مكونات و بنية السن الطبيعي

TOOTH STRUCTURE

Prof. Dr. MSc. Aziz Abdullah

Enamel

Chemical properties of enamel:

When the human enamel is normally and completely formed, it is a highly mineralized, very hard, and radiopaque tissue. The enamel is made up of inorganic and organic components and water.

- The inorganic components consist of minerals, mainly a calcium phosphate, specifi cally a hydroxyapatite (93–96 % in weight and 85 % in volume), with the crystal hexagonal shape containing P and Mg ions and carbonate compounds. Other minerals are Na, Cl, K, and F; Zn, Fe, Sr, Ra, and Cu are found in trace amounts.
- The apatite crystals, in various forms, are sticking to each other with a very limited organic matrix.
- The water (3–5 % in weight and 12 % in volume) is linked to the organic matrix and also placed around the apatite crystals, thus facilitating ion exchange and molecular transport.

Physical Properties of Enamel:

Hardness:

Enamel is the hardest tissue in the human body.

The enamel is nonelastic tissue with almost double values than the dentin. It is intimately locked onto the surface of the dentin and cannot function without this support.

Solubility:

The ion exchange between the fl uids and the oral surface of the enamel takes place in a nonuniform manner due to the different density and different orientation of the crystals and also because of the different amount and quality of the various ions.

The superfi cial external layer is more resistant to acids than those with organic content richer in carbonates which are more permeable.

الميناء:

الخصائص الكيميائية للميناء:

يكون الميناء في الأسنان الطبيعية مكتملة التشكل؛ شديد التمعدن، قاسٍ جداً، وظليلاً على الأشعة، و يتألف الميناء من مركبات عضوية وغير عضوية وماء.

- تتألف المكونات غير العضوية من المعادن؛ لاسيما فوسفات الكالسيوم، وخاصة الهيدروكسي (أباتيت 96–93% وزناً و 85% حجماً) بشكل بلورة سداسية الشكل تحتوي على المغنزيوم والفوسفات ومركبات الكربون، وتتضمن المعادن الأخرى: الصوديوم، الكلور، البوتاسيوم، والفلور، الزنك، الحديد بشكل ضئيل.
- تلتصق بلورات الأباتيت، بأشكال متعددة، بجانب بعضها البعض بقالب عضوي محدود جداً.
- يشكل الماء نسبة (5–3% من الوزن، و 12% من الحجم) ويرتبط بالقالب العضوي ويحيط ببلورات الأباتيت وبالتالي فإنه يسهل تبادل الشوارد والنقل الجزيئي.

الخصائص الفيزيائية للميناء

الصلابة:

الميناء أقسى نسيج في جسم الإنسان، وهو نسيج غير مرن بقيم مضاعفة قريباً لما هي عليه في العاج، ويتوضع على سطح العاج ولا يمكن أن يعمل من دون دعمه.

الانحلالية:

يحدث تبادل الشوارد بين السوائل والسطوح الفموية للميناء بأسلوب غير موحد نتيجة لاختلاف كثافة واتجاه البلورات بالإضافة إلى الاختلاف في كمية ونوعية الشوارد المختلفة.

تكون الطبقة الخارجية أكثر مقاومة للحموض بالمقارنة مع المحتوى العضوي الأغنى بالمركبات الكربونية التي تكون أكثر نفوذية.

In nature, the apatite is very unstable and easily yields ions from the periphery of its crystals to the environment and absorbs others. The activity of ionic motion and consequent dissolution and destruction of apatite crystals are one of the aspects of the formation of the carious lesion. The absorption of fl uoride ions can substitute the OH radicals, forming the fl uoride–apatite, a more stable and resistant to acid attack crystal, and this is why the applications of fl uorides can help in a more stable mineralization of the enamel and dental caries prevention

تكون الهيدروكسي أباتيت غير مستقرة في الطبيعة وتحرر الشوارد الموجودة في محيط بلوراتها بسهولة وتمتص شوارد أخرى، ويعتبر نشاط الحركة الشاردية والانحلال والتهدم التالي لبلورات الهيدروكسي أباتيت واحداً من جوانب تشكل الآفة النخرية، فامتصاص شوارد الفلور يمكن أن يؤدي إلى استبدال جذور OH مشكلاً أباتيت الفلور التي تعتبر أكثر استقراراً ومقاومة للحمض، ولذلك يساعد الفلور على جعل عملية تمعدن الميناء ومقاومة النخر أكثر استقراراً.

Permeability:

The permeability of the enamel is very low. Water is present, in the spaces between the crystals, where also molecules of organic dyes or radioactive tracers can penetrate.

النفوذية:

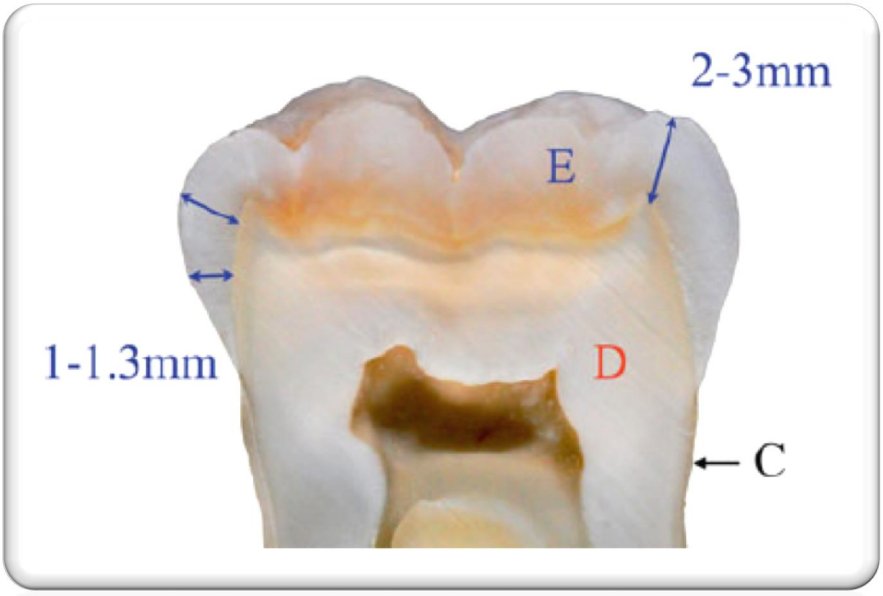
نفوذية الميناء منخفضة جداً، ويوجد الماء في الفراغات بين البلورات، وهذا المكان قد تخترقه جذور الأصبغة العضوية أو الواسمات الشعاعية

Color:

The enamel is translucent and its color depends on its thickness and on the color of the underlying dentin. The enamel of human permanent teeth may be up to 2–3 mm in thickness over the tips of cusps and about 1–1.3 mm thick over the lateral surfaces. It is 1 mm or less in the deciduous teeth.

اللون:

تكون الميناء شفافة تعتمد في لونها على ثخانة ولون العاج الموجود تحتها، وتصل ثخانتها في الأسنان الدائمة إلى 2-3 مم فوق الذرى والحدبات، و حوالي 1-1.3 مم فوق السطوح الجانبية، و 1–0,1 مم في منطقة الأعناق و 0,75–0,5 في الميازيب و الوهاد، في حين تكون ثخانتها في الأسنان المؤقتة 1 مم أو أقل.



In young people the enamel is whiter and more yellowish in the elderly. In absence of the underlying dentin, as the incisal margin of anterior teeth, the color is more bluish.

