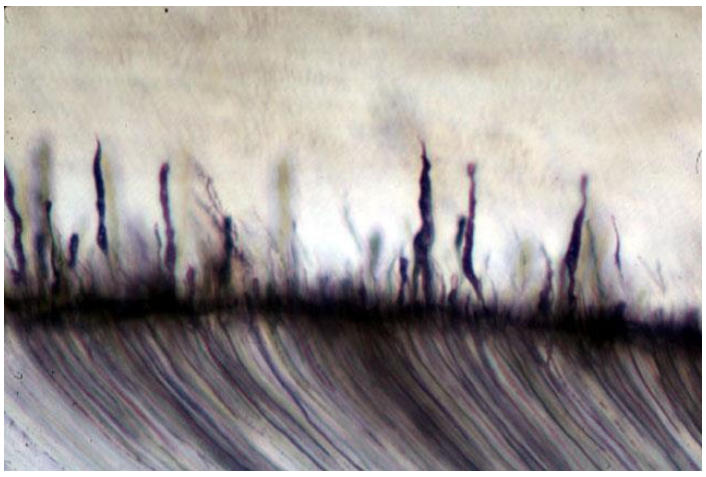
5. الحزم الميناية Enamel Tufts

يطلق هذا المصطلح على البنى الاتصالية في الثلث الداخلي من الميناء (في المقاطع المنحوتة تأخذ مظهر مشابه لحزم العشب). و من الملاحظ بأنها تأخذ مساراً مشابهاً للمواشير الميائية. توجد هذه البنى على الملتقى الميائي العاجي و تظهر عليه بزاوية قائمة ضمن فواصل 100 ميكرون على طول الملتقى. و من الممكن أن تمتد هذه الحزم إلى مسافة خمس أو عشر المسافة من الملتقى الميائي العاجي حتى السطح الخارجي للسن و كل حزمة تأخذ عرض مجموعة من المواشير الميائية. تعتبر هذه البنى أحد عيوب الميناء المملوءة بالمواد العضوية. تشاهد بشكل واضح في المقاطع العرضية للميناء ونادراً ما تشاهد بالمقطع الطولي .



6. المغازل المينائية Enamel Spindles

تجتاز الاستطالات الهيولية لخلايا مصورات العاج Odontoblasts طبقة العاج (الملتقى المينائي العاجي) وتصل إلى الميناء وتبقى ضمن الثلث القاعدي له دون أن تتجاوزه، و هي تتكون قبل تشكل أنسجة السن الصلبة. يشاهد تشكل الميناء بشكل أنابيب حول هذه النتوءات التي من الممكن أن تحتوي على نتوء حي من مصورات العاج. المغازل المينائية أضيق و أقصر من الحزم (قطرها يصل إلى 8 ميكرون) و من الممكن أن تمتد إلى مسافة 25 ميكرون ضمن الميناء. أكثر ما تشاهد في ميناء ذرى الحدبات نظراً لتزاحم الخلايا مصورات العاج وفي المقاطع الطولية للميناء. و هذه المغازل تسير بشكل مستقل عن منحى المواشير المينائية.



7. الميناء اللاموشورية Aprismatic Enamel

يطلق على القسم الخارجي من الميناء و المقدر بحوالي 20–100 ميكرون في ميناء الأسنان اللبنية حديثة البزوغ و تقريباً 20–70 مكرون من ميناء الأسنان الدائمة

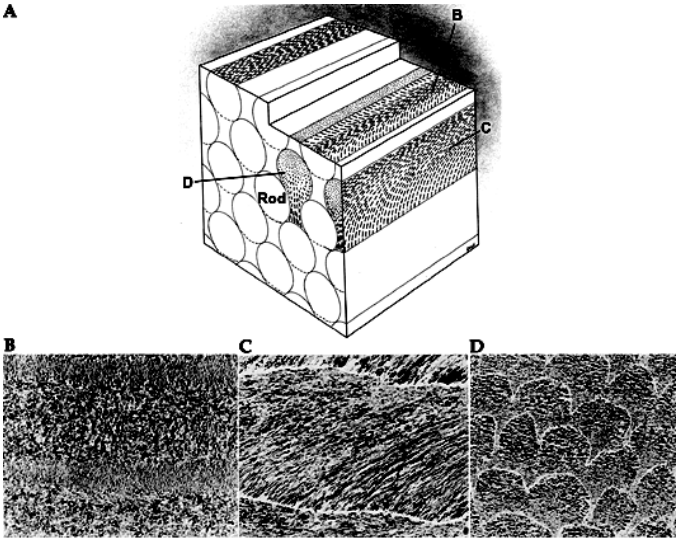
حديثة البزوغ اسم الميناء اللاموشورية. حيث تصطف بللورات الميناء بشكل زوايا مائلة للسطح و تكون متوازية مع بعضها البعض. تكون هذه الطبقة السطحية متمعدنة بشكل أكبر بكثير مقارنة مع بقية الميناء نظراً لغياب حدود المواشير الذي تتوتتضع فيه أغلب مواد القالب العضوي. يتشكل الميناء اللاموشوري نتيجة لغياب استطالات تومز لمصورات الميناء في المراحل الانتهائية من ترسيب الميناء.

