لب السن Dental Pulp

1- مقدمة

2- البنية النسيجية للب السن

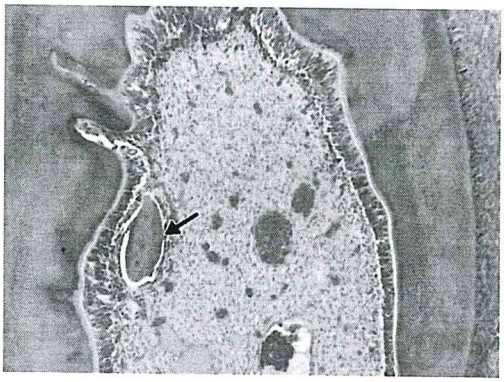
3- الخصائص الوظيفية للب السن

4- التغيرات الاستحالية للب السن

5- الخاتمة والآفاق المستقبلية

1- مقدمة

لب السن هو نسيج ضام متخصص, يتمتع بتروية دموية غزيرة, موجود ضمن الفراغ المركزي لتاج وجذر السن, محاط ومحصور ضمن جدران عاجية صلبة. يقوم بوظائف مختلفة: حسية, غذائية, تصنيعية: دفاعية – وقائية (الشكل 1).

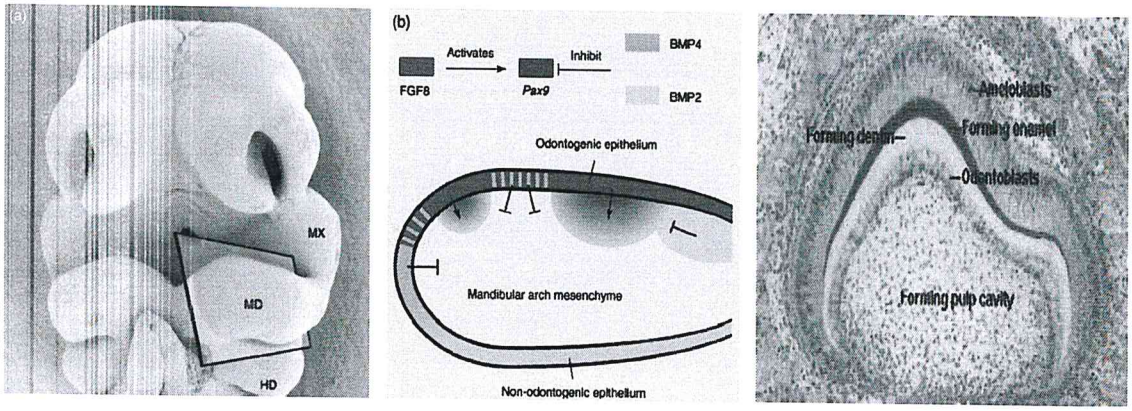


الشكل (1): لب السن

يتصف النسيج الضام الكثيف Dense connective tissue بأنه غني بألياف الكولاجين وفقير بالخلايا, بالمقابل يتصف النسيج الضام المتخلخل Loose بأنه غني بالمادة الأساسية وفقير بالألياف. يصنف لب السن بأنه نسيج ضام متخلخل.

لمحة جنينية

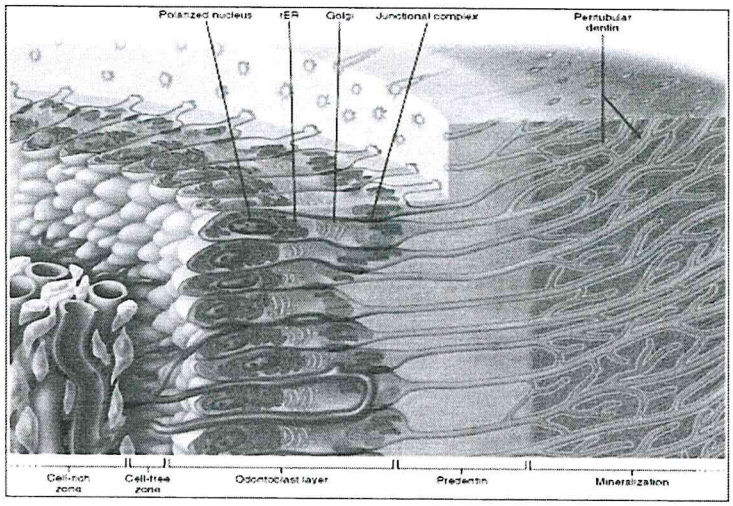
ينشأ لب السن من ميزانشيم القوس البلعومي الأول المستعمر من قبل خلايا العرف العصبي القحفية, نتيجة الحوار المتبادل بين: الميزانشيم السطحي – البشرة الفموية يستمر هذا الحوار بعد اكتمال تطور السن وبزوغه عبر تأسيس المركب اللبي العاجي (الشكل 2)



الشكل (2): التطور الجنيني للأسنان وتشكل لب السن المعتمد على الحوار المتبادل ميزانشيم سطحي بشرة فموية

المركب اللبي العاجي Dentin-pulp Complex

يحاط لب السن بسياج محكم من الخلايا المصورة للعاج Odontoblasts, التي تصنع القالب خارج الخلوي وتفرزه عبر استطالاتها السيتوبلاسمية. يشكل هذا القالب العاج غير المتمعدن الذي لا يلبث أن يتمعدن, فيحصر الاستطالات السيتوبلاسمية ضمن قنيات عاجية تقطع كامل مساحة العاج (الشكل 3).



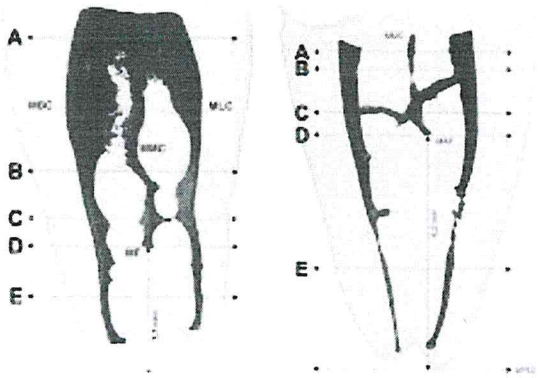
الشكل (3): الخلايا المصورة للعاج والمركب اللبي العاجي

يترافق هذا التشكل العاجي التطوري (الأولي) أو الفيزيولوجي (الثانوي), بانسحاب أجسام الخلايا المصورة للعاج نحو المركز ما يؤدي إلى تشكيل المركب اللبي العاجي, ما يؤمن بنية أنبوبية للنسيج العاجي, وحدة وظيفية لبية – عاجية مشتركة عالية الكناءة وديناميكية الطبيعة, تتلاءم مع تأثيرات وعوامل البيئة الفموية في سبيل المحافظة على حيوية لب السن.

السمات العامة للب السن

- محصور ضمن جدران صلبة كان قد صنعها بنفسه:
  - الإيجابية: بيئة داخلية محمية
  - السلبية: الخصوصية غير الردودة لغالبية الإصابات المرضية نتيجة قدرة التلاؤم المنخفضة Low Compliance
- الافتقار لنظام التغذية الوعائية الجانبية الرديفة: تغذية وحيدة مفردة عبر الثقبة الذروية
- تناقص تدريجي لأبعاد اللب التاجي والجذري مع التقدم بالعمر (الشكل 4), ويشمل:
  - تضيق الذروة الحقيقية للقناة الجذرية
  - تناقص التروية الوعائية الدموية

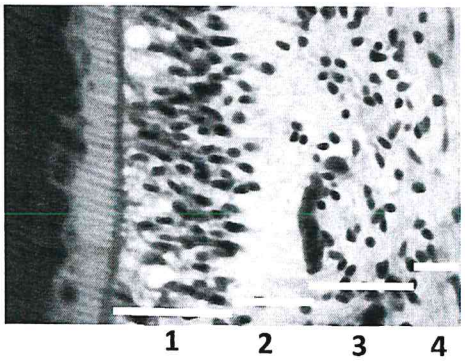
- تناقص القدرات الدفاعية التلاؤمية
- التعب اللبي الناجم عن التأثيرات التراكمية المجهدة لعوامل البيئة الفموية: الحيوية (الجرثومية), الحرارية, الكهربية, الكيميائية, الفيزيائية: الميكانيكية الإطباقية (الوظيفية وغير الوظيفية) والميكانيكية الرضية.



الشكل (4): تناقص أبعاد لب السن مع التقدم بالعمر

2- البنية النسيجية للب السن

سوف نتناول بالتفصيل البنية الفراغية (الشكل 5) ومكونات لب السن.



الشكل (5): البنية الفراغية للب السن, (1): النطاق المحيطي, (2): النطاق الفقير بالخلايا, (3): النطاق الغني بالخلايا, (4): النطاق المركزي.

البنية الفراغية الطبقية للب السن

1- النطاق الحدودي المحيطي: طبقة مصورات العاج Odontoblasts Layer

يتكون من أجسام الخلايا المصورة للعاج مبطنة بشبكة دموية شعرية وألياف عصبية, حيث يختلف شكلها وعددها وكيفية توضعها ما بين الجزء التاجي والجذري من اللب. تتأثر بالجهود التراكمية المطبقة على السن عموماً وعلى الجهة الموافقة لها خصوصاً. يمكن أن تندخل ضمنها بعض الخلايا المناعية كالخلايا التغصنية.

2- النطاق الفقير بالخلايا Weil's Zone – Cell Free Zone

تجاور طبقة الخلايا المصورة للعاج, تمتد حوالي 40 ميكرون نحو المركز خالية من الخلايا, تجتازها الأوعية الدموية الشعرية والألياف العصبية اللانخاعينية والاستطالات السيتوبلازمية لمصورات الليف (الشكل 5). تمثل النطاق الذي تتراجع إليه مصورات العاج أثناء تطور السن, وتغيب في المنطقة المتوسطة والذروية من اللب الجذري. تتفاوت درجة وضوحها حسب الحالة الصحية العامة للب.

3-النطاق الغني بالخلايا Cell Rich Zone

تتموضع بين المنطقة الفقيرة بالخلايا والمنطقة المركزية للب, أكثر وضوحاً في اللب التاجي مقارنة باللب الجذري, غنية بالخلايا وخاصة:

- المولدة لليف Fibroblasts
- البالعات الكبيرة Macrophages
- الخلايا اللمفاوية Lymphocytes
- الخلايا غير المتمايزة Undi. Mesen. Cells

تتصف بانخفاض نسبة الانقسام الخلوي في الحالات الطبيعية, إلا أن وتيرة الانقسام ترتفع عند تأذي الخلايا المصورة للعاج كما يحصل في حالة النخور العميقة أو الانكشاف اللبي. يتلو الانقسام تمايز الخلايا إلى أنماط مختلفة, من أهمها مصورات العاج الشبيهه التي تعمل على ترميم منطقة الإصابة عبر تشكيل عاج ثالثي ذو خصائص دفاعية مميزة.

4- النطاق المركزي Central Zone

يقع في مركز اللب ويتضمن بشكل رئيس:

- الأوعية الدموية الكبيرة
- الأعصاب الكبيرة
- الخلايا المولدة لليف

مكونات لب السن

يتكون لب السن من أنواع مختلفة من الخلايا والألياف, كما يتضمن مادة أساسية وحزمة وعائية وعصبية ذات خصائص مميزة.

خلايا لب السن Dental Pulp cells

يمكن تقسيمها إلى الخلايا البانية والخلايا الدفاعية والخلايا الأرومية غير المتمايزة.

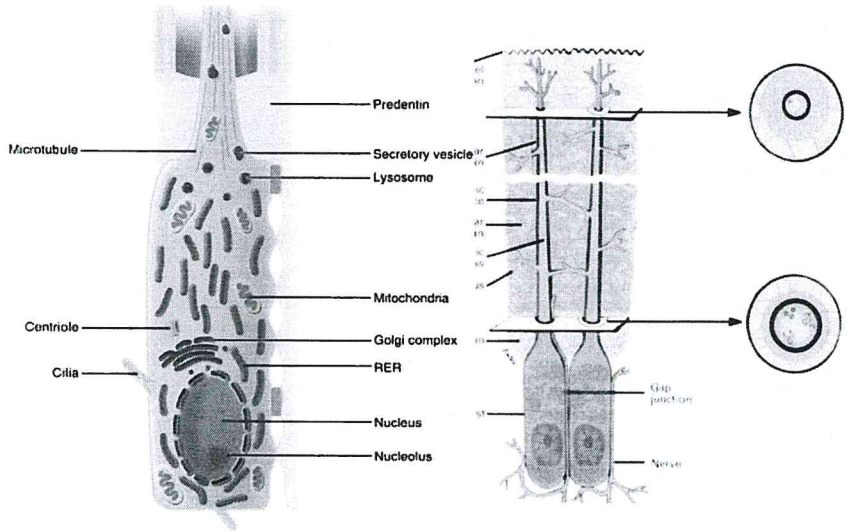
1- الخلايا البانية Formative cells: تضم مصورات العاج ومصورات الليف

الخلايا المصورة للعاج Odontoblasts

تكون أعدادها أكبر في التاج مقارنة بالجذر, يرتبط شكل هذه الخلايا بشدة فعاليتها الإفرازية عند الاتجاه من التاج نحو ذروة الجذر, حيث يتدرج من الاسطواني في تاج السن (الأكثر فعالية), إلى المكعبي إلى المسطح (الأقل فعالية) في المنطقة الذروية. مسؤولة عن تشكيل **العاج الأولي** أثناء التطور الجنيني للأسنان, و**العاج الثانوي** أثناء الأداء الوظيفي للأسنان.