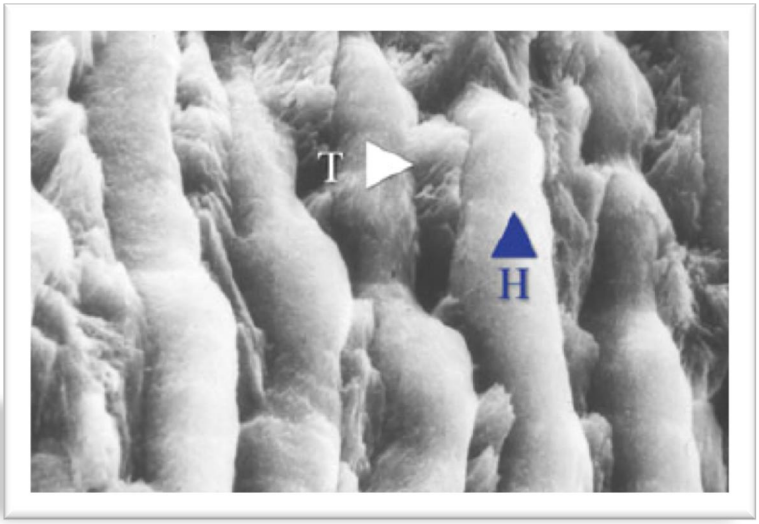
تكون الميناء عند اليافعين أكثر بياضاً، وتصبح أكثر اصفراراً مع التقدم بالعمر، وفي حال غياب العاج ستظهر الحافة القاطعة للأسنان الأمامية بلون مزرق.

Ultrastructure of the Enamel:

The ultrastructure of the enamel is formed of conglomerate of many units of enamel prisms (from 4 to 13 million depending on the volume of the tooth). A prism has a cylindrical shape and it is in intimate contact one to another; they are arranged in overlapping wavy rows starting from the enamel–cement junction up to the cusps.

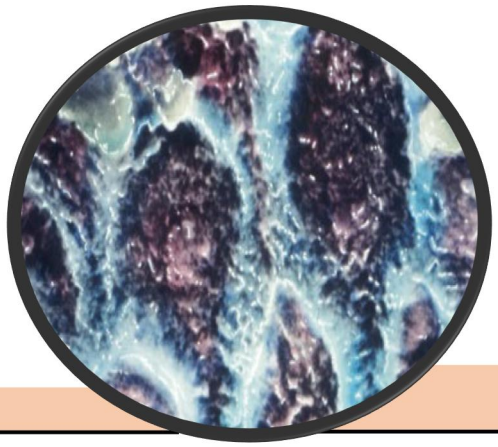
التركيب الدقيق للميناء:

تنتج البنية الدقيقة للميناء عن تجمع وحدات متعددة من المواشير (4-13 مليون اعتماداً على حجم السن)، ويتمتع كل الموشور بشكل أسطواني ويكون على تماس صميمي مع الموشور الآخر، وتصطف جميع المواشير بصفوف متموجة متداخلة تبدأ من الملتقى الميناني الملاطي وتصل إلى الحدبات.



In cross section the prism has a typical key-hole aspect, the so-called head and tail; the disposition of the head of the prism between the two tails of the neighbor prisms leaves a very small empty space that is fi lled by organic substances. Each prism is covered by crystals and interprismatic substance with longitudinal arrangement called the *sheath* of the prism.

يظهر الموشور في المقطع العرضي مظهر ثقب المفتاح النموذجي، ويدعى الرأس والذيل، علماً أن توضع الموشور بين ذيلين من موشورين متجاورين يترك فراغاً مملوءاً بالمواد العضوية، ويكون كل موشور مغطى ببلورات ومادة بين موشورية تدعى غمد الموشور.

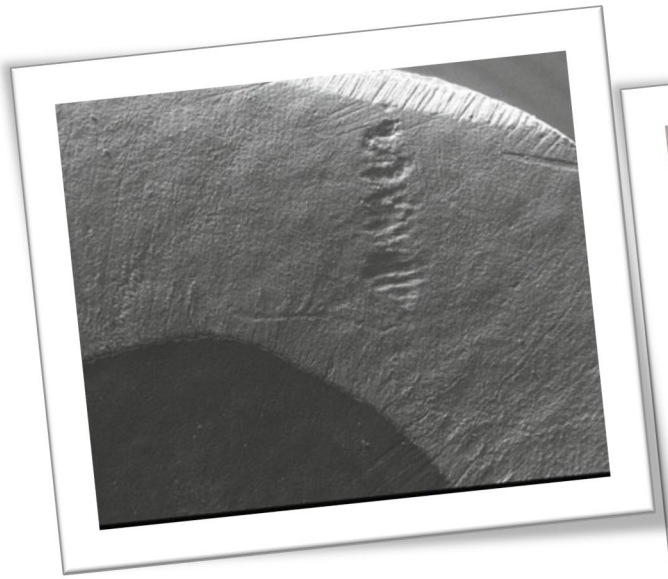


The enamel–dentin junction:

The enamel–dentin junction is the border area between the enamel and the dentin. At microscopic observation it shows a wavy line with a more or less pronounced concavity facing the enamel. This arrangement favors the most intimate union of the dentin and the enamel. In correspondence of the cusps, the junction is crossed by numerous terminal branches of the dental tubules.

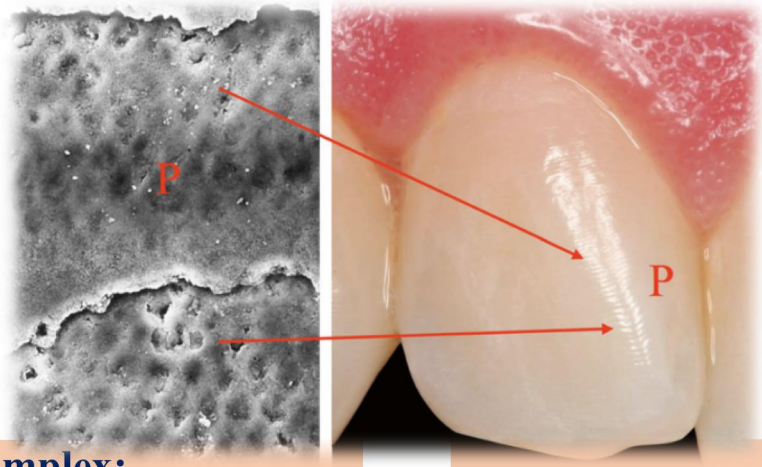
الملتقى الميناني العاجي:

عبارة عن منطقة الحد بين الميناء والعاج، ويظهر مجهرياً على شكل خط متموج يكون أكثر أو أقل تقعراً على الوجه المقابل للميناء، وهذا الارتصاف يؤمن أكبر تماس صميمي بين الميناء والعاج. وبالانسجام مع الحدبات؛ يتصالب هذا الملتقى مع العديد من الفروع الانتهائية للقنيات السنية.



Enamel modification are observable on the surface of the enamel; the so-called perichimita or incremental lines are layers of prisms spaced every 20–80 µm overlapping from the enamel–cement junction to the internal layers of the enamel that are formed by the eruption onwards.

يمكن أن تشاهد التغيرات الميائية على سطح الميناء؛ وتدعى **Perichimita أو الخطوط الإضافية incremental lines** وهي عبارة عن مواشير تتباعد كل 20–80 µm متداخلة مع الطبقات الداخلية للملتقى الميائي الملاطي والتي تتشكل بوساطة اتجاه البزوغ.



Pulp–Dentin Complex:

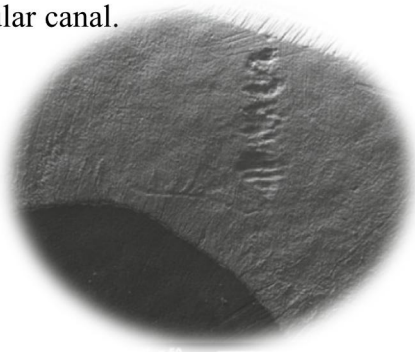
Pulp–dentin complex is a specialized connective tissue of the tooth. Both the pulp and dentin originate from the mesodermal tissue derived from the dental papilla. The dentin is a highly mineralized and avascular tissue; on the opposite, dental pulp is a highly vascularized tissue, with rich innervation.

The dentin forms the largest part of the tooth, being the bearing structure of almost the entire length of the tooth. The dentin surrounds the pulp tissue, from the pulp chamber up to the radicular canal.

المعقد اللبي العاجي:

عبارة عن نسيج ضام متخصص في السن، إذ ينشأ كل من اللب والعاج من نسيج الأديم المتوسط mesodermal tissue المشتق من الحليمة السنية، ويكون العاج عالي التمعدن وغير موعى على العكس من اللب السني الذي يكون موعىً بشدة، وغني بالتعصب.