3. المواشير المينائية Enamel rods:

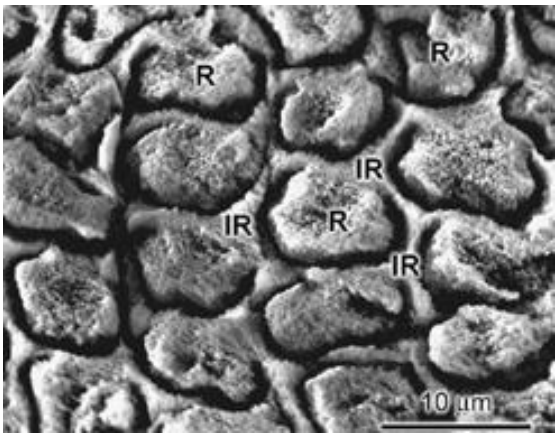
يتألف الميناء السني من مواشير مينائية ذات بنية ثلاثية الأبعاد متداخلة تقاوم القوى الناتجة عن عملية المضغ. التي هي عبارة عن تشكلات متطاولة دقيقة (مؤلفة من رأس وذيل) تمتد على طول سماكة الميناء من الملتقى المينائي العاجي حتى سطح الميناء الخارجي وتقع بصورة عمودية عليه و المؤلفة من عدة ملايين من بللورات هيدروكسي الأباتيت الموزعة ضمن المواشير المينائية التي يصل طولها إلى 2.5 ملم و 5–6 ميكرون في العرض.

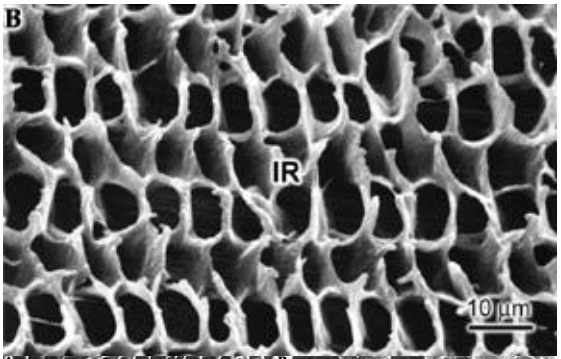
يتراوح عددها حسب الإنسان وينحصر ما بين 5 – 12 مليون، بينما سماكتها تتراوح من 3 – 6 ميكرون، كما يزداد قطرها بنسبة 2/1 اعتبار من الملتقى العاجي المينائي وحتى السطح .

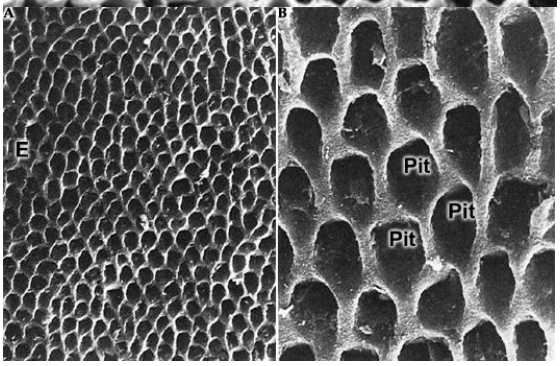
وعلى الرغم من أن المواشير المينائية يطلق عليها اسم موشور إلا أنها ليست موشورية بالتسمية الحرفية. تأخذ المواشير المينائية أحد ثلاثة نماذج: وتدي، دائري و ثقب المفتاح والنموذج الأخير هو السائد عند ميناء البشر. تبنى المواشير بواسطة خلايا مصورات الميناء، حيث تنتقل مجموعات من هذه المصورات بشكل محيطي من الملتقى المينائي العاجي إلى سطح الميناء الخارجي مشكلة هذه المواشير، و قد وجد بأن أربع خلايا مصورة للميناء تساهم في تشكيل موشور مينائي واحد. فخلية مصورة تشكل رأس الموشور، وجزء من مصورتين يشكل الرقبة، أما الذيل فتشكله المصورة الرابعة.



Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.





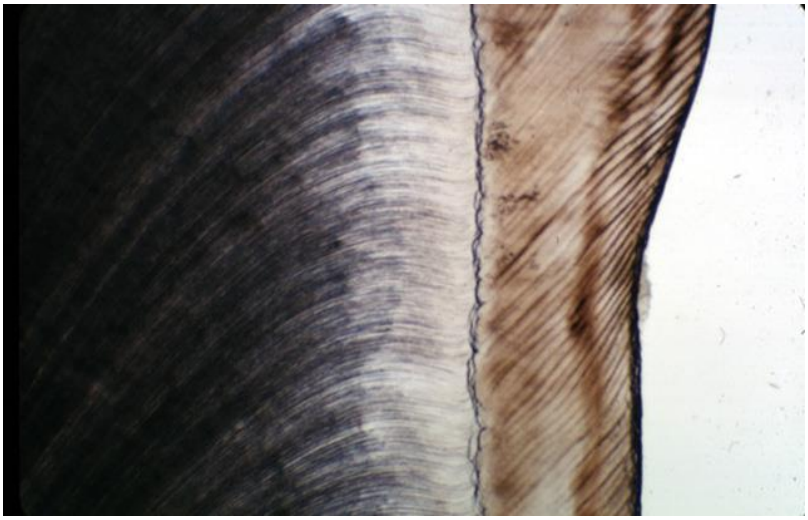


تعكس حدود المواشير تغيراً مفاجئاً في اتجاه البللورات التي تعطي خواص بصرية مختلفة عن تلك الموجودة في جسم الموشور. فالبللورات تتوضع بشكل يوازي المحور الطولي للموشور عند رأس الموشور، أما في الذيل فتبدأ البلورات بالانحراف لتصبح بدرجة 65–70 درجة بالنسبة للمحور الطولي للموشور. و لا يوجد انفصال واضح بين الرأس والذيل نتيجة للتغير المتدرج لمحاور بلورات هيدروكسي الأباتيت. لكن يمكن مشاهدة تغير مفاجئ في اتجاه البللورات بين رأس الموشور و تلك الموجودة في الذيل من موشور آخر ملاصق.

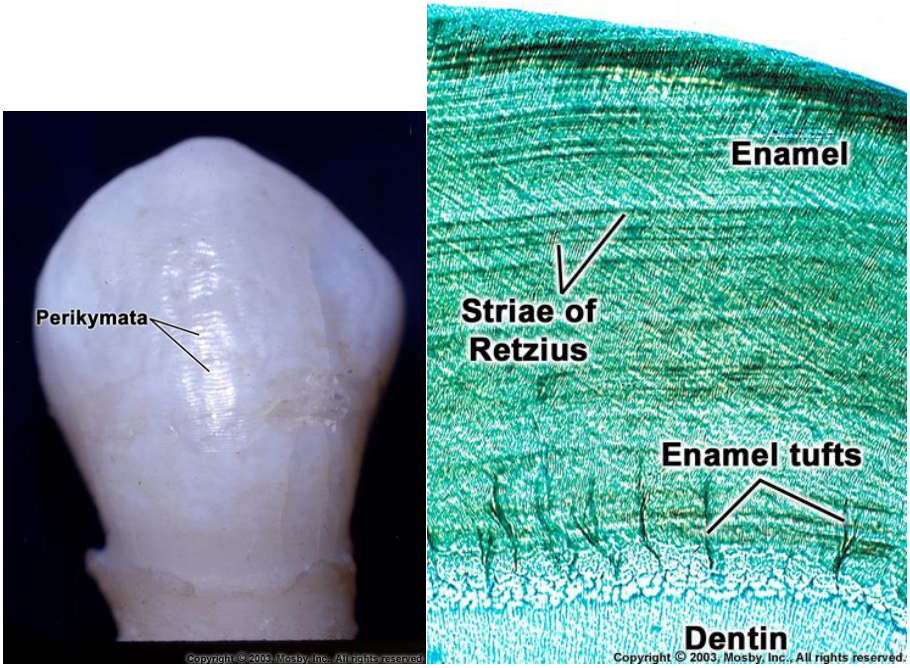
تتداخل مواشير الميناء مع بعضها حتى تعطي الميناء خاصية مقاومة قوى القص والقطع حيثث تشابك المواشير على شكل مجموعات تمنع الانفصال و كسر وتشقق السن. يكون اتجاه المواشير في التاج عمودي على السطح القاطع، مما يسمح له بتوفير دعم إضافي لمنع الكسر.