السمات الفيزيولوجية

تتصف بسمات الخلايا الفعالة المفرزة من حيث تطور الشبكة السيتوبلازمية, جهاز غولجي, الحويصلات المفرزة (الشكل 6). تتشابه الخصائص العامة للخلايا المصورة للعاج والملاط والعظم فيما يتعلق بتشكيل القالب أو الهيكل العضوي الذي سيتمعدن لاحقاً. لا تحتجز ضمن منتجات إفرازها وإنما تترك فيها استطالاتها السيتوبلاسمية وتتجه نحو مركز اللب ما يؤدي إلى نشوء الخاصية الأنبوبية للعاج وتأسيس **المركب اللبي العاجي**.



الشكل (6): السمات الوظيفية لمصورات العاج

تشكل خط الدفاع الأول في مواجهة الجراثيم الغازية النخرية, وتتمتع بمختلف أشكال معقدات الاتصال بين الخلوية Junctional Complexes: Gap junctions, Tight junctions, Desmosomes, والهدف تأمين:

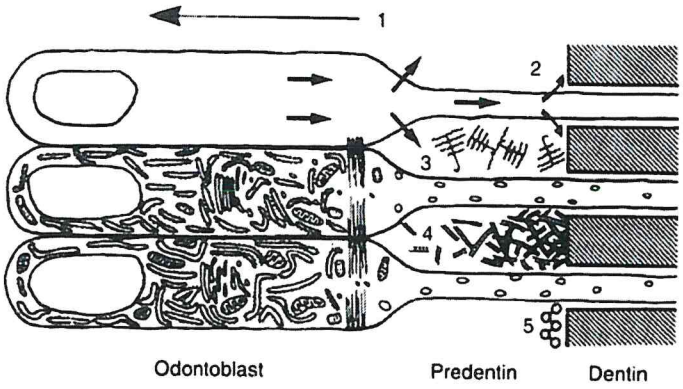
- ختم بين خلوي محكم الإغلاق
- بيئة لبية داخلية محمية فريدة
- تبادل المواد الغذائية وجزيئات الإشارة في سبيل تنسيق الأداء الوظيفي
- المحافظة على استقطاب Polarity هذه الخلايا المفرزة.

وظائف مصورات العاج

- تصنيع القالب العضوي غير المتمعدن للعاج المكون من بروتينات غير كولاجينية (الشكل 7) مثل:

Sialoprotein, Phosphoryn, Osteocalcin, Osteonectin, Osteopontin

- ترسيب الكالسيوم: تمعدن القالب العضوي
- المساهمة في نقل تنبيهات الألم على اختلاف طبيعتها
- المساهمة في التشكل الجذري والانغلاق الذروي عبر تشكيل العاج الجذري



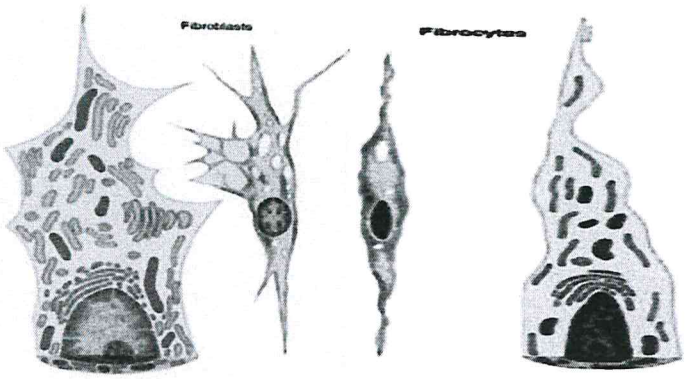
الشكل (7): وظائف مصورات العاج

الخلايا المصورة لليف Fibroblasts

الخلايا الأكثر عدداً في لب السن, تأخذ الشكل المغزلي أو النجمي, تتصف بامتدادات متباعدة تتصل مع امتدادات مولدات الليف المجاورة. مسؤولة عن استقلاب (**بناء وهدم**) القالب خارج الخلوي المؤلف من المادة الأساسية والألياف الكولاجينية (الغرائية). توجد بكثافه في المنطقة الغنية بالخلايا, ترتفع نسبة انقسامها وتمايزها عند إصابات وأذيات اللب للمساهمة في الحد من تأثير العامل الممرض.

لا تشكل أصل أو منشأ الخلايا المصورة للعاج الشبيهه المثارة عند تأذي مصورات العاج. مع التقدم بالعمر تنخفض فعاليتها ويتغير شكلها (الشكل 8) وتدعى عندها بالخلايا الليفية Fibrocytes, التي تتصف بأنها:

- أصغر حجماً
- أكثر تدويراً وتسطحاً
- مكوناتها السيتوبلاسمية أقل



الشكل (8): مصورات الليف, (A): الطبيعية, (B): مع التقدم بالعمر (الخلايا الليفية)

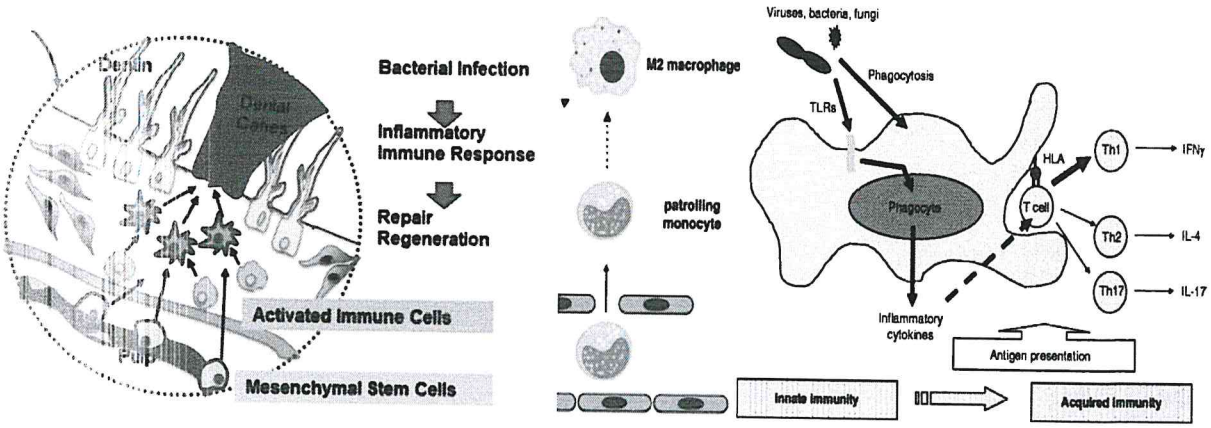
2- الخلايا الدفاعية Defensive Cells

يطلق عليها الخلايا الكفؤة مناعياً Immunocompetent Cells, يتمكن لب السن من خلالها بالمساهمة بفعالية في مناعة العضوية بشكل عام. يتصف لب السن بالقدرة على إثارة ودعم الارتكاسات الالتهابية والمناعية الموضعية من خلال جذب الخلايا الكفؤة مناعياً من التيار الدموي اللبي لتبقى خارجه بشكل عابر طالما استمرت الإصابة الالتهابية.

البالعات الكبيرة Macrophages

وحيدات نوى انسلت من الأوعية الشعرية لتتمايز إلى بالعات كبيرة في النسج المحيطة, تتخصص في بلعمة الجزيئات الأجنبية الغريبة, والمساهمة في الاستجابة المناعية خلال الارتكاس الالتهابي الدفاعي للعضوية (الشكل 9). تشكل 8-9% من مجموع خلايا اللب, تتصف بشكل غير منتظم مع امتدادات سيتوبلازمية قصيرة عريضة ونواة مدورة صغيرة الحجم.

تنتشر بالقرب من مصورات العاج وحول الأوعية الدموية الصغيرة والشعرية, خلال **الالتهاب** يزداد حجم النواة وتظهر النوية بوضوح, وتظهر حبيبات وحويصلات ضمن السيتوبلازما. تعمل انغمادات الغشاء السيتوبلازمي والحويصلات السيتوبلازمية على إزالة الجراثيم والأجسام الأجنبية, والخلايا الميتة, والبقايا المختلفة.

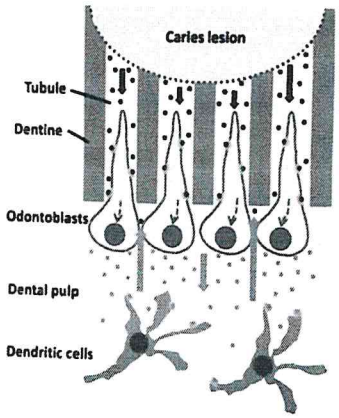


الشكل (9): البالعات الكبيرة **Macrophages**

الخلايا التغصنيه Dendritic cells

تتصف ببروزات سيتوبلازمية رفيعة تشبه الأغصان, تصادف في محيط اللب مندخلة ضمن طبقة مصورات العاج وحول الأوعية الدموية. تزداد أعدادها وكثافتها استجابة لغزو الجراثيم النخرية (الشكل 10). تتمايز انطلاقاً من كريات الدم البيضاء وتصادف في جميع أنسجة الجسم. تتصف بقدراتها المتعددة:

- قدرة عالية على الحركة
- قدرة عالية على تقديم مولد الضد Antigen إلى الخلايا اللمفاوية التائية
- قدرة محدودة على البلعمة
- المساهمة في الاستجابة المناعية عند الإصابات اللبية الالتهابية

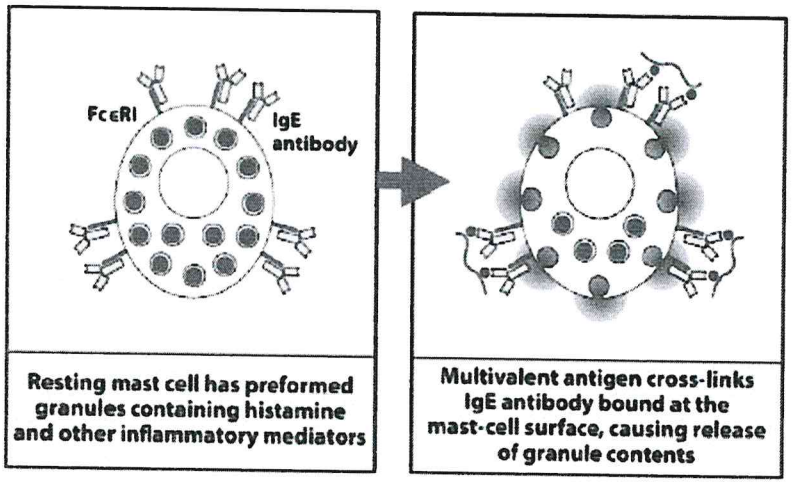


الشكل (10): الخلايا التغصنيه **Dendritic cells**

الخلايا الدقلية – البدينة Mast cells

تتصف بنواة مدورة مع سيتوبلازما مليئة بالحبيبات, تصادف فقط في حالة التهابات اللب حيث تساهم بفعالية في رد الفعل الالتهابي الدفاعي ضد العوامل المخرشة. تصادف على شكل مجموعات صغيرة حول الأوعية الدموية, تزداد أعدادها تدريجياً في حالة الالتهابات المزمنة, حيث تقوم بتصنيع وإفراز (الشكل 11):

- الهيبارين: مضاد تخثر
- الهيستامين: موسع وعائي ويزيد النفوذية الوعائية, يفرز عند مصادفة عنصر محسس Allergen.