يشكل العاج الجزء الأكبر من السن على اعتبار أنه يحمل بنية كامل طول السن تقريباً، ويحيط العاج بالنسيج اللبي بدءاً من الحجرة اللبية وحتى القناة الجذرية، ويكون مغطى خارجياً بالميناء في منطقة التاج وبالملاط في منطقة الجذر.



تبدأ المراحل الأولية من تشكل العاج في المنطقة الخارجية من العاج وتستمر باتجاه المركز، حيث تتحرك مصورات العاج بفعالية إلى داخل السن تاركة وراءها امتدادات سيتوبلازمية تعرف **باستطالات الخلايا المصورة للعاج Odontoblasts process** تكون موجودة ضمن القالب العضوي المفرز للعاج الأولي.

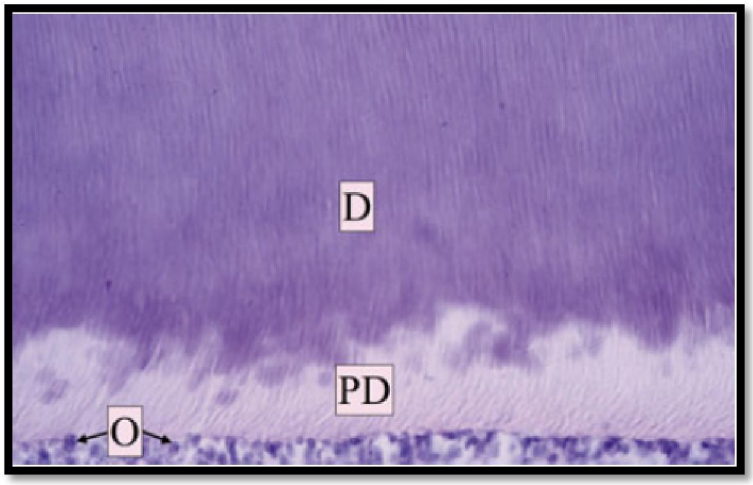
يتألف العاج بمعظمه من شبكة غير نظامية من ليفات الكولاجين تتشابك بشكل صميمي مع بلورات الهيدروكسي أباتيت، ويتمعدن العاج تدريجياً نتيجة لتوضع بلورات الهيدروكسي أباتيت مشكلة القنيات العاجية التي تشكل الهندسة الأساسية للسن.

تتوضع كل استطالة من استطالات الخلايا المصورة للعاج ضمن قنية عاجية في حين يكون جسمها الخلوي في الطبقة الخارجية للب وليس ضمن النسيج المفرز ولهذا يكون كل من نسيجي اللب والعاج مرتبطان ببعضهما بشدة ويدعيان **المعقد اللبي العاجي Pulp-dentin complex.**

The initial stages of odontogenesis begin in the external area of the dentin and continue with a centripetal direction; effectively, the odontoblasts move towards the inside of the tooth, leaving during their path their cytoplasmatic extension, called the odontoblast process, included within the secreted organic matrix of the primary dentin.

The dentin consists mostly of an irregular weave of collagen fi brils intimately interwoven with hydroxyapatite crystals. The dentin progressively mineralized due to the deposition of hydroxyapatite crystals to form the dentin tubules that represent the basic architecture of the dentin.

Each odontoblastic process is located in one dentinal tubule and its cellular body do not remain included in the produced tissue, but in the outer layer of the pulp, and this is why these two tissues are closely related to one another and are so named pulp–dentin complex



تكون الطبقة الداخلية من العاج غير متمعدنة وتسمى **طليعة العاج.**

The inner layer of the dentin, the predentin, is not mineralized.

العاج:

Dentin:

الخصائص الكيميائية للعاج:

Chemical Properties of Dentin:

- يتألف من 70% مواد غير عضوية، و 18% قالب عضوي، و 12% ماء (وزناً).
- تتألف **المادة غير العضوية** بمعظمها من بلورات الهيدروكسي أباتيت والتي يتراوح حجمها بين 60-50 نانومتر طولاً و 20- 30 نانومتر عرضاً، الكربونات والقليل من العناصر الأخرى: (الحديد، الصوديوم، المغنيزيوم، ....).

- The dentin is composed of 70 % inorganic material, 18 % organic matrix, and 12 % water in weight.
- The inorganic material consists mostly of hydroxyapatite crystals, whose size is 50–60 nm in length and 20–30 nm in width; carbonate and traces of other elements (F, Na, Mg, C, Ba, Al, Z, K, Fe) are also present.

The fluoride concentration in the inorganic phases seems to be influenced by the content of fluorine ions in the diet and by the amount of time of tooth exposure to the same fluorides.

- The organic matrix consists essentially of type I collagen and non-collagen proteins that also work as regulator of the mineralization of dentin (proteoglycans, phosphoproteins, glycoproteins, gamma-carboxyglutamic acid, etc.); there is lack of type III collagen fibers.

The type I collagen represents 80–90 % of the organic matrix. Proteoglycans (protein–glycosaminoglycan complexes) act as regulators of the fi brillogenesis during the dentinogenesis and, therefore, for the organization of the predentin matrix, with a specifi c role for the inhibition of the formation of the mineral phase.

Phosphoproteins (PP-H) play a role in the front of mineralization of the dentin, facilitating the formation of hydroxyapatite crystals for their ability to bind Ca and P; the gammacarboxyglutamic acid has the same role to bind proteins (Gla protein).

Other organic components are lipids (cholesterol and phospholipids), citric acid, and lactates.

Physical Properties of Dentin:

- The dentin is less mineralized and more elastic than enamel, but it is stiffer and more mineralized than the cement and the bone.
- Dentin has a pale yellow color, thus affecting the color of the crown.
- It is very permeable for the presence of the tubular system that crosses it for the whole thickness, from the pulp to the enamel-dentin and dentin–cement junction. The presence of dentin tubules also affects conductivity and thermal diffusivity of the dentin; however, because of its compact shape, the presence of dentin tubules does not allow the passage of liquids and microorganisms.
- The tubular structure and organic collagen matrix ز

يبدو أن تركيز الفلور في الأطوار غير العضوية يتأثر بمحتوى شوارد الفلور في الغذاء وبكمية تعرض السن إلى نفس العوامل المفلورة.

- يتألف **القالب العضوي** بشكل أساسي من البروتينات الكولاجينية I وغير الكولاجينية التي تعمل كمنظم لعملية تمعدن العاج (بروتيوغليكان، فوسفوبروتين، غلايكوبروتين، وحمض gamma-carboxyglutamic)، ومع كمية قليلة من الكولاجين نمط III.

يشكل الكولاجين I 80–90% من القالب العضوي، وتعمل البروتيوغليكانات Proteoglycans (protein– glycosaminoglycan complexes) كعوامل منظمة لتوالد الليفات خلال عملية تكون العاج وبالتالي تنظيم قالب طليعة العاج، إضافة إلى أنها تلعب دور خاص في كبح تشكل الطور المعدني.

تلعب الفوسفوبروتينات Phosphoproteins (PP–H) دوراً في مقدمة تمعدن العاج حيث تسهل تشكل بلورات الهيروكسي أباتيت نتيجة لقدرتها على الارتباط مع Ca و P، كذلك يتمتع حمض gammacarboxyglutamic بنفس الدور للارتباط مع البروتينات (Gla protein).

تتضمن **المكونات العضوية الأخرى**: الشحوم Lipids (الكوليسترول والفوسفوليبيدات)، حمض الستريك، و Lactates.

الخصائص الفيزيائية للعاج:

- يكون العاج أقل تمعدناً وأكثر مرونة من الميناء، إلا أنه أقسى وأكثر تمعدناً من الملاط والعظم.
- يكون لون العاج أصفراً باهتاً مما يؤثر على لون التاج.
- العاج شديد النفوذية نتيجة لوجود النظام القنيوي الذي يعبر كامل ثخانته، من اللب وحتى الملتقيين الميناني العاجي والعاجي الملاطي، كذلك يؤثر وجود القنيات العاجية على الناقلية والانتشار الحراري للعاج، ولكن نتيجة لشكله المكتنز أو المضغوط Compact shape فإن وجود القنيات العاجية لايسمح بعبور السوائل والعضويات الدقيقة.
- تعطي البنية القنيوية والقالب العضوي الكولاجيني العاج درجة عالية من المرونة.