تتشكل المواشير عمودية تقريباً على الملتقى الميناني العاجي وتنحني قليلاً باتجاه طرف الحدبة. فيشاهد تشابك كل موشور مع الذي يجاوره بشكل الإصبع حيث يكون رأس الموشور المتشابك بعكس عنق المواشير بالنسبة لجهتها اليمنية واليسارية حيث تصبح ملتوية و متشابكة في ذرى الحدبات. كما شوهد انحناء مجموعات من المواشير على اليمين أو اليسار بزاوية مختلفة إلى حد ما عن المجموعات الأخرى. إن خاصية الانحناء هذه تزود الميناء بمتانة أكبر من أجل عملية المضغ.

عندما يعرض الضوء على قطعة ميناء مقطوعة طولياً، يشاهد حزمة من المواشير (10–13 طبقة) التي تتبع اتجاه معين في حين الحزم التي تقع أعلى أو أسفل من هذه الحزمة تكون موجهة في اتجاهات مختلفة. إن التغيرات الزمنية في اتجاه الحزم الموشورية يفسر ظاهرة الشرائط المظلمة والمضيئة أو شرائط هنتر شريغر (Hunter-Schreger bands) التي تشاهد عند توجيه الضوء على قطعة ميناء مسطحة نظراً لأن الضوء ينتقل خلال المحور الطولي لمجموعة واحدة من المواشير و لكن من خلال المواشير المجاورة.



يقدر التوضع الميناني بـ4 ميكرون يومياً و بذلك تتشكل خطوط التطبق التي هي نتيجة للتوضع المستمر المتناغم للميناء أو يطلق عليها خطوط ريتزيوس (striae of Retzius)، كما تشكل خطوط النمو (خطوط ريتزيوس) عند السطح الخارجي للميناء البيريكيماتا perikymata وهي تشبه الخطوط الموجودة على سطح الأظفر ولكنها عرضية



يمكن أن يعتبر سطح الميناء ناعماً أو له حواف حادة وهذه تكون نتيجة لنهايات خطوط رتزيوس الموجودة على سطح الميناء و التي تدعى بالبيريكيماتا

يتراوح عدد المواشير الميتائية بين 5 مليون في الرباعية السفلية و12 مليون في الرحى الأولى العلوية. تتجه المواشير من الملتقى الميتائي العاجي نحو الخارج إلى سطح السن.

إن الطول في معظم مواشير الميناء يزيد عن ثخانة طبقة الميناء ويعود هذا إلى الاتجاه المنحرف للمواشير الميتائية.

ملاحظات:

- تظهر خطوط ريتزيوس على شكل دوائر بالمقطع العرضي، وخطوط طولانية بالمقطع الطولي، وهي ناشئة عن استراحة الخلايا مصورات الميناء عن تشكيل الميناء، وتحوي على نسبة أعلى من المواد العضوية لذلك فهي تعطي اللون العاتم في المقاطع المنحوتة عند فحصها تحت المجهر الضوئي.
- يبدأ تشكل المواشير الميتائية اعتباراً من الملتقى الميتائي العاجي وباتجاه السطح الخارجي للسن.
- لا تمتد المواشير الميتائية بشكل مستقيم وإنما بشكل مائل وذلك ناجم عن المسار الملتف الذي تسلكه مصورات الميناء أثناء إفرازها لمادة الميناء، والهدف من هذا الالتفاف هو زيادة مقاومة ميناء السن لجهود القص والضغط والشد الناجمة عن القوى الماضغة.
- تكون قاعدة الموشور الميتائي متوضعة عند الملتقى الميتائي العاجي، بينما ذروته عند السطح الخارجي للسن وهذا يجعل عدد المواشير الميتايئة على سطح السن أكبر منه عند الملتقى الميتائي العاجي وذلك عندما تكون المسافة التي أجرينا عليه العد واحدة.
- خط الولادة: عند لحظة ولادة الجنين نلاحظ وكأن الخلايا المصورة للميناء تدخل في مرحلة سكون لتكون خطاً واضحاً جداً حيث تكون كمية المواد العضوية التي يحتويها عالية جداً مما يعطيه لوناً عاتماً واضحاً يميزه عن بقية خطوط ريتيزيوس.
- في مقطع منحوت لسن في طور البزوغ نرى بأن البشرة الميتائية أو مصورات الميناء ستشكل ما يسمى بالبشرة الميتائية السنية الظاهرة التي تظهر على السطح

الخارجي بعد بزوغ السن، وتشكل قشرة صغيرة تزول عندما يبدأ الطفل بتناول الطعام.