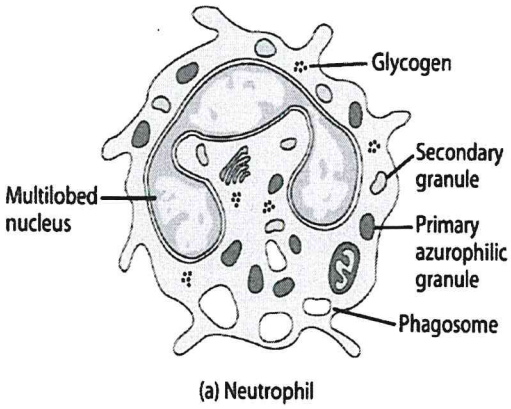
الشكل (11): الخلايا الدقلية – البدينة Mast cells

الخلايا البلازمية Plasma cells

تصادف عند التهاب اللب فقط في القسم التاجي, تتصف بنواة صغيرة الحجم, ذات توضع لامركزي ضمن السيتوبلازما, ويبدي الكروماتين توزع محيطي بشكل يشبه الساعة وتكون السيتوبلازما وفيرة. تتخصص بتصنيع الأجسام الضدية Antibodies.

العدلات Neutrophils

كريات الدم البيضاء الأكثر عدداً (60-70%), تبدي (2-5) نواة (نواة منقسمة) إضافة إلى حبيبات سيتوبلازمية, لذلك تدعى أيضاً الخلايا متعددة النوى (PMN's) (الشكل 12). توجد ضمن التيار الدموي, وعند حصول الالتهاب تمثل خط الدفاع الأول حيث تغادر التيار الدموي عبر البطانة الدموية لتصل إلى النسج المصابة فتكون أولى الخلايا الواصلة إلى موقع الإصابة فتقوم بالتدخل السريع لمكافحة العناصر الغازية مهما كانت طبيعتها.



الشكل (12): العدلات Neutrophils

تنجذب كيميائياً إلى موقع الإصابة عبر وسائط بروتينية مختلفة مثل:

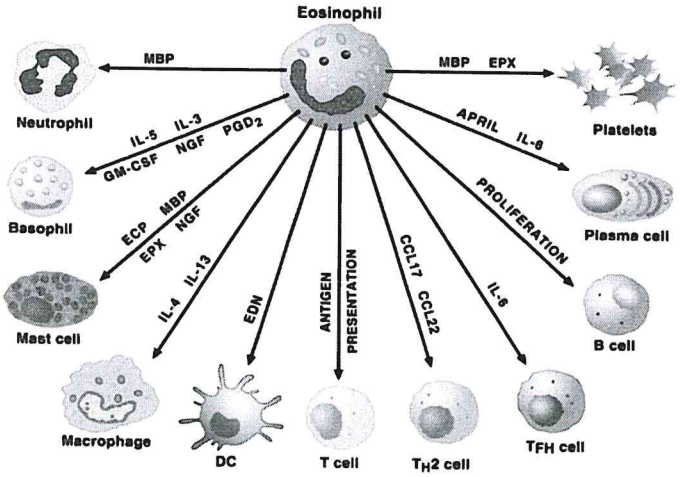
- بروتينات سلسلة المتممة
- بروتينات الخثرة الدموية
- وسائط الخلايا التائية

تقوم بعملية البلعمة وتصنيع العناصر المضادة للبكتيريا, وتصنيع الوسائط الالتهابية اللازمة.

الحَمِضات Eosinophils

تمثل 2-5% من كريات الدم البيضاء, ذات نواة ثنائية الفص إضافة إلى حبيبات سيتوبلازمية. تنتمي إلى مجموعة الخلايا البالعة التي تنتقل من التيار الدموي إلى موقع الإصابة النسيجية إلا أن دورها في البلعمة أقل أهمية مقارنة بالعدلات. يتمحور دورها الدفاعي الرئيس في مكافحة الطفيليات من خلال إفراز بعض البروتينات الفعالة. تقوم, بالتآزر مع الخلايا البدينة, بضبط آليات حدوث نوبات التحسس والربو, حيث تحمل مستقبلات سطحية للغلوبولين المناعي IgE.

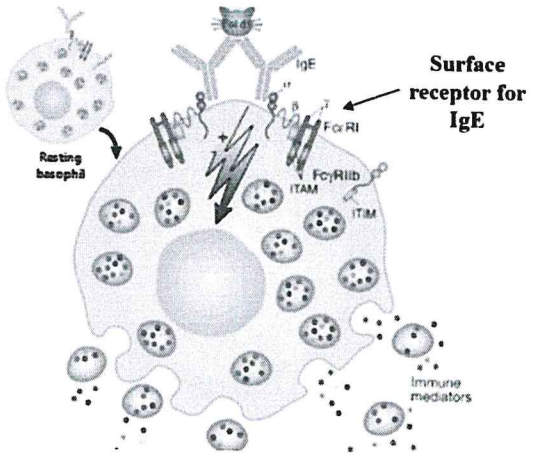
يمكن لهذه الخلايا أن تكافح العضويات الدقيقة بدون بلعمة, عن طريق الارتباط إلى الكائن الطفيلي ثم تفريغ شحنة الأنزيمات المخربة. عند الالتهاب تتآزر بعملها مع مختلف الخلايا الكفؤة مناعياً (الشكل 13) كما يحصل عند التهاب لب السن.



الشكل (13): الحَمِضات Eosinophils

الأَسِسات Basophils

تمثل 0.5-1 % من كريات الدم البيضاء, لا تنتمي إلى الخلايا البالعة. تؤدي دوراً مهماً ضد الطفيليات وخلال الارتكاسات التحسسية. تتصف بنواة ذات فصين وحبيبات سيتوبلازمية مملوءة بالهيستامين والهيبارين والسيتوكينات الالتهابية. تبدي مستقبلات سطحية للغلوبولين المناعي IgE وبروتينات المتممة. C3a. عند ارتباطها بمولدات الضد Antigens أو بروتينات المتممة تحرر محتوى حبيباتها السيتوبلازمية, كما يحصل عند التهاب لب السن نتيجة الغزو الجرثومي الناجم عن الآفات النخرية النافذة (الشكل 14). تساهم في الفعالية المضادة للتخثر: عند تحرير الهيبارين, كما تساهم في التوسع الوعائي وزيادة الجريان الدموي: عند تحرير الهيستامين.

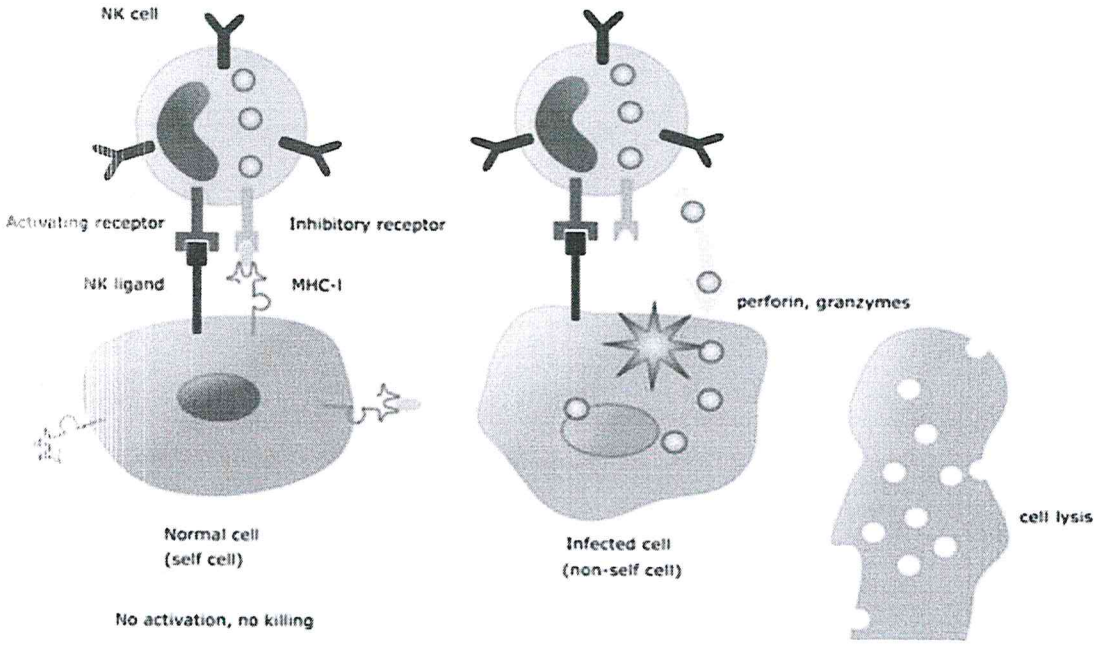


الشكل (14): الأَسِسات Basophils

الخلايا القاتلة الطبيعية Natural killer cells

تنتمي إلى الخلايا اللمفاوية الانسمامية – القاتلة, وهي خلايا دفاعية تشكل جزءاً من الجهاز المناعي الولادي. تعمل على تدمير الخلايا الورمية والخلايا المصابة بالفيروسات (الشكل 15). تعتمد آلية عملها على تحديد الخلايا غير الطبيعية لاستهدافها عبر:

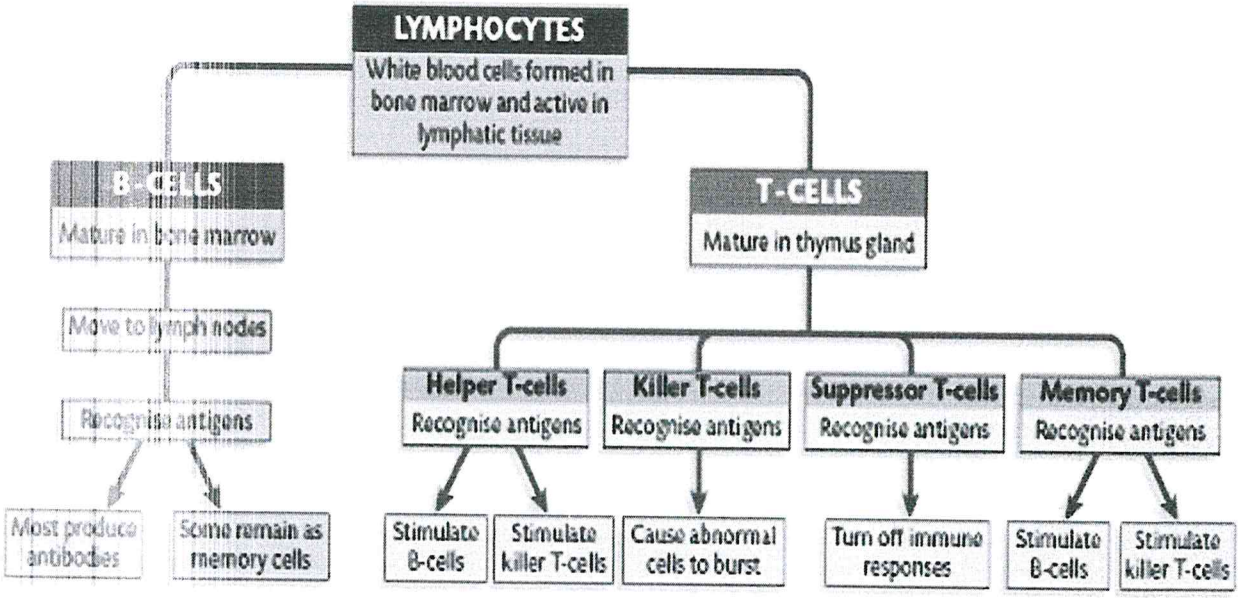
- تحرير حبيبات سيتوبلازمية صغيرة تتضمن بروتينات Perforin & Granzyme
- تخريب الغشاء السيتوبلاسمي للخلية المستهدفة
- تموت الخلية المستهدفة عبر التموت المبرمج Apoptosis أو التنخر Necrosis



الشكل (15): الخلايا القاتلة الطبيعية Natural killer cells

اللمفاويات البائية والتائية Lymphocytes B & T:

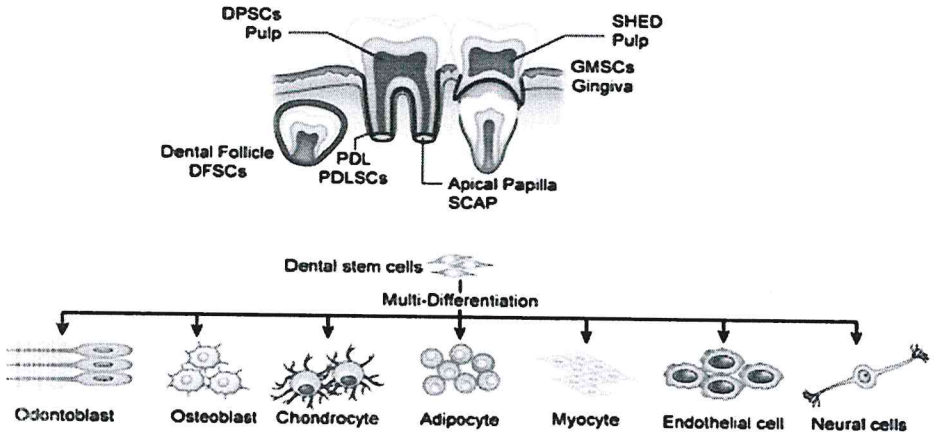
الخلايا الفاعلة في المناعة المكتسبة كما هو مبين في المخطط (1)



المخطط (1): اللمفاويات البائية والتائية **Lymphocytes B & T**

3- الخلايا الأرومية – غير المتمايزة Progenitor Cells

خلايا ميزانشيمية غير متمايزة: متعددة القدرة التمايزية Totipotent, تتمتع بالقدرة على التمايز إلى أنماط خلوية مختلفة تصنيعية ودفاعية (الشكل 16), تشبه مصورات الليف إلا أنها أصغر حجماً, توجد بكثافة بجوار جدران الأوعية الدموية في مركز اللب. تتسارع وتيرة انقسامها ثم تمايزها لتعطي مصورات العاج الشبيهة استجابة لإشارات كيميائية الطبيعة, في حالات تخريش اللب موضعياً عندما لا يتجاوز عتبة تحمل الآلية الدفاعية العامة للب. بالنتيجة, تؤمن قدرة تجددية تعوض مصورات العاج المتخربة وتشكل العاج الثالثي موضعياً للمحافظة على سلامة اللب.