Ultrastucture of the Dentin:

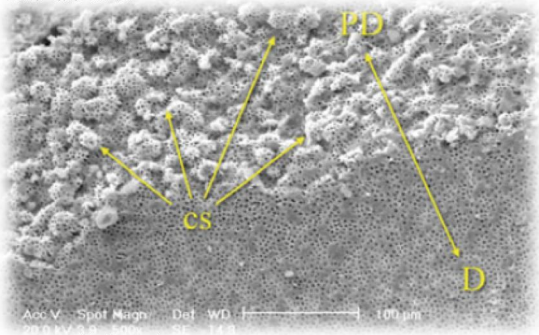
The dentin can be divided, from the border with the pulp to the junction with the enamel, into three regions, each one with specific characteristics: the predentin, the circumpulpal dentin, and the mantle dentin.

Predentin:

The predentin is a non-mineralized layer (15– 40 µm thick) of the dentin, placed just above the pulp and below the circumpulpal dentin. The predentin is continuously formed and persists throughout the life of the tooth; its formation is followed by the simultaneous mineralization of the dentin at the same speed with which it is formed, so that the thickness of the predentin remains constant.

The type I collagen fi brils are arranged parallel to the boundary line between the pulp and dentin, to form an overlapping network intertwined in a messy way.

During the early stages of dentin mineralization, at the border with circumpulpal dentin, crystals of hydroxyapatite are deposited inside and around the collagen fibers of the predentin, in the form of spherical clusters growing in centrifugal direction. These structures are called calcospherites and represent the mineralization front of the dentin



Circumpulpal Dentin:

It is the main and more calcifi ed mass of dentin, located between the predentin and the mantle dentin. The type I collagen fi brils are arranged perpendicularly to the dentinal tubules; they increase in number and diameter towards the junction with the enamel, becoming more compact.

Some thin areas of circumpulpal dentin present hypomineralized and not mineralized matrix; these areas are formed as the result of the lacking coalescence of the calcospherites and appear as irregular or roughly spherical and apparently empty spaces, called interglobular dentin.

التركيب الدقيق للعاج:

يمكن تقسيم العاج بدءاً من حدوده مع اللب وحتى التقائه مع الميناء إلى **ثلاث مناطق** لكل منها خصائصه المميزة، وهي: طليعة العاج، العاج المحيط باللب، العاج المغطي.

طليعة العاج:

عبارة عن طبقة غير متمعدنة بثخانة 15–40 µm من العاج، تتوضع فوق اللب وتحت العاج المحيط باللب، وهذه الطبقة تتشكل باستمرار وتستمر طوال حياة السن، ويتبع تشكلها تمعدن تلقائي للعاج بنفس سرعة تشكلها وبالتالي تبقى سماكتها ثابتة.

تصطف ليفات الكولاجين I بشكل موازٍ للخط الفاصل بين العاج واللب، لتشكل شبكة متداخلة متشابكة بأسلوب غير منتظم.

خلال المراحل المبكرة من تمعدن العاج؛ تتجمع بلورات الهيدروكسي أباتيت وتتوضع داخل ليفات كولاجين طليعة العاج وحولها على شكل عناقيد كروية باتجاه نابذ، وتسمى هذه البنى **بالكريات الكلسية calcospherite** وتمثل التمعدن المتقدم للعاج.

العاج المحيط باللب:

يمثل الكتلة الأساسية والأكثر تكلساً من العاج، ويتوضع بين طليعة العاج والعاج المغطي. تصطف ليفات الكولاجين I بشكل عمودي على القنيات العاجية، ويتزايد عددها وقطرها كلما اتجهنا نحو الملتقى مع الميناء، وتصبح أكثر انضغاطاً. تمثل بعض المناطق الرقيقة من العاج المحيط باللب قالباً غير متمعدن أو ناقص التمعدن، وتتشكل نتيجة لنقص التحام الكريات الكلسية وتظهر على شكل كريات خشنة أو غير نظامية تبدو على شكل مسافات فارغة تسمى **بالعاج بين الكريوي interglobular dentin.**

Mantle Dentin:

العاج المغطي:

It is the thin peripheral layer of dentin (thickness of about 15–20 μm) placed just below the enamel-dentin junction and above the circumpulpal dentin. It is the fi rst dentin to be formed and differs from the circumpulpal dentin for a different arrangement and a greater diameter of the collagen fi brils (0.1–0.2 μm).

يمثل الطبقة المحيطية الثخينة من العاج (تتراوح ثخانتها بين 15–20 ميرومتر)، وتتوضع تحت الملتقى الميناني الملاطي وفوق العاج المحيط باللب، وتمثل أول طبقة عاج تتشكل وتنتشر من العاج المحيط باللب بارتصافات مختلفة وأقطار أكبر لليفات الكولاجينية (0.1–0.2 μm).

The collagen fi brils are perpendicularly aligned to the enameldentin junction and are covered by glycosaminoglycans. Aperiodic fibrils (type III collagen) are present among the collagen fibrils. The mantle dentin is less mineralized of the circumpulpal dentin.

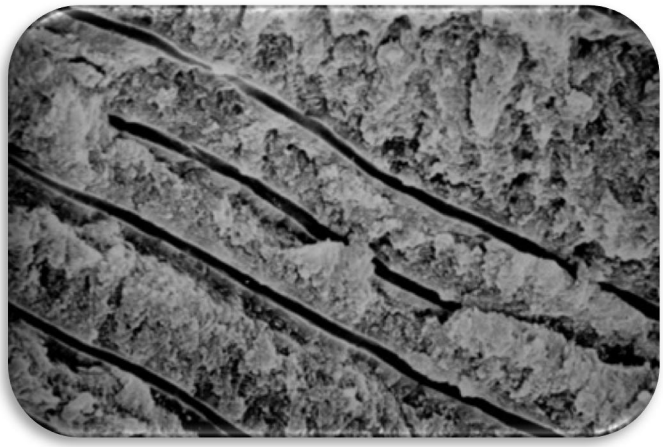
تكون الليفات الكولاجينية مرتصفة بشكل عمودي على الملتقى الميناني العاجي ومغطاة بالغليكوزأمينوغليكانات، وتوجد الليفات اللادورية (غير منتظمة الحدوث) (الكولاجين نمط III) بين الليفات الكولاجينية، ويكون العاج المغطي أقل تمعدناً من العاج المحيط باللب.

Dentinal Tubules:

القنيات العاجية:

Dentinal tubules present different size and distribution in different areas of the tooth. Their diameter is about 2–3 μm in proximity of the pulp, and it is reduced to 0.5–0.9 μm in proximity to the junction with the enamel.

تتواجد بأحجام وانتشار ومناطق مختلفة ضمن السن، ويكون قطرها حوالي 2–3 ميكرومتر قرب اللب، ويتناقص إلى 0.5–0.9 ميكرمتر قرب الملتقى مع الميناء.