- زاد عدد الصفائح المينائية في السن زادت حساسيته للتغيرات الحرارية في البيئة الفموية (فالحساسية ليس لها علاقة بالنخر)، لكن نستطيع باستخدام المعاجين المضادة للحساسية أن نعالج هذه المشكلة، حيث تقوم هذه المعاجين – على اعتبار أنها تحوي في تركيبها على نسبة عالية من الفلور– بسد القنيات العاجية.
- ليست الصفائح المينائية هي المسؤولة عن الحساسية بشكل أساسي وإنما يعود سبب الحساسية الحقيقي إلى انكشاف القنيات العاجية.

4. أهمية المواشير المينائية في طب الأسنان:

يتم تخريش البنية النسيجية للميناء بحمض الفوسفور أو حمض الستيريك مما يؤدي إلى تشكل غؤورات مجهرية تعتبر ذات أهمية في تثبيت:

- المواد السنية الترميمية (الكمبوزيت).
- العنصر التقويمي (الحاصرة) من خلال مادة ربط وسيطة تربط الحاصرة بالميناء المخرشة.

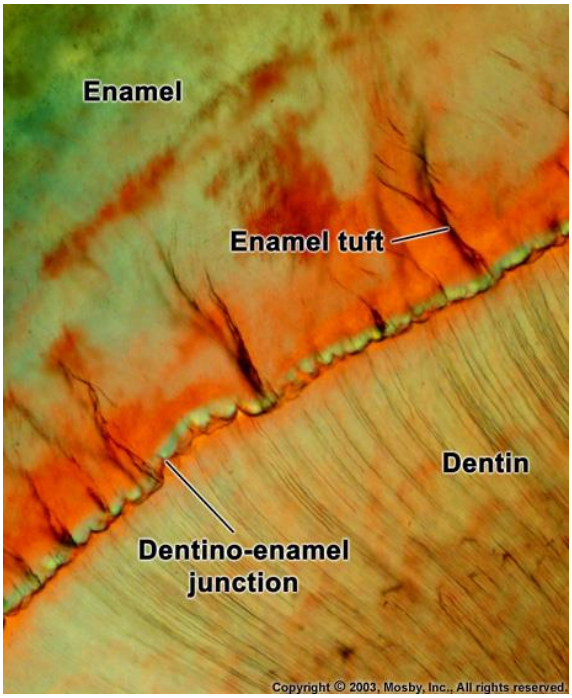
وبوجود مواد بإمكانها التغلغل ضمن هذه الغؤورات فإن بالإمكان الاستفادة من التثبيت الميكانيكي– الكيميائي حيث تتحد المادة المرممة كيميائياً مع بنية السن.

تخرش الحموض نهايات المواشير المينائية و قد وجد بأن غمد الموشور يقاوم عملية إزالة المعادن أكثر من لب الموشور.

5. الملتقى المينائي العاجي Dentioenamel Junction:

يكون السطح المينائي العاجي عند الملتقي المينائي العاجي متعرجاً بحيث تتناسب الانخفاضات الضحلة في العاج مع النتوءات المينائية و خاصة في مناطق تحمل القوى الماضغة و يكون أقرب إلى الأملس عند السطوح الجانبية. البللورات العاجية هي أصغر بكثير من تلك في الميناء و لذلك فإن الانتقال بين هاتين المنطقتين يشاهد بشكل واضح عموماً في منطقة الاتصال المينائي العاجي. لكن توجد مناطق تحتوي على بللورات ذات

حجم متوسط و ذات انحراف متدرج أكثر. يمكن مشاهدة العديد من الظواهر التي تمتد من سطح العاج إلى الميناء و هذه تتضمن المغازل الميائية و الحزم و الصفائح.



6. تغير الميناء مع التقدم بالعمر Age Changes in Enamel

يحدث إهتراء بطيء للميناء مع التقدم بالعمر ويعتمد بشكل كبير على نظام الغذاء وعادات المضغ. و من الملاحظ بأن لون الميناء يزداد دكونة والتي قد تكون نتيجة لنقص في شفافية الميناء لنقص ثخانته و زيادة تراكم العاج الثانوي أو قد تكون نتيجة تراكم الأصبغة و الترسبات على سطحه. يتغير تركيب سطح الميناء نتيجة الإضافات و التبادلات مع السوائل الفموية. يمكن أن يرتبط الفلور بشكل جيد مع سطح الميناء و هذا يخفف من نفوذية الميناء و قابليتها لحدوث النخر السني.

تمت بعونه تعالى