الشكل (16): القدرة التمايزية للخلايا الأرومية الميزانشيمية للب السن.

يؤدي التقدم في العمر إلى انخفاض خصائص الخلايا الميزانشيمية غير المتمايزة في اللب من حيث العدد والنوعية وبالتالي انخفاض القدرة التجددية في اللب.

تصادف الخلايا الأرومية أيضاً في **ذروة الجذر غير مكتمل النمو**, حيث تجاور غمد هيرتفغ البشروي في منطقة العروة العنقية وتشكل خزان الخلايا الجذعية اللبية. تساهم في عملية التمايز إلى أنماط خلايا مختلفة مثل مصورات العاج, مصورات الملاط, مولدات الليف.

القالب خارج الخلوي Extracellular Matrix

يتكون من: ألياف + مادة أساسية

ألياف لب السن Fibers of the pulp

- ألياف هيكلية: Elastin ,Collagen
- ألياف ارتباط: Laminin ,Fibronectin

ألياف الكولاجين Collagen Fibers

يتضمن لب السن ألياف الكولاجين بشكل حزم, تكون حزم ألياف الكولاجين أوفر في اللب الجذري مقارنة باللب التاجي. تصادف أنماط مختلفة من ألياف الكولاجين:

- النمط I: يصنع من قبل مصورات العاج ومصورات الليف: مكون من لييفات كثيفة مسؤولة عن هيكلية اللب
- الأنماط II, III ,V, VII: يصنع من قبل مصورات الليف
- النمط III: مكون من لييفات رقيقة توجد في الأعصاب والأوعية الدموية وتساهم في مرونة اللب

تقوم مصورات الليف باستقلاب Turnover ألياف الكولاجين, حيث يتسارع تصنيع الكولاجين خلال تشكيل العاج الثالثي, بينما يؤدي التهاب اللب نتيجة الغزو البكتيري إلى زيادة الفعالية الحالة للكولاجين, نتيجة إفراز الكولاجيناز من قبل: البكتيريا, PMN, مصورات الليف.

عند اليافعين, تصادف حزم ألياف الكولاجين في كافة مناطق اللب, وتزداد كثافة حزم ألياف الكولاجين تدريجياً مع التقدم بالعمر. عند المتقدمين بالعمر, يشاهد نمطين من توزع الكولاجين:

- حزم ألياف كولاجين
- ألياف شبكة كولاجين منتشرة دون اتجاهات محددة

تليف اللب Fibrosis

حالة تصادف نتيجة التقدم بالعمر أو الأذية اللبية, تحصل نتيجة زيادة ألياف الكولاجين من حيث العدد والكثافة. تصبح أكثر وضوحاً مع انخفاض أبعاد اللب.

الألياف المرنة Elastic Fibers

تتمتع هذه الألياف بالقدرة على التمدد والانقباض مثل الشريط المطاطي, تتشكل الألياف المرنة عبر تشكيل حزم من خيبطات مجهرية رفيعة تدعى ألياف Oxytalan, تتوضع فيما بينها جزيئات Elastin. لا تصادف الألياف المرنة في اللب إلا في جدران الأوعية الدموية كبيرة القطر نسبياً.

ألياف الفيبرونكتين Fibronectin Fibers

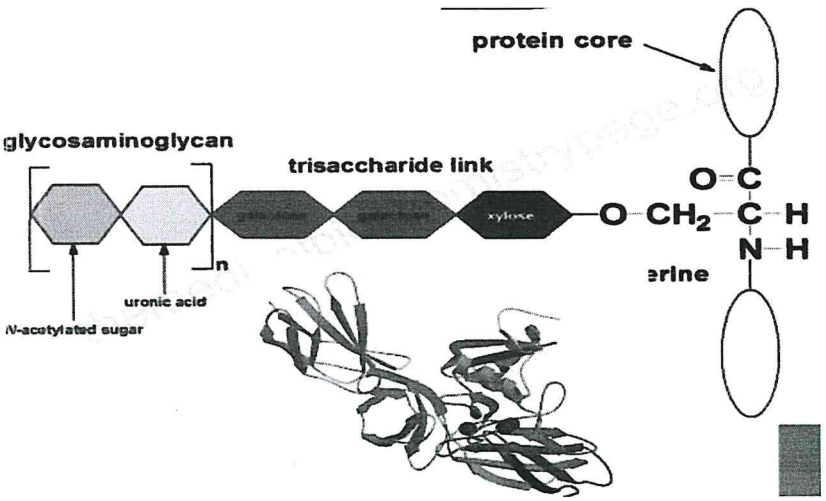
تصادف بشكل جزيئات ثنائية Dimers, تؤدي دوراً رئيساً في الارتباط: خلية–خلية, خلية–قالب خارج خلوي, تصادف حول الأوعية الدموية وضمن طبقة الخلايا المصورة للعاج, تمتد لتصل حتى طبقة العاج غير المتمعدن.

تتمتع بتأثير جوهري في الانقسام والهجرة والتمايز الخلوي. تساهم في حركة الخلايا وثباتها خلال عملية شفاء جروح النسيج الضام اللبي, حيث تنظم هجرة وتمايز الخلايا المصورة للعاج الشبيهة: مصورات العاج الثانوية. تعزى خصائص الفيبرونكتين لاحتوائه ثلاثية أمينية ترتبط إلى مستقبلات الانتغرين Integrins.

المادة الأساسية Ground Substance

تتألف من معقدات بروتينية وكربوهيدرات وماء, تشغل معظم حجم اللب, ذات قوام يشبه الهلام Gel-like. تتكون بشكل رئيس من بروتيوغليكان Proteoglycan (PG) وهو معقد يتألف من نواة بروتينية إضافة إلى سلاسل جانبية من عديدات سكاكر محبة للماء تدعى غليكوزأمينوغليكان, تحمل شحنات سلبية تمنع انتشار الجزيئات كبيرة الحجم ضمن اللب (الشكل 17).

الغليكوزأمينوغليكان Glycosaminoglycan(GAG): يتكون من عديدات تماثر Polymers غير متفرعة طويلة, مؤلفة من وحدات ثنائية السكر متكررة.



الشكل (17): تركيب بروتيوغليكان Proteoglycan

يتضمن لب السن:

- بروتيوغليكان Proteoglycans (PG): Decorin ,Versican
- غليكوزأمينوغليكان: Glycosaminoglycans (GAG)
  - Dermatan sulphate
  - Chondroitin sulphate
  - Hyaluronic acid

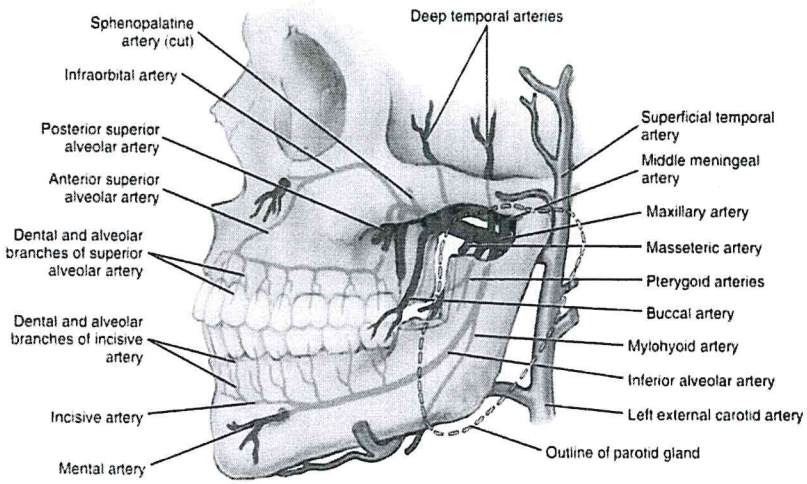
وظائف المادة الأساسية

- تحافظ على الخصائص الفيزيائية للب: المرونة–اللدونة
- حماية مكونات اللب من الانضغاط
- المحافظة على محتوى اللب من الماء
- تضبط تشكل العاج أثناء تطور السن وعند الارتكاس تجاه الآفات النخرية
  - تبدي تآلفاً نحو الكولاجين فتساهم في تشكل الألياف Fibrinogenesis
  - تبدي قدرة على الارتباط بالكالسيوم فتساهم في عملية التمعدن Mineralization
- تضبط حركة وهجرة الخلايا عبر مناطق اللب
- تضبط ارتشاح وانتشار الجزيئات كبيرة الحجم نتاج الاستقلاب أو الالتهاب أو الإنتان مثل الأنزيمات الجرثومية Chondroitin sulfatase التي تخرب وتفكك المادة الأساسية.

توعية لب السن Dental Pulp Vascularity

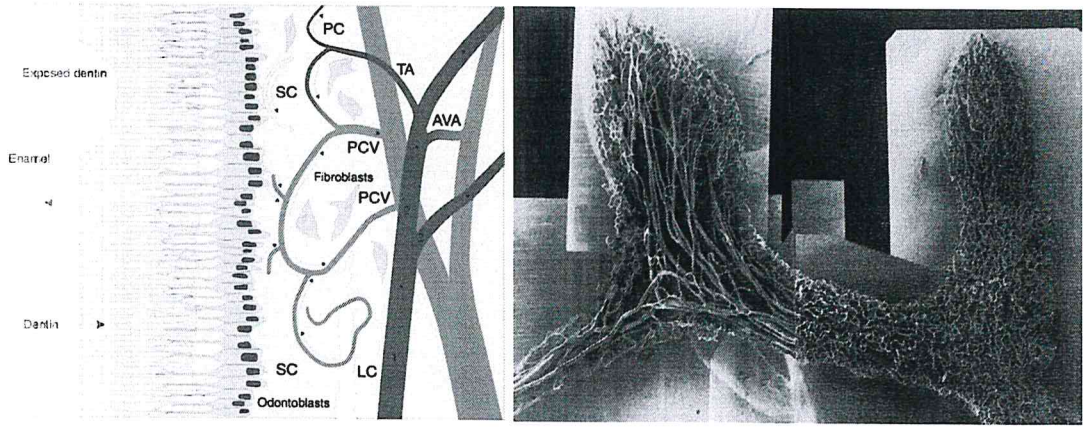
يتفرع الشريان السنخي العلوي والسنخي السفلي إلى شرينات بقطر 100 ميكرون تدخل إلى كل سن عبر الثقبة الذروية للجذر (الشكل 18), ويمكن أن تدخل شرينات أصغر قطراً عبر الأقنية الإضافية. تزداد نسبة الأقنية الإضافية في:

- الثلث الذروي من الجذر
- منطقة مفترق الجذور



الشكل (18): الشريان السنخي العلوي والسنخي السفلي المغذية للأسنان

تسير الشرينات في القسم المركزي من اللب الجذري لتعطي فروعاً جانبية, تشكل ضفيرة وعائية محاذية لأجسام الخلايا المصورة للعاج, حيث تؤمن المتطلبات الغذائية, والتصنيعية, والدفاعية, والمناعية. تؤمن الأوعية اللمفية المرافقة وظيفة دفاعية.