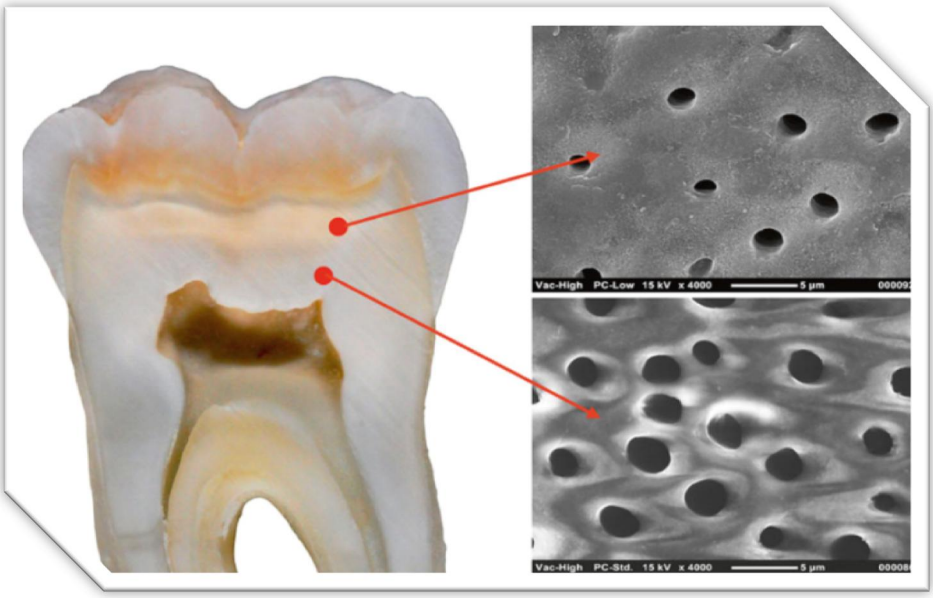


their number varies from about 45,000 per mm^2 in the proximity of the pulp to 29,000–35,000 per mm^2 in the intermediate part, up to about 20,000 per mm^2 close to the enamel.

يختلف عددها من حوالي 45000 قنية/$مم^2$ قرب اللب إلى 29-35 ألف قنية/$مم^2$ في الجزء المتوسط، وحتى 20 ألف قنية/$مم^2$ قرب الميناء.

The reduction in diameter is due to an increase of the peritubular dentin, while the decrease in the number of tubules is only apparent, because of a gradual increase of the surface area of the tooth towards the enamel–dentin junction. In fact, also considering the decrease in tubular diameter, the distance between two adjacent tubules is 15 μm in the outer periphery of the dentin and only 6 μm in proximity of the pulp.

يكون التراجع في القطر ناتجاً عن زيادة العاج حول القنيوي Peritubular dentin، في حين يظهر التناقص التدريجي في العدد فقط نتيجة لزيادة مساحة سطح السن باتجاه الملتقى الميناني الملاطي، وعند الأخذ بعين الاعتبار تناقص قطر القنيات العاجية ستكون المسافة بين القنيات المتجاورة 15 ميرومتر في الطبقة المحيطية للعاج و6 مم قرب اللب.



يؤثر عدد القنيات العاجية وقطرها على استجابة اللب والخصائص العديدة للعاج مثل: الحساسية والنفوذية، إذ تتناسب النفوذية العاجية طرداً مع ناتج عدد القنيات إلى قطرها وتتزايد تصاعدياً باتجاه اللب على اعتبار أن عدد القنيات العاجية وقطرها يتزايد تدريجياً باتجاه اللب.

يكون مسار القنيات العاجية منحنياً على شكل حرف S، بحيث يواجه أول تحدب خارجي الاتجاه الإطباقي ولكنه يكون عمودياً بشكل أساسي على السطح الخارجي للسن، في حين تغيب تقريباً الانحناءات في الثلث الذروي للجذر وفوق القرون اللبية وتحت الحدبات الموافقة.

محتوى القنيات العاجية: استطالة الخلية المصورة للعاج:

يوجد امتداد سيتوبلازمي يعبر كل قنية عاجية؛ يسمى **استطالة الخلية المصورة للعاج Odontoblast process**.

تحتوي استطالة الخلية المصورة للعاج، على خلاف جسم الخلية، على القليل من العضيات و cytoskeleton متطور على نحو ملائم يتميز بوجود قنيات مجهرية (بقطر 27 نانومتر)، وخيوط أكتينية مجهرية actin microfilaments (بقطر 5-8 نانومتر).

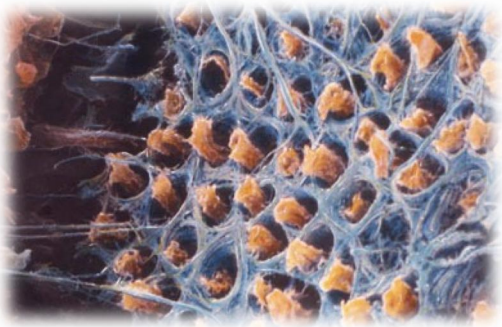
The number and the diameter of the tubules affect the reaction of the pulp and many properties of dentin, such as the sensitivity and permeability. Dentin permeability is proportional to the product of the number of tubules for their diameter and increases towards the pulp exponentially, since the dentinal tubules progressively increase precisely in number and diameter towards the pulp.

The tubules have a curvilinear S-like path, with the first external convexity facing in the occlusal direction but substantially perpendicular to the outer surface of the tooth. In correspondence of the apical one-third of the root and above the horns pulp and below the respective cusps, the curvatures are almost absent.

Contents of the Dentinal Tubules: Odontoblast Process:

Each tubule is crossed by the cytoplasmic extension of the odontoblast, the odontoblast process.

In contrast to the cell body, the odontoblast process contains few organelles and a fairly developed cytoskeleton, characterized by microtubules (27 nm in diameter) and actin microfilaments (5–8 nm in diameter).



المسافة حول الخلية المصورة للعاج:

وهي المسافة بين جدار القنية العاجية واستطالة الخلية المصورة للعاج، وتكون هذه المسافة صغيرة جداً بالقرب من اللب لأن استطالة الخلايا المصورة للعاج تحتل كامل القنية العاجية وتتزايد ثخانتها كلما ابتعدنا عن طليعة العاج.

تحتوي هذه المسافة على السائل القنيوي الذي يعتبر رشحة أو مصفاة لشعيرات اللب، ويعتبر وجود هذا السائل الأساس الذي تبنى عليه النظرية الهيدروديناميكية للحساسية العاجية.

Periodontoblastic Space:

The periodontoblastic space is a space included between the wall of the dentinal tubule and the odontoblastic process. The space is very small in the vicinity of the pulp because the odontoblastic process occupies the whole dentinal tubule and its thickness increases moving away from predentin.

This space contains the dentinal fluid that may be considered a transudate or filtrate of the capillaries of the pulp. The presence of dentinal fluid is the base of the hydrodynamic theory of the dentinal hypersensitivity.

الغمد ناقص التمعن (الصفيحة المحددة):

يكون جدار القنية العاجية مغطى بغمد ناقص التمعدن بدءاً من حدوده مع طليعة العاج وصولاً إلى الملتقى مع الميناء (ويشار إليه أحياناً بالصفيحة المحددة، أو الطبقة الداخلية ناقصة التمعدن).

يتمتع هذا الغمد بمحتوى عالٍ من الغليكوزأمينوغليكانات، ويكون مقاوماً على نحو كبير لعملية إزالة التمعدن من السن ومعالجة العاج بالكولاجيناز ولكن غير مقاوم للهيالورونيداز.

يظهر الغمد تحت المجهر الماسح الإلكتروني على أنه غطاء مستمر أو على شكل ليفات رقيقة.

Hypomineralized Sheath (Lamina Limitans):

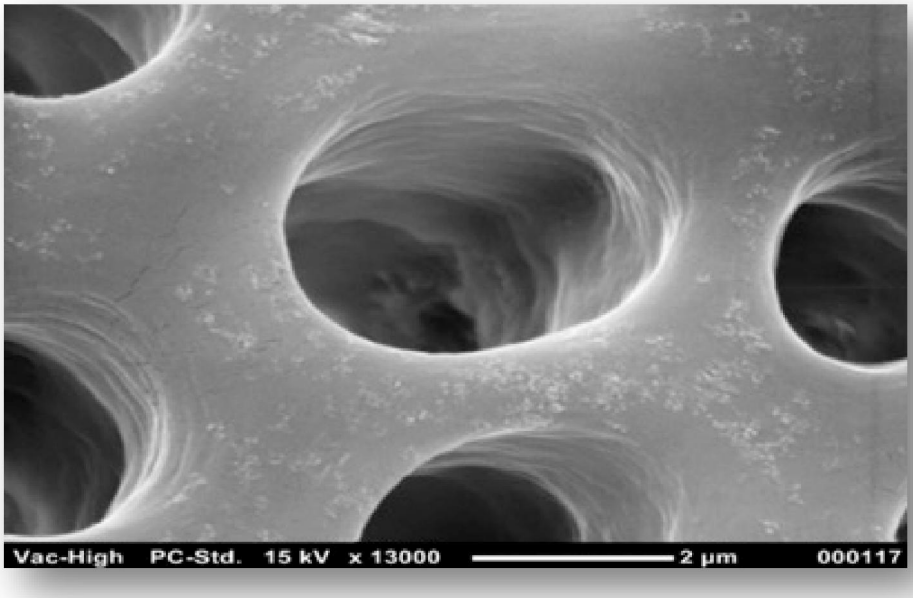
The wall of the dentinal tubules is covered, from the border with predentin up to the junction with the enamel, by the hypomineralized sheath (often referred to as the lamina limitans or hypomineralized inner layer).

The hypomineralized sheath has a high content of glycosaminoglycans and high resistance to the demineralization processes of the tooth and to the treatment of the dentin with collagenase but not to that with hyaluronidase.

SEM observation shows the peritubular hypomineralized sheath as a continuous coating or in the form of thin fibrils.

Peritubular Dentin and Intertubular Dentin:

The peritubular dentin is a hyper-mineralized layer of the dentin that lines the inner wall of the dentinal tubules. The intertubular dentin is the dentin present between the dentinal tubules.



The intertubular dentin is less mineralized than the peritubular. The peritubular dentin, being an intratubular dentin, is deposited continuously throughout the life of the tooth. It is not present in the predentin and in the interglobular dentin.

Into dentinal tubules of the circumpulpar dentin the thickness of peritubular dentin gradually increases, from the border with predentin towards the enamel-dentin junction.

The collagen fibrils are poorest than in intertubular dentin, while greater is the content in glycosaminoglycans and glycoproteins.

The peritubular dentin has higher concentration of mineral ions (Mg, Ca, and P), whose average content per unit volume appears to be 40 % higher than in the intertubular dentin.
Intertubular dentin has the fi brils of type I collagen (from 0.5 to 0.3 µm diameter) of the intertubular dentin, so arranged perpendicular to the axis of the dentinal tubules; the crystals of hydroxyapatite, 10–90 nm long and 4–17 nm thick, are arranged with their axis parallel to the axis of the fi brils themselves. The proteoglycans constitute part of the fundamental substance.

العاج حول القنيوي والعاج بين القنيوي:

يمثل العاج حول القنيوي طبقة عالية التمعدن من العاج تحدد السطح الداخلي للقنيات العاجية، في حين يتواجد العاج بين القنيوي بين القنيات العاجية.

يكون العاج بين القنيوي أقل تمعدناً من العاج حول القنيوي، في حين يكون العاج حول القنيوي –بوصفه عاج داخل قنيوي– دائم التوضع طوال فترة حياة السن، ولا يوجد في طليعة العاج أو العاج بين الكريوي.

بالنسبة للقنيات العاجية في منطقة العاج المحيط باللب؛ تتزايد ثخانة العاج بين القنيوي تدريجياً بدءاً من حدوده مع طليعة العاج وحتى الملتقى الميناني العاجي.
يكون محتوى العاج بين القنيوي أقل من حيث لييفات الكولاجين وأكبر من حيث الغليكوزأمينوغليكانات والغلايكوبروتينات.

يتمتع العاج حول القنيوي بتركيز أعلى من الشوارد المعدنية (Ca, Mg, and P) بحوالي 40% مقارنة بالعاج بين القنيوي.

في العاج بين القنيوي: تكون لييفات الكولاجين من النمط I (بقطر 0.3-0.5 ميكرومتر) وتصطف بشكل عمودي على المحور الطولي للقنية العاجية، في حين تكون بلورات الهيدروكسي أباتيت بطول 10-90 نانومتر وثخانة 4-17 نانو متر وتصطف بشكل موازٍ للمحور الطولي للييفات، وتشكل البروتيوغليكانات جزءاً من المادة الأساسية.

Dentin Development:

Depending on its development stage, the dentin is divided into primary, secondary, and tertiary dentin.

Primary Dentin

The primary dentin is produced during the odontogenesis until the eruption of the tooth into the oral cavity. The process of dentinogenesis begins from the predentin, the inner noncalcified organic matrix of the dentin positioned on the surface of the pulp tissue and containing the odontoblasts.

Secondary Dentin

After the eruption in the oral cavity, the formation of the dentin continues, albeit slowly throughout life, as the secondary dentin, gradually reducing the extension of the pulp chamber.

Tertiary Dentin

The tertiary dentin is a reactive response of the dentin to external stimuli. Irritative, moderateacute and/or repeated stimuli of any nature, including incorrect tooth brushing, attrition, erosion, carious process, trauma, or deep conservative restorations, can induce the odontoblasts from the affected area to produce the reactive dentin, just called tertiary.

The amount of tertiary dentin produced seems proportional to the amount of primary dentin affected or removed, and its structure may vary in relation to the intensity and duration of the irritative stimulus (acute or moderate or mild) and finally to the damage suffered by odontoblasts.

The tertiary dentin can be tubular (in the cases of medium irritative stimuli without damage to the odontoblasts) or atubular (in the cases of acute irritative stimuli). The dentinal tubules can be quite irregular or sometimes show a partial or total atypical sclerosis.

تطور العاج:

يمكن تقسيم العاج اعتماداً على مرحلة تطوره إلى: أولي، ثانوي، وثالثي.

العاج الأولي:

يتم إنتاج هذا العاج خلال تكون السن إلى أن يتم بزوغه ضمن الحفرة الفموية. تبدأ عملية تشكل العاج بدءاً من طليعة العاج، حيث يتوضع القالب العضوي الداخلي غير المتكلس للعاج على سطح النسيج اللبي ويكون حاوياً على مصورات العاج.

العاج الثانوي:

يستمر تشكل العاج بعد بزوغ السن في الحفرة الفموية –وإن يكن بشكل بطيء– على شكل عاج ثانوي، مسبباً تراجعاً تدريجياً في حجم الحجرة اللبية.

العاج الثالثي:

يكون ناتجاً عن استجابة العاج إلى منبه خارجي، فمن الممكن أن تحرض العوامل المخرشة، المثيرات الحادة–المتوسطة، و/أو المتكررة من أية طبيعة (تفريش غير صحيح للأسنان، تآكل، حت، نخر، رض، ترميمات محافظة عميقة) الخلايا المصورة للعاج في المنطقة المتأثرة على تشكيل العاج الاستجابي والذي يدعى الثالثي.

تتناسب كمية العاج الثالثي المتشكل مع كمية العاج الأولي المتأثر أو المُزال وقد يختلف تركيبه تبعاً لشدة المثير ومدته (حاد، متوسط، أو خفيف) والضرر اللاحق بمصورات العاج.

يمكن أن يكون العاج الثالثي قنيوياً (في حال كان المثير معتدلاً دون أذية مصورات العاج) أو غير قنيوي (في حال كان المثير حاداً)، ويمكن أن تكون القنيات العاجية ذات شكل نظامي أو تظهر تصلباً جزئياً أو كاملاً.

Sclerotic Dentin:

Due to aging, the dentin can undergo physiological modifi cation called physiological dentin sclerosis.

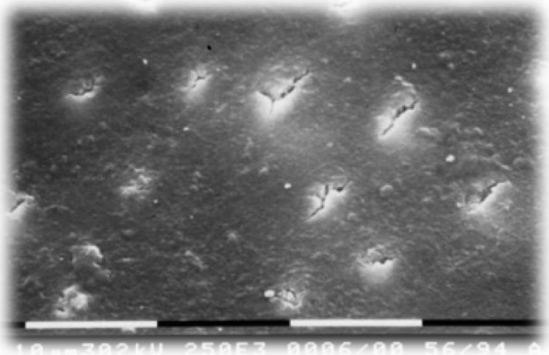
These modifycations may also happen as a reaction to mild irritative stimuli (such as advancing chronic decay), and in this case the dentin is named reactive sclerotic dentin.