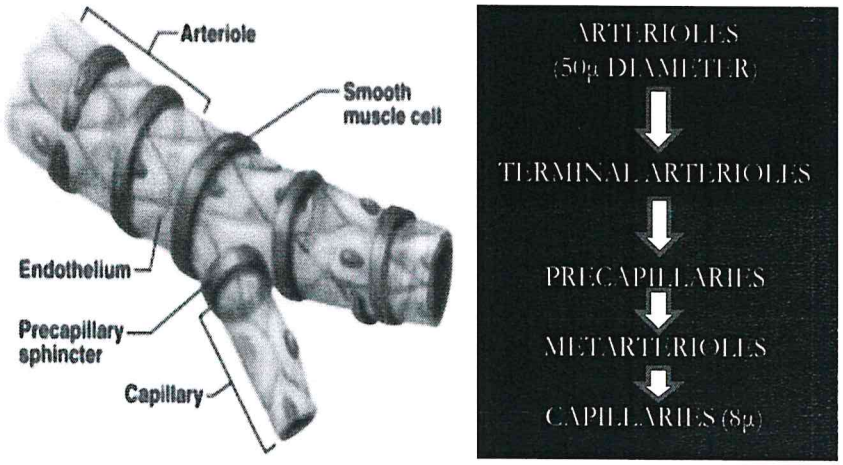
الشكل (19): التروية الدموية في لب السن.

تبدي الشرينات عند دخولها اللب نقصاناً في الثخانة العضلية لجدرانها, ما يؤدي إلى زيادة حجم لمعتها. يتضمن اللب منظومة دوران مجهرية Microcirculatory System, تفتقد للشرايين Arteries والأوردة Veins الحقيقية, حيث تصنف أكبر الأوعية اللبية بأنها شريّنات Arterioles ووريّدات Venules, تنظم البيئة الخلالية خارج الوعائية الموضعية, وتؤمن ضغط نسيجي لبي ملائم.

الشريّنات الدموية اللبية Pulp Arterioles

تتصف الشريّنات بأنها أوعية مقاومة بقطر 50 ميكرون, تمتلك طبقات متعددة من العضلات الملساء التي تنظم وتيرة الجريان الدموي. تتفرع الشريّنات فتعطي الشريّنات الانتهائية, حيث تكون محاطة بعدة خلايا عضلية ملساء بطريقة التفافية لتحيط بالخلايا البطانية (الشكل 20). تسلك العضلات الملساء, عند نقاط التفرع, سلوك حلقات عاصرة Sphincters, يتم التحكم بها موضعياً من قبل الألياف العصبية والخلايا المجاورة, وتفيد في حصر الاستجابة الدورانية في منطقة الإصابة فقط. يبلغ الضغط الشريّني 43mm Hg.

تتفرع الشريّنات الانتهائية إلى ما قبل الشعريات الدموية, التي تتفرع بدورها إلى الشريّنات الدقيقة, التي تتفرع أخيراً فتعطي الشعريات الدموية بقطر 8 ميكرون.

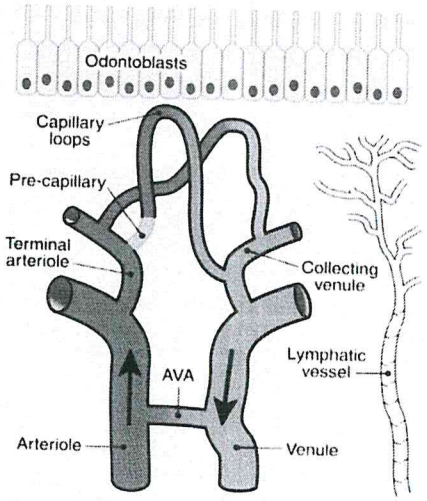


الشكل (20): الشريّنات الدموية اللبية Pulp Arterioles

الوريّدات الدموية اللبية Pulp Venules

تتلقى الوريّدات الجامعة الجريان الدموي من الشعريات وتنقله إلى الوريّدات. تسمح التفاغرات الشريّنية–الوريّدية Arteriovenous Anastomosis بانتقال مختصر Shunting من الشريّنات إلى الوريّدات مباشرة دون المرور بالشعريات الدموية (الشكل 21),

ما يؤمن آلية للتبادل السريع تعزز سرعة الاستجابة والتلاؤم اللبية تجاه عوامل التنبيه والتخريش المختلفة. يبلغ الضغط الوريّدي 19mm Hg.

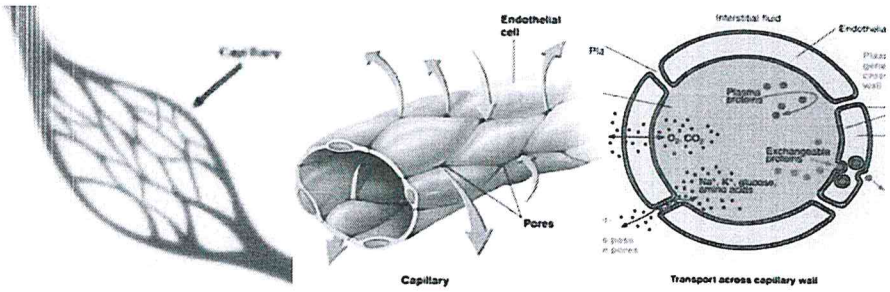


الشكل (21): الوريّدات الدموية اللبية Pulp Venules

الشعريات الدموية اللبية Pulp Capillaries

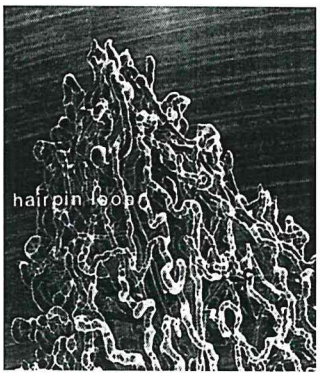
تتألف من طبقة بطانية مفردة محاطة بالغشاء القاعدي, تبلغ ثخانة جدرانها 0.5 µ وتسلك سلوك غشاء نصف نفوذ Semipermeable. تتضمن العرى الشعرية الدموية اللبية النمط غير مثقب الجدران (الغالبية) ومثقب الجدران Fenestrated.

يبلغ الضغط الدموي في الشعريات 35 mmHg, وهي تعمل كأوعية تبادل فتنظم نقل وانتشار المواد بين الدم والعناصر النسيجية الخلالية المجاورة من خلال نقل المواد الغذائية والهرمونات والغازات والتخلص من نواتج الاستقلاب الخلوية, فتؤمن بذلك متطلبات استمرارية النشاط الخلوي الحيوي, حيث تقع أي خلية لبية ضمن مسافة 50-100ميكرون من الأوعية الشعرية. تستجيب للإثارة الالتهابية عبر حصول تغيرات كبيرة في خصائصها الدورانية.



الشكل (22): الشعريات الدموية اللبية Pulp Capillaries

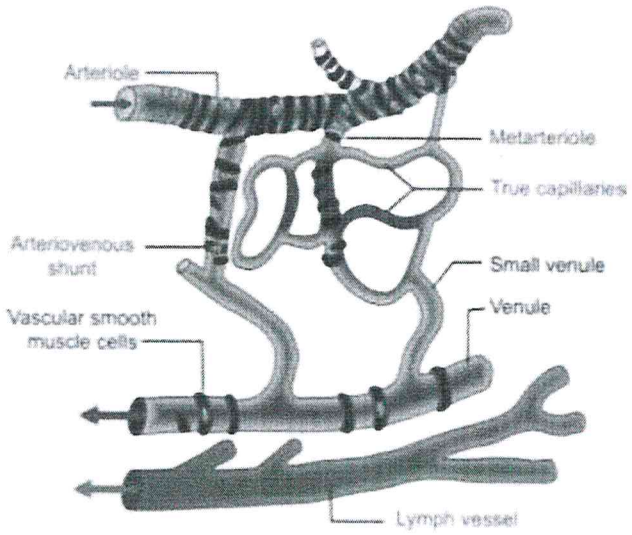
الجريان الدموي الشعري أعلى بمرتين في القسم التاجي للب مقارنة بالجريان الدموي الجذري, حيث تتضمن القرون اللبية النسبة الأعلى للشعريات الدموية (الشكل 23). يمكن أن تندخل العرى الشعرية بين الخلايا المصورة للعاج. تؤمن الشعريات الدموية مثقبة الجدران نقل سريع للسوائل ومواد الاستقلاب. يبلغ معدل كثافة الأوعية الشعرية $1400/\ mm^3$ وهو المعدل الأعلى في جسم الإنسان.



الشكل (23): الشعريات الدموية الموافقة للقرون اللبية

التعصيب الوعائي Vascular Innervation

ترتبط جدران الشريّنات والوريّدات بعضلات ملساء, يتم تعصيبها بألياف ودية لانخاعينية, عند تنبيه هذه الألياف بواسطة المنبهات المختلفة, تنقبض هذه الألياف العضلية, ما يؤدي إلى انخفاض التروية الدموية (الشكل 24), كما يحصل عند التخدير الموضعي المتضمن Epinephrine.



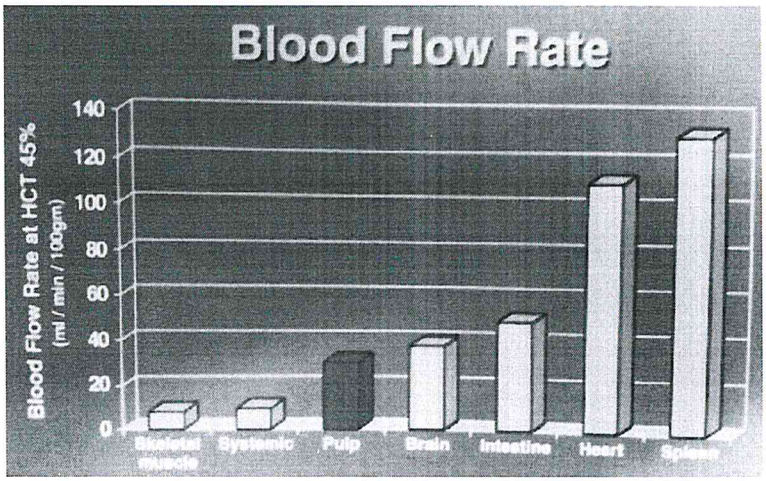
الشكل (24): التعصيب الوعائي Vascular Innervation

التدفق الدموي في لب السن

معدل التدفق الدموي اللبي يقارب التدفق الدموي الدماغي (الشكل 25), معدل الجريان الدموي اللبي أسرع من كثير من أعضاء الجسم وهي تتفاوت تبعاً للوعاء الدموي:

- الشريّنات Arterioles: 0.3-1 مل/ثا
- الوريّدات Venules: 0.15 مل/ثا
- الشعريات الدموية Capilaries: 0.08 مل/ثا

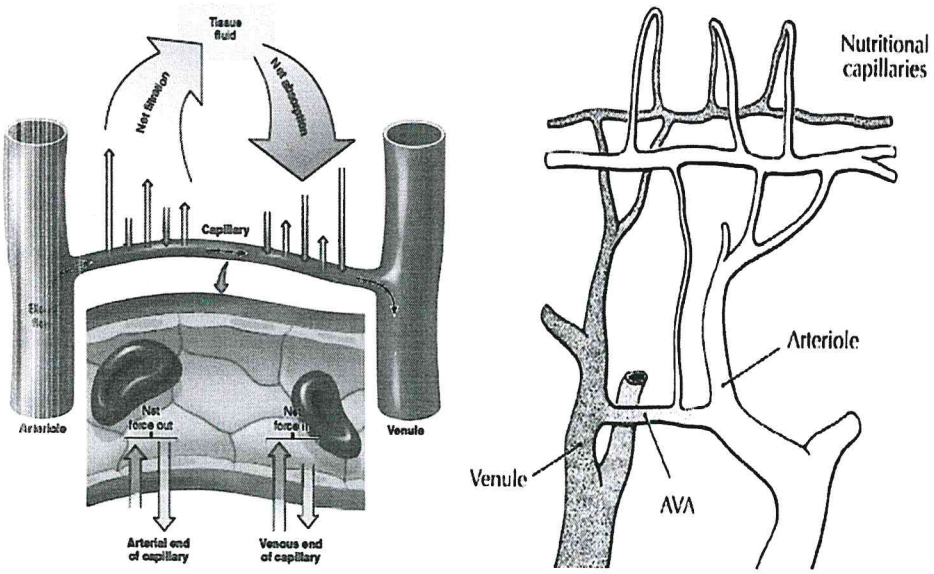
تشغل الحزمة الوعائية 7 % فقط من حجم اللب الكلي, ويستبدل الدم اللبي بمعدل 14-5 مرة/دقيقة في الحالات الطبيعية.