The sclerosis process is consequent to the slow production and deposition of a calcified material that progressively occludes the dentinal tubules The calcified crystals have characteristic form of large cuboidal or rhomboid crystals (200–600 nm). The calcified area is harder, less sensitive, and more protective against irritative stimuli.

العاج المتصلب:

يمكن أن يخضع العاج مع التقدم بالعمر إلى تغيرات فيزيولوجية تسمى التصلب العاجي الفيزيولوجي physiological dentin sclerosis، قد تكون ناتجة عن الاستجابة لمثير خفيف (نخر مزمن متقدم) حيث يسمى العاج في مثل هذه الحالة **بالعاج المتصلب الثالثي**.

تنتج عملية التصلب عن إنتاج وتوضع بطيء لمادة متكلسة تغلق تدريجياً القنيات العاجية، تكون هذه المادة المتكلسة ذات بلورات معينة أو مكعبة الشكل (200-600 نانومتر)، وأكثر صلابة وأقل حساسية وأعلى مقاومة تجاه العوامل المخرشة.



Eburnated Dentin:

It is a reactive sclerotic dentin that is exposed to the external environment for progressive loss of external covering dental tissues, for chronic caries, or for other mechanical stimuli (erosion and abrasion). Eburnated dentin is a very hard and dark but also smooth and cleansable surface.

العاج المتعظم:

يمثل العاج المتصلب الثالثي المعرض للعوامل البيئية الخارجية نتيجة الفقد المتقدم للنسيج السنية الخارجية المغطية، النخور المزمنة، والمثيرات الميكانيكية الأخرى (الحت، والسحل). يكون شديد الصلابة، وداكناً كما أنه ناعم وقابل للتنظيف.

Dead Parts:

Consequently to moderate and/or repeated irritative stimuli, the odontoblastic process may suffer, shrinking and degenerating, as a consequence of deposition of tertiary reactive dentin or dislocation of the odontoblast body.

الأجزاء الميتة:

يمكن أن تعاني استطالة الخالية المصورة للعاج (نتيجة التخريش المعتدل و/أو المتكرر) من تقلص وتنكس نتيجة لتوضع العاج الثالثي أو انزياح جسم الخلية المصورة للعاج، وبالتالي تظهر القنية العاجية فارغة.

Incremental lines:

The incremental lines are spaced about 4–6 μm and correspond to the rhythmic succession of activity and quiescence phases of dentin deposition and represent the daily increase of tissue. Observation at optical microscope of tooth sections can show dark lines with an approximately perpendicular path to the dentinal tubules.

خطوط التطبيق:

تتوضع بفواصل 4-6 ميكرومتر وتكون متوافقة مع التتالي المتناغم للنشاط والأطوار المتعاقبة لتوضع العاج، وتمثل التزايد اليومي في النسيج، ويمكن مشاهدتها تحت المجهر على شكل خطوط سوداء تكون عمودية تقريباً على مسار القنيات العاجية.

Dental Pulp:

Dental pulp is a connective tissue, highly vascularized and richly innervated, contained into the pulp chamber of the crown and root canals. As other connective tissues, the pulp is composed of a population of different cells immersed in intercellular organic matrix characterized by fundamental substance and fibers.
The organic matrix amounts to 25 %, while the remaining 75 % is represented by water. The main proteic components are the type I and III collagen fibers.

Pulp tissue is contained in a rigid cavity (dentin walls) with high tissue pressure (interstitial pressure) of 20–25 mm/Hg.
Dental pulp is organized in three well-defined areas. From predentin towards the center of the pulp chamber, successive layers include the odontoblast layer, the subodontoblastic layer (including an acellular area and an area rich in cells), and the main mass of the pulp.

Layer of odontoblasts:

The pulp is characterized by the presence along its border of the bodies of odontoblasts, the cells responsible for dentinogenesis during both odontogenesis and throughout the life of the tooth.

The odontoblasts are postmitotic cells composed by a body and by a cytoplasmic process which engages in the respective dentinal tubule. The layer of the odontoblasts is constituted by a single row of odontoblast bodies arranged below the predentin.

In an already erupted tooth, the odontoblasts ensure not only the constant formation of secondary dentin but also the formation of tertiary dentin. Different phases of intense metabolic activity are alternated with periods of quiescence.

اللب السني:

نسيج ضام غني بالتوعية والتعصيب، يكون موجود ضمن الحجرة اللبية للتاج والأقنية الجذرية، ويتألف من مجموعة من الخلايا ضمن قالب بين خلوي عضوي يتميز بوجود مادة أساسية وألياف.

يشكل القالب العضوي 25%، أما الباقي فعبارة عن ماء، ويشكل الكولاجين I و III المكون البروتيني الرئيس.

يكون اللب موجوداً ضمن حجرة صلبة (الجدران العاجية) ذات ضغط عالٍ (الضغط بين الخلالي 25-20 مم/زئبق).

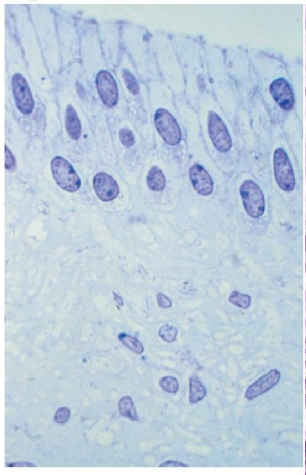
ينتظم اللب على شكل ثلاث مناطق محددة بشكل جيد، بدءاً من طليعة العاج وصولاً إلى مركز اللب، وهي: طبقة مصورات العاج، الطبقة تحت مصورات العاج (وتتضمن منطقة لاخلوية ومنطقة غنية بالخلايا)، والكتلة الرئيسة للب.

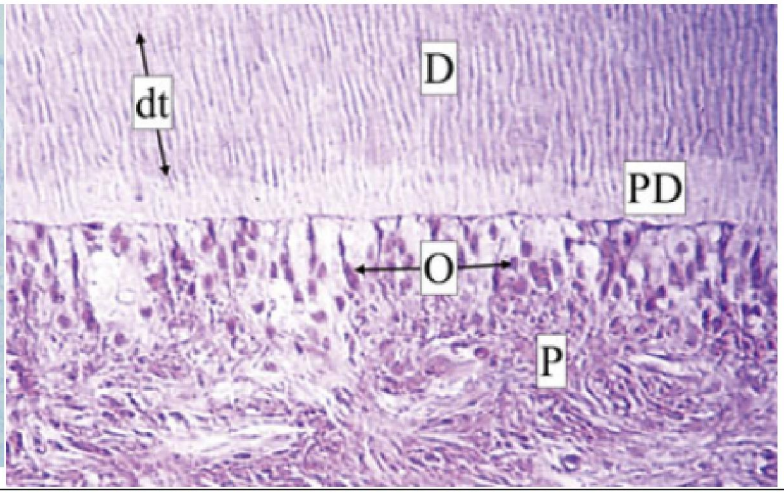
طبقة مصورات العاج:

يتميز اللب بوجود أجسام الخلايا المصورة للعاج على طول حدوده، وهذه الخلايا تكون مسؤولة عن تشكل العاج خلال تشكل السن وطوال فترة حياة السن.

تتألف هذه الخلايا من جسم أسطواني واستطالة سيتوبلاسمية تتعشق ضمن قنية عاجية خاصة، وتتشكل هذه الطبقة من صف مفرد من أجسام مصورات العاج التي تصطف تحت طليعة العاج.

بالنسبة للأسنان البازغة؛ لا تضمن مصورات العاج التشكل الثابت للعاج الثانوي فقط، وإنما تشكل العاج الثالثي أيضاً، وتتناوب الأطوار المختلفة للفعالية الاستقلابية الشديدة مع فترات سكون.





Subodontoblastic Area

This area is most developed in the coronal pulp and young people and consists of two different areas:

The poor of cells area (about 40 μm) is rich in capillaries and amyelinic nerve fibers that, under the layer of odontoblasts, constitute the subodontoblastic neural plexus (of Raschkow).

From this plexus, amielinic axons rise, wrapping around the body of the odontoblasts, penetrating into the dentinal tubule on the odontoblastic process for a short distance.

The area rich of cells is characterized by the presence of a thick layer of fibroblasts and indifferentiated mesenchymal cells that, in case of pulp reactivity, may differentiate into odontoblasts and participate in the formation of tertiary and sclerotic dentin. Lymphocytes are also present in this area.

Main Mass of the Pulp:

The main mass of the pulp is formed by fibroblasts, lymphocytes, macrophages, undifferentiated mesenchymal cells, rare mast cells, and intercellular matrix.

Cells:

The fibroblasts are the most numerous cells, especially in the old pulp of the teeth. There are undifferentiated mesenchymal cells. Also “helper” and “suppressor” T cells, dendritic cells, and immune cells are present and essential for the initiation of immune response.

The polymorph cells and macrophages are also found in cases of pulp inflammation or in case of enamel dysplasia.

المنطقة تحت مصورات العاج:

تمثل المنطقة الأكثر تطوراً في اللب التاجي وتتألف من منطقتين:

طبقة فقيرة بالخلايا: تقع مباشرة تحت طبقة مصورات العاج، (حوالي 40 ميكرومتر)، تكون غنية بالشعيرات الدموية والألياف العصبية غير المغمدة بالنخاعين التي تشكل الضفيرة العصبية تحت مصورات العاج (ضفيرة راشكو Raschkow)، وانطلاقاً من هذه الضفيرة ترتفع المحاور غير المغمدة وتلتف حول جسم مصورات العاج وتخترق القنية العاجية على استطالة مصورات العاج لمسافة قصيرة.

طبقة غنية بالخلايا: تتميز بوجود طبقة ثخينة من مصورات الليف والخلايا الميزانشيمية غير المتمايزة التي يمكن أن تتمايز (خلال استجابة اللب لمثير) إلى مصورات العاج وتساهم بتشكيل العاج الثالثي والعاج المتصلب. كذلك يمكن أن توجد الخلايا اللمفاوية في هذه الطبقة.

الكتلة الرئيسة للب:

تتشكل الكتلة الرئيسة للب من الخلايا المصورة لليف، الخلايا اللمفاوية، البالعات الكبيرة، خلايا ميزانشيمية غير متمايزة، خلايا بدينة نادرة، وقالب بين خلوي.

الخلايا:

تمثل خلايا مصورات الليف الخلايا الأكثر عدداً لاسيما في الألباب المعمرة. توجد الخلايا الميزانشيمية، كما توجد الخلايا "المساعدة" و"الكابحة" والتغصنية والمناعية التي تعتبر ضرورية من أجل كبح الاستجابة المناعية.

تتواجد الخلايا متعددة الأشكال والبالعات الكبيرة في حالات التهاب اللب وعسر تصنع الميناء.

Intercellular Matrix:

The fundamental substance of the pulp is formed by different proteoglycans. The fibers mainly consist of type I collagen and type III and constitute 34 % of the total protein.

In the young pulp the fibrils, with a diameter of 10–20 nm, have an irregular arrangement and are diffusely present.

As age progresses, in line with the reduction of cellular component, the collagen fi brils (40–70 nm) are united in compact bundles of fibers present in the central region of the pulp and in the apical third of the root. The apical part of the pulp becomes more fibrotic than in the coronal part.

Cement:

The cement is a thin layer of calcified, compact connective tissue which is formed by specific cells, the cementoblasts.

Cement allows the attack of the collagen fibers of the periodontal ligament on the root surface. Together with the alveolar bone, gingiva, and periodontal ligament, it is a part of the periodontal tissue called periodontium that surrounds the tooth, contributing to its stabilization.
The cement is often described as a particular type of bone tissue, but it is significantly and substantially different because it is avascular. the cement is a tissue with high plasticity.

Physical Properties of Cement:

The cement has a pale yellow color and is less hard and mineralized than both enamel and dentin; it is very similar to the bone tissue, but less flexible.

Chemical Properties:

The inorganic part is about 65 % in weight; the residual part is made of about 23 % organic material and 12 % water.
The inorganic material is characterized by small crystals of hydroxyapatite similar to the dentin's crystals and by less chemical elements.

The organic material consists essentially of collagen fi bers (95 % of type I) and proteoglycans.

القالب بين الخلوي:

تتألف المادة الأساسية للب من بروتيوغليكانات مختلفة، وتتألف الألياف بشكل أساسي من الكولاجين نمط I و نمط III ويشكل حوالي 34% من البروتين الكلي.

في الألباب الفتية: يكون قطر الليفات 10-20 نانومتر وتكون ذات ارتصاف غير منتظم ومنتشرة.

مع التقدم بالعمر: يقل المحتوى الخلوي وتتجمع لليفات الكولاجين (40-70 نانومتر) في حزم مضغوطة في الجزء المركزي من اللب وفي الثلث الذروي من الجذر، ويصبح الجزء الذروي من الجذر أكثر تليفاً من الجزء التاجي.

الملاط:

عبارة عن طبقة رقيقة من نسيج ضام مضغوط ومتكلس يتشكل من خلايا خاصة تسمى مصورات الملاط.

يسمح الملاط بارتباط ألياف الكولاجين من الرباط حول السني مع سطح الجذر، ويشكل مع (العظم السنخي، اللثة والرباط حول السن) النسيج الداعم السني Periodontum الذي يحيط بالسن مؤمناً له الدعم والاستقرار.

يتم وصف الملاط أحياناً على أنه نوع خاص من النسيج العظمي إلا أنه مختلف بشكل أساسي وهام على اعتبار أنه غير موعى، ويتمتع الملاط بمرونة عالية.

الخصائص الفيزيائية للملاط:

يكون لونه أصفراً باهتاً، وأقل قساوة وتمعدناً من الميناء والعاج، ويشابه النسيج العظمي بشكل كبير إلا أنه أقل مرونة.

الخصائص الكيميائية:

يشكل الجزء غير العضوي 65% من الوزن، أما الجزء العضوي 23% والباقي 12% ماء.

تتميز المادة غير العضوية ببلورات صغيرة من الهيدروكسي أباتيت المشابهة لبلورات العاج ولكن بعناصر كيميائية أقل.

تتألف المادة العضوية من ألياف الكولاجين (95% من النمط I) والبروتيوغليكانات.

البنية الدقيقة للملاط:

يستمر تشكل الملاط وتوضعه بشكل بطيء طوال فترة حياة السن.

يكون رقيقاً عند الخط العنقي (15-20 ميكرومتر) وأكثر ثخانة في الجزء الذروي (200 ميكرومتر) بعمر 20 سنة وحتى 600 ميكرومتر عند البالغين.

يوجد نوعان من الملاط:

الملاط الخلوي cellular cementum، والملاط اللاخلوي acellular cementum.

وهما لا يختلفان فقط من حيث وجود الخلايا أو غيابها وإنما من حيث الموقع، الامتداد، والثخانة والتمعدن، والعلاقة مع الرباط حول السني أيضاً.

Ultrastructure of cement:

The cement is formed and deposited continuously, although very slowly, during the whole life of the tooth.

It is very thin (15–20 µm) at the cervical line and thicker at the apical one-third, improving thickness from about 200 µm at 20 years up to 600 µm in adulthood. A greater.

the cellular cement and the acellular cementum:

They differ not only for the presence or absence of cells but also for the localization, the extension, the thickness, the mineralization, and the relation with the periodontal ligament.

الملتقى الميناني الملاطي:

- لا يكون الحد الفاصل بين الميناء والملاط واضحاً دائماً عند الخط العنقي.
- يغطي الملاط الميناء بنسبة 30% من الحالات.
- لا يحدث تماس بين النسيجين في 10% من الحالات، وبالتالي يبقى العاج مكشوفاً.

enamel-cement junction:

- At the level of the cervical line, the border between enamel and cement is not always clear.
- In 30 % of cases, the cement partially covers the enamel beyond the cervical line.
- In 10 % of cases, the two tissues are not in contact, leaving an area of exposed dentin.