الشكل (25): مقارنة معدل التدفق الدموي: مل/ الدقيقة / لكل 100 غ لبعض نسج وأعضاء جسم الإنسان

يعد الضغط الدموي اللبي الأعلى مقارنة بأنسجة الجسم المختلفة, وعتبة تحمل اللب جيدة في الحالات الطبيعية, فالدوران اللبي قادر على تعديل سمّية المواد النافذة عبر العاج باتجاه اللب بكفاءة عالية بالنسبة إلى أبعاده من خلال توازن التروية الدموية القادمة (**الشريّنات**) والصادرة (**الوريّدات**) ما يؤدي إلى المحافظة على الحالة الصحية للب (الشكل 25). بالمقابل تحصل تغيرات في الجريان الدموي, فتنخفض القدرة التلاؤمية للدوران اللبي عند الإصابة المرضية تحت تأثير عامل مخرش نتيجة حصول الآلية التالية:

- **الطور الأول**: يحصل توسع شريّني, وارتفاع في الضغط النسيجي خارج الوعائي, وارتفاع وتيرة الجريان الدموي.
- **الطور الثاني**: يستمر التوسع الشريّني, وارتفاع الضغط النسيجي (متجاوزاً الضغط الوريّدي) مؤدياً إلى تضيق الوريّدات وبالتالي انخفاض الصادر الدموي اللبي, ما يؤدي إلى تراكم المواد والعناصر السمية النافذة إلى اللب.



الشكل (25): الدوران اللبي وعتبة تحمل لب السن

الفيزيولوجيا المرضية الوعائية للب السن

يؤدي وجود عامل مخرش للب السن, بغض النظر عن طبيعته سواء كانت جرثومية, رضية ميكانيكية, رضية كيميائية, إلى:

- تحرر الوسائط الالتهابية: BK, 5-HT, Histamine, PGs
- تحرر الببتيدات العصبية: SP, CGRP

النتيجة: فرط الاستثارة, التوسع الوعائي, زيادة النفوذية الوعائية, مؤدياً إلى حصول الآلية المرضية التالية:

- ارتفاع الضغط اللبي الداخلي
- يليه انخفاض الجريان الدموي اللبي (الصادر) كونها منظومة محصورة, فهي ذات قدرة تلاؤمية منخفضة
- ما يؤدي إلى تراكم الوسائط الالتهابيه
- ثم تحصل أذية وعائية وتغيرات التهابية غير ردودة
- ثم تظهر بؤر تموت مجهرية تزداد عدداً واتساعاً حتى يحصل التموت اللبي.

السمات العامة للإصابة المرضية اللبية

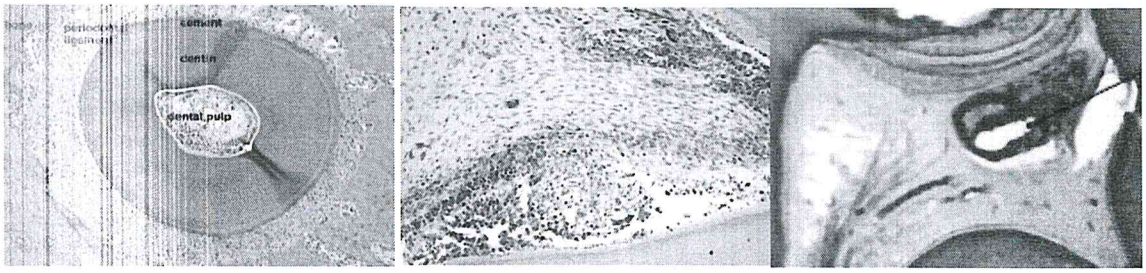
لا يتمدد النسيج اللبي إلا بشكل محدود عند اضطرابه المرضي بسبب انحصاره ضمن جدران صلبة (الشكل 26).

بداية الأذية

- يكون الاضطراب اللبي ردوداً موضعياً محدود الامتداد
- ويكون الألم مثاراً فقط وقصير المدة.
- يتصف العامل المؤذي بكونه معتدل الشدة أو عابراً مع حالة صحية جيدة للب السن.

استمرار الإصابة أو زيادة شدتها

- يصبح الاضطراب اللبي معمماً يشمل كامل النسيج اللبي, والألم عفوياً وطويل المدة
- الاضطراب اللبي غير ردود بسبب تشكل حلقة الالتهاب المعيبة نتيجة انحصار اللب ضمن جدران صلبة
- النتيجة: تشكل بؤر تموت موضعية تزداد تدريجياً عدداً وامتداداً ما يودي بحيوية اللب في النهاية (الشكل 26).



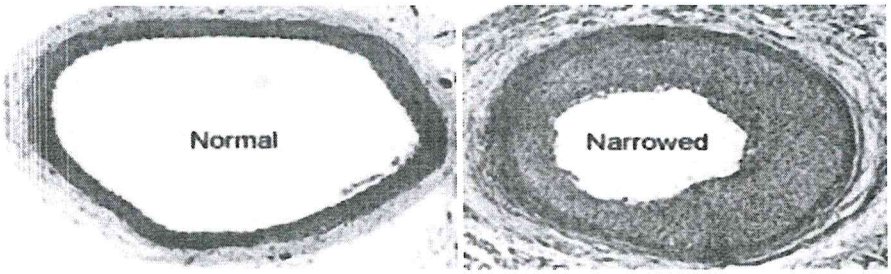
الشكل (26): السمات العامة للإصابة المرضية اللبية

لا يوجد سبيل لإيقاف أو كسر حلقة التهاب اللب المعيبة عند نشوئها سوى استئصال النسيج اللبي المصاب وإنجاز المعالجة اللبية, بغية إيقاف الألم اللبي وتجنب التموت والإنتان التالي لالتهاب اللب.

تغيرات الأوعية الدموية اللبية المرافقة للتقدم بالعمر

يمكن تلخيصها في ثلاث نقاط (الشكل 27):

- التصلب الوعائي Arteriosclerosis
- فرط تصنع الطبقة المبطنة Hyperplasia of Intima
- فرط تصنع الألياف المرنة Hyperplasia of Elastic fiber



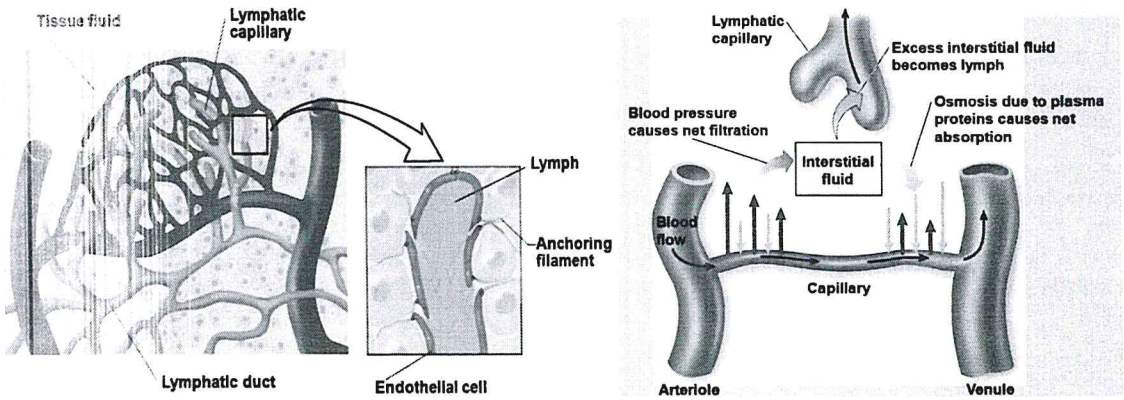
الشكل (27): تغيرات الأوعية الدموية اللبية المرافقة للتقدم بالعمر

الدوران اللمفي اللبي Dental pulp Lymphatics

الشعريات اللمفية اللبية هي أوعية رقيقة الجدران غير منتظمة الشكل, أكبر حجماً من الشعريات الدموية, تتصف بطبقة قاعدية غير مكتملة لتسهيل امتصاص السوائل النسيجية وجزيئات القالب خارج الخلوي كبيرة الحجم, ذات نهايات مفتوحة تتوضع بالقرب من الشعريات الدموية, عند النطاق الفقير بالخلايا والخلايا المصورة للعاج. تسير الأوعية اللمفية الأكبر بمحاذات الأوعية الدموية والأعصاب, حيث تخرج عدة أوعية لمفاوية جامعة من الثقبة الذروية لتصريف اللمف من اللب إلى النسج حول السنية ومن ثم يتم نقل اللمف إلى العقدة اللمفاوية الموضعية الموافقة للتعامل مع العوامل والعناصر الغريبة, قبل أن يعود للدخول إلى الأوعية الدموية.

آلية الدوران اللمفي اللبي

الضغط النسيجي أعلى من الضغط ضمن الشعريات اللمفية, بالتالي يؤدي هذا التفاوت في الضغط إلى حركة السوائل الخلالية عبر صمامات مجهرية إلى داخل الشعريات اللمفية. بالنتيجة تتشكل حركة عامة للسوائل تنطلق من الشرينات إلى الشعريات الدموية ومنها إلى القالب الخلالي خارج الخلوي لتصل إلى الشعريات اللمفية (الشكل 28).



الشكل (28): آلية الدوران اللمفي اللبي

وظيفة الدوران اللمفي اللبي

- التخلص من الجزيئات الكبيرة في السوائل الخلالية وبالتالي المحافظة على الضغط الحلولي النسيجي.
- نقل السائل اللمفاوي إلى العقد اللمفية الناحيّة ليعود بعدها للدخول ضمن الأوعية الدموية ما يؤمن المراقبة الدفاعية المناعية.

استقلاب لب السن Dental pulp Metabolism

يتعلق الاستقلاب اللبي بمعدل استهلاك O_2 وإنتاج CO_2 وحمض اللبن من قبل النسيج اللبي. خلال تشكل العاج Dentinogenesis يرتفع معدل استهلاك الأكسجين. تصادف الفعالية الاستقلابية الأعلى في طبقة الخلايا المصورة للعاج Odontoblast Layer. تؤدي انخفاض درجة حموضة اللب (pH) إلى انخفاض معدل استهلاك الأكسجين, كما يحصل عند تشكل الخراج اللبي Pulp Abscess.

يستخدم لب السن الغلوكوز بالطريق التقليدي Glycolytic pathway لإنتاج الطاقة اللازمة لعملياته الحيوية, إلا أنه يمكن للب تأمين الطاقة عبر الطريق البديل غير المعتمد على الأكسجين Pentose shunt pathway. بناء عليه, يمكن أن يستمر لب السن بوظائفه الحيوية في ظروف نقص التروية الدموية Ischemia.

تتسبب العديد من المواد السنية في تثبيط استهلاك الأكسجين مثل: ماءات الكالسيوم, اسمنت أكسيد الزنك والأوجينولZOE, الأملغم. كذلك تتسبب العوامل والمواد المخرشة النافذة إلى اللب في زيادة منتجات السيكلوأكسجيناز. يمكن أن يتم تثبيط هذه المنتجات عبر تطبيق ضماد ZOE. مع التقدم بالعمر وانخفاض محتوى اللب الخلوي ينخفض معدل استهلاك الأكسجين عموماً.

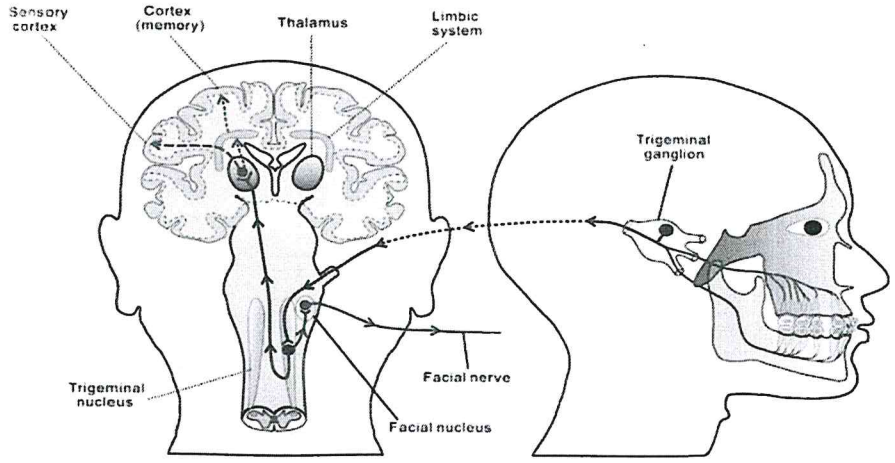
تعصيب لب السن Dental pulp Innervation

هوية لب السن من الناحية العصبية

هو عضو حسي بالنسبة إلى الجهاز العصبي المركزي, حيث يتم استقبال المنبهات المؤثرة في لب السن من قبل مستقبلات ذات طبيعة حسية Nociceptors. يتم إدراك وترجمة السيالات العصبية الصادرة عن اللب, والواصلة إلى الدماغ على أنها حس ألم Pain, تختلف مواصفاته تبعاً لطبيعة المنبه وشدته واستمراريته والنهايات العصبية اللبية الناقلة (الشكل 29).

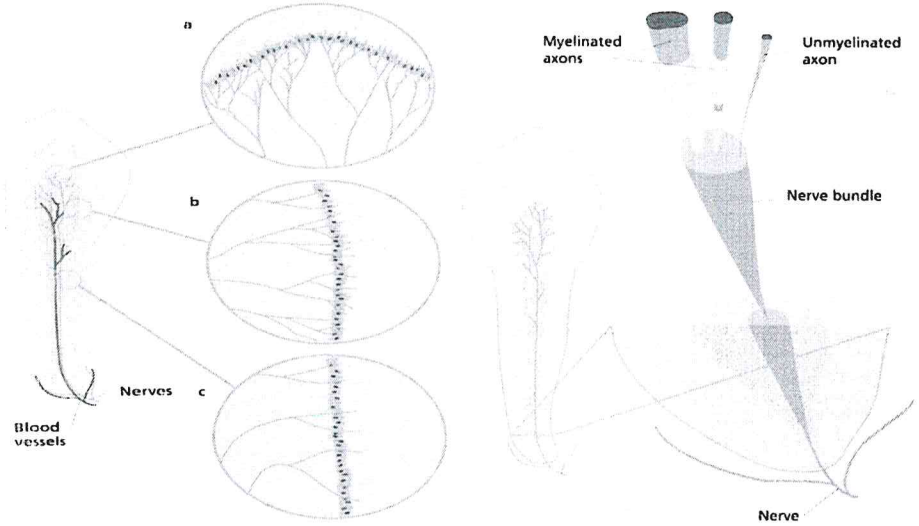
يتضمن اللب مستقبلات الضغط والاهتزاز بنسبة منخفضة, فإحساس الضغط والتماس بين الأسنان تختص به مستقبلات الضغط الميكانيكية Mechanoreceptors, الموجودة بوفرة في الرباط السنخي السني.

الوظيفة الرئيسة لتعصيب اللب تقديم معلومات للدماغ في سبيل إدراك طبيعة العامل المنبه (المخرش). يتعامل الدماغ مع المنبهات عبر الجهاز العصبي الإرادي واللاإرادي, ويتضمن تعصيب اللب أليافاً حسية وحركية. تستخدم الألياف العصبية اللبية ببتيدات عصبية Neuropeptides كوسائط بروتينية مثل Substance P, CGRP, Neurokinin A.



الشكل (29): هوية التعصيب اللبي

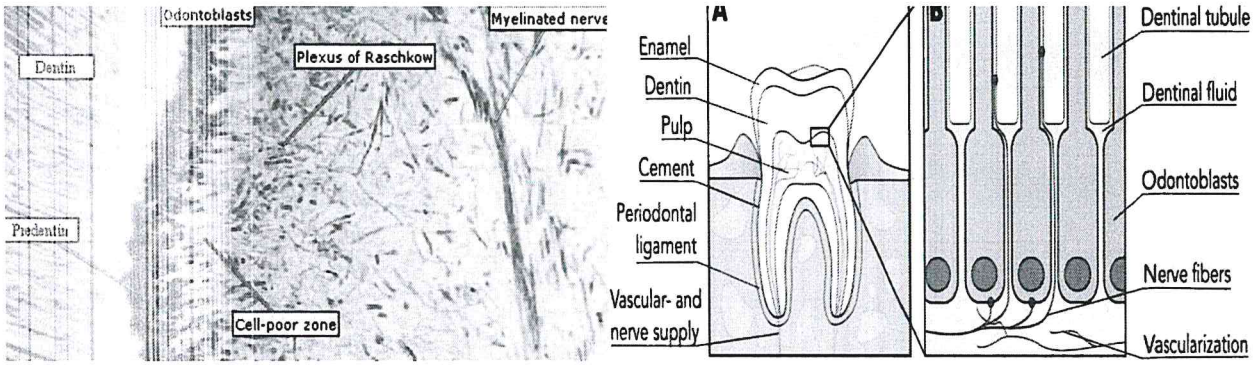
تأتي الألياف الحسية Sensory Afferent من الفروع الفكية العلوية والسفلية للعصب مثلث التوائم, حيث توجد أجسام العصبونات الحسية اللبية في عقدة مثلث التوائم. تدخل حزم الألياف الحسية اللب عبر الثقبة الذروية أو الثقب الإضافية مترافقة مع الأوعية الدموية, حيث تسير الألياف العصبية الكبيرة في مركز اللب ثم تتفرع في النطاق المحيطي وفي الجزء التاجي من اللب. تحوي الحزم أليافاً عصبية مغمدة وغير مغمدة بالنخاعين بآن واحد (الشكل 30).



الشكل (30): الألياف الحسية في لب السن

تنتهي نسبة قليلة من الألياف العصبية في **اللب الجذري** وتستمر الغالبية العظمى إلى **اللب التاجي**, حيث تتفرع النسبة الأكبر من الألياف بشكل كثيف عند التقاء النطاق الغني والفقير بالخلايا فتشكل ضفيرة راشكوف العصبية Nerve Plexus of Rashkow.

بعد اجتياز النطاق الفقير بالخلايا تصل نسبة من الألياف العصبية إلى أجسام الخلايا المصورة للعاج, حيث يدخل بعضها ضمن القنيات العاجية مرافقة للاستطالات السيتوبلازمية مسافة تصل حتى 100 ميكرون, فشمل طليعة العاج وجزء من العاج المتمعدن. تغطي هذه الألياف 10-20 % من مساحة سطح التاج في منطقة الحدبات, بينما لا تغطي سوى 1 % في منطقة الملتقى الميناني الملاطي (الشكل 31).



الشكل (31): النهايات العصبية الحسية في لب السن

أنواع الألياف الحسية اللبية

تختلف التنبيهات الألمية الصادرة عن لب السن تبعاً لطبيعة:

- العامل المنبه: جرثومي, ميكانيكي رضي, كيميائي
- الألياف العصبية التي تتوسط نقل السيالة العصبية

يتضمن اللب أنواعاً مختلفة من الألياف العصبية الناقلة المتخصصة تبعاً لطبيعة المنبه وشدة وتواتر واستمرارية وعمق التنبيه: فتقسم إلى ألياف مغمدة بالنخاعين: ألياف A, وألياف غير مغمدة بالنخاعين: ألياف C (الجدول 1).

Myelinated nerves (Lower threshold)	Aβ-fibres (7%) - Vibration Aδ-fibres (93%) - Air, heat/cold, drilling/probing	Unmyelinated nerves (Higher threshold)	C-fibres - Inflammatory mediators, mechanical deformation, heat

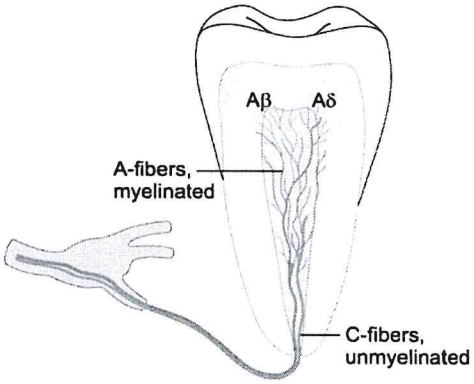
الجدول (1). الألياف العصبية الحسية في لب السن

الألياف العصبية المغمدة بالنخاعين: ألياف A

الصفات العامة (الشكل 32):

- ثخينة البنية
- سريعة النقل: 50-100 م/ثا
- الانتشار: في محيط اللب
- عتبة الاستجابة: منخفضة

مسؤولة عن حساسية العاج, حيث تتحرض أولاً عند انكشافه, تتوسط الألم الحاد الموضع, تستجيب للتنبيه الناجم عن حركية السوائل السريعة Hydrodynamics ضمن القنيات العاجية كما يحصل في حالة: تحضير الحفر, سبر سطح العاج, تجفيف سطح العاج المنكشف بالهواء, تطبيق المواد الكيميائية عالية التركيز على سطح العاج.



الشكل (32): الألياف العصبية الحسية في لب السن

الألياف العصبية غير المغمدة بالنخاعين: ألياف C

الصفات العامة (الشكل 32):

- رفيعة البنية وأوفر عدداً
- بطيئة النقل: 1 م/ثا
- الانتشار: في مركز اللب
- عتبة الاستجابة مرتفعة: تتحرض في الحالات المرضية المتقدمة

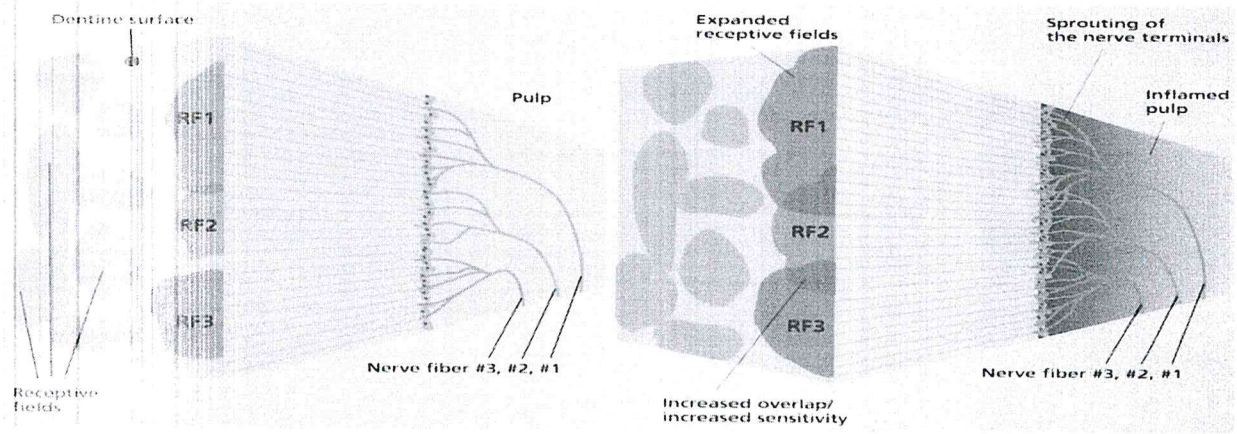
تتوسط الألم البطيء المبهم, القابل للتشعع, حيث تستجيب لتنبيه أنواع مختلفة من المحرضات:

- حرورية: حرارة–برودة
- ميكانيكية
- وسائط التهابية: البراديكينين والهيستامين

الفيزيولوجيا المرضية: زيادة الحساسية العاجية

الحالة الطبيعية: يؤدي اندخال نسبة من الألياف العصبية ضمن القنيات العاجية إلى انتشار محدد لحقول الاستجابة من حيث العدد والمساحة فتغطي نسبة من سطح العاج وتتصف بمناطق تراكب محدودة, والنتيجة استجابة عاجية معتدلة عند التنبيه (الشكل 33).

الحالة المرضية: تتسبب في تبرعم Sprouting نهايات الألياف الحسية, ما يؤدي إلى زيادة مساحة حقول الاستجابة, وبالتالي زيادة مساحات مناطق التراكب, والنتيجة زيادة الحساسية العاجية عند التنبيه (الشكل 33).



الشكل (33): الفيزيولوجيا المرضية لزيادة الحساسية العاجية

التعصيب الحركي للب السن

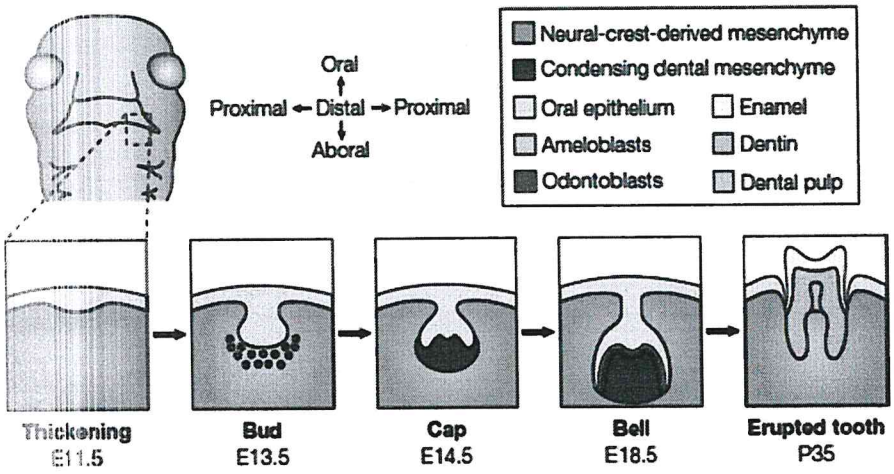
تأتي الألياف المحركة من العقد الرقبية العلوية التابعة للجهاز العصبي الودي للقيام بوظيفة محركة وعائية vasomotor ذات طبيعة دفاعية. تلتف هذه الألياف حول الشريّنات والتفاغرات الشرينية, حيث يؤدي التنبيه الودي إلى تقبض هذه الأوعية الدموية فتعمل على ضبط قطر ولمعة الوعاء وبالتالي التحكم بحجم الدم ومعدل التدفق الدموي عبر تخفيضه عند الضرورة. بالنتيجة, يؤدي التنبيه الودي إلى ضبط الضغط اللبي الداخلي وتخفيض نسبة الألم المرافق لاضطرابات لب السن.

الخصائص الوظيفية للب السن

1- وظيفة تحريضية تطورية Inductive Function

يقوم الميزانشيم المبطن بتحريض تمايز البشرة الفموية إلى الصفيحة السنية خلال تطور السن. تبدأ الصفيحة السنية حواراً متبادلاً مع الميزانشيم المبطن, يؤدي إلى تمايز:

- عضو الميناء: المسؤول عن التشكل النمطي للسن ونشوء صانعات الميناء وتشكل الميناء
- الحليمة السنية: المسؤولة عن تشكل لب السن التاجي والجذري.



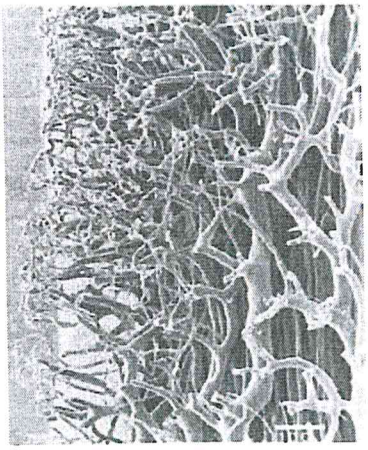
الشكل (34): الوظيفة التحريضية التطورية للب السن

2- وظيفة غذائية Nutritive Function

النسيج العاجي نسيج غير موعى Avascular tissue يعتمد في تغذيته على الارتشاح, حيث يؤمن لب السن استمرارية حيوية العاج من خلال تأمين:

- الأكسجين والمواد الغذائية للخلايا المصورة للعاج واستطالاتها السيتوبلازمية
- مصدر مستمر لسوائل القنيات العاجية

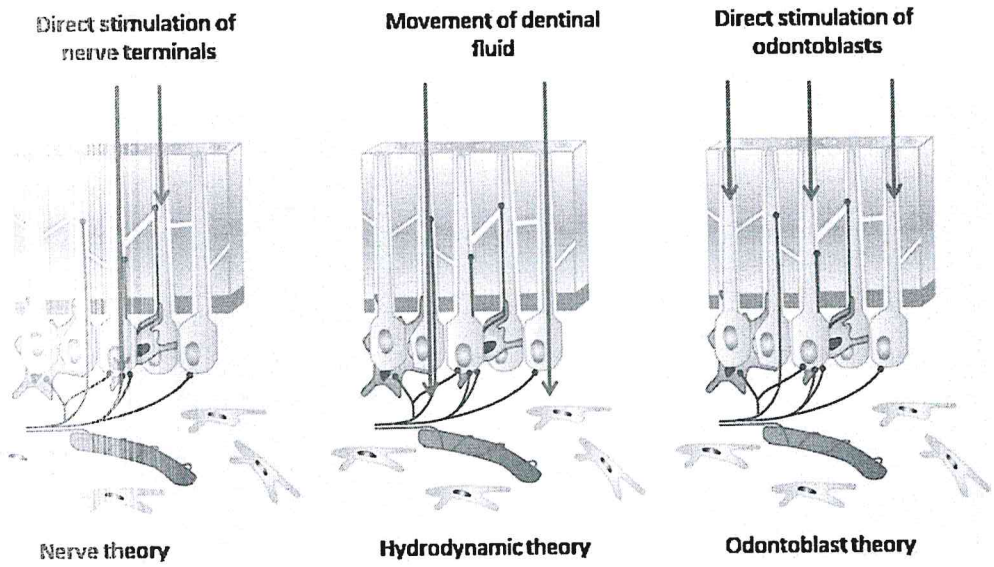
يتم تأمين المواد الغذائية لمصورات العاج عبر الارتشاح بوساطة شبكة الشعريات الدموية الغنية المحيطية (الشبكة الشعرية الانتهائية) وامتداداتها المتعددة باتجاه أجسام الخلايا المصورة للعاج (الشكل 35).



الشكل (35): الوظيفة الغذائية للب السن

3- وظيفة حسية Sensory Function

تؤثر المنبهات المحيطية في لب السن فتستجيب النهايات العصبية الحسية, ويظهر حس الألم. يتم تمييز طبيعة المنبهات المختلفة, مثل: الحرارة, البرودة, الحلاوة, الحموضة, انطلاقاً من نمط الألياف العصبية التي تم تحريضها. وقد وضعت نظريات عديدة لتفسير آلية حصول الألم السني إلا أن النظرية الهيدروديناميكية هي الأكثر قبولاً (الشكل 36).



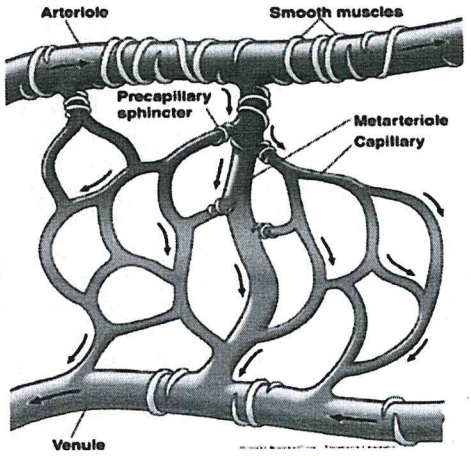
الشكل (36): نظريات تفسير الألم السني

تبين هذه النظرية أنه لكي يتم تحريض الألم لابد للعامل المحرض أن يثير حركية سوائل القنيات العاجية بوتيرة (شدة وسرعة وتكرارية) كافية لتحريض النهايات العصبية الحسية A أو C أو كليهما أحياناً للمنطقة الموافقة.

4- وظيفة محركة وعائية وقائية Protective Vasomotor Function

يضبط التعصيب المحرك الوعائي الودي الجدران العضلية الملساء للأوعية الدموية (الشكل 37), مؤدياً إلى تنظيم:

- حجم الدم اللبي.
- الضغط الداخلي اللبي.
- معدل التدفق الدموي اللبي.

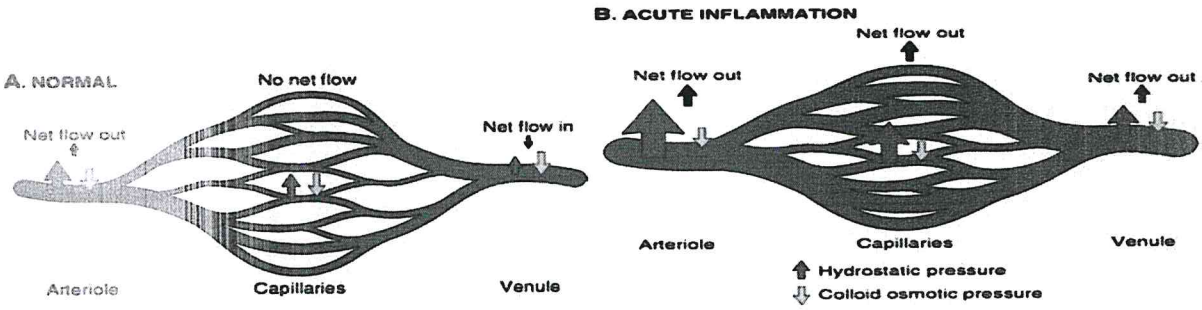


الشكل (37): الوظيفة المحركة الوعائية اللبية

5- وظيفة وعائية دفاعية Defensive Vascular Function

يمثل التهاب اللب استجابة دفاعية تجاه العوامل المخرشة, حيث تتفعل الخلايا الدفاعية وتزداد أعدادها لتقوم بتدبير الاضطراب اللبي وبلعمة الجراثيم الغازية وذيفاناتها على سبيل المثال.

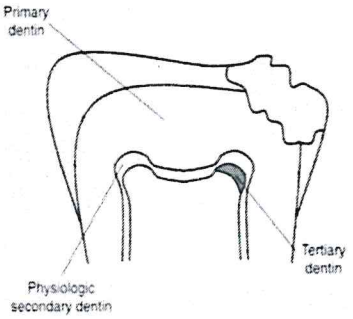
يمكن للتغيرات الالتهابية الوعائية أن تكون حادة أو مزمنة, فيمكن أن يحدث توسع وزيادة نفوذية وعائية, ثم انغلاق وعائي Vascular Collapse جزئي أو كامل وذلك حسب طبيعة العوامل المخرشة (شدة الفوعة الجرثومية) والحالة الصحية للب السن وعمره الوظيفي, ما سيحدد السيرة المرضية للإصابة وكيفية تفاقمها (الشكل 38). يمكن أن يشفى اللب عندما تكون الإصابة خفيفة عابرة وحالته الصحية جيدة بالاعتماد على خصائصه التجددية الذاتية.



الشكل (38): الوظيفة الوعائية الدفاعية اللبية

6- وظيفة تصنيعية: فيزيولوجية-وقائية Formative Function: Physiologic & Protective

تنتج الخلايا المصورة للعاج العاج الأولي Primary Dentin بما في ذلك القالب العضوي + العناصر غير العضوية, كما تنتج العاج الثانوي Secondary Dentin , الذي يحيط بلب السن لحمايته والحفاظ على سلامته الصحية في وجه المخرشات المعتدلة طيلة فترة الأداة الوظيفي للسن ضمن البيئة الفموية (الشكل 39).

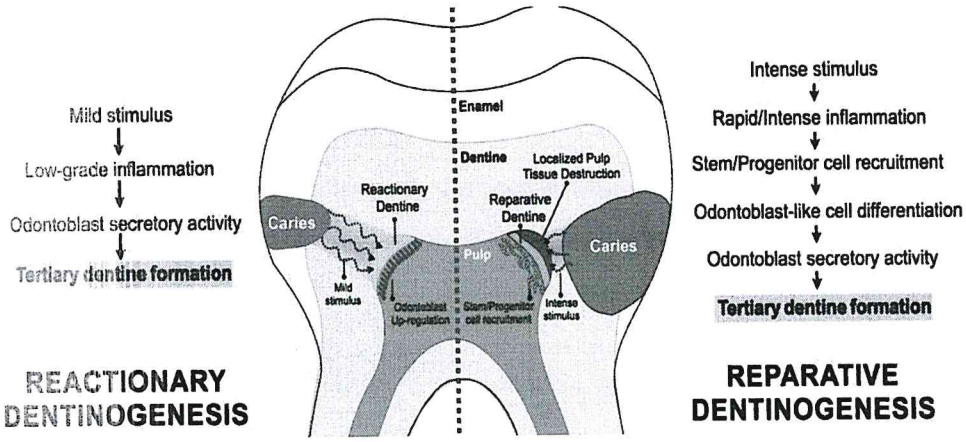


الشكل (39): العاج الأولي والثانوي

عندما تتجاوز شدة وسرعة التخريش الموضعي عتبة محددة تتخرب مصورات العاج الموافقة لموضع التخريش بشكل محدود, عندها يتم استدعاء خلايا ميزانشيمية غير متمايزة, لتتمايز إلى الخلايا المصورة للعاج الشبيهه, فتعاوض مصورات العاج المتخربة, وتنتج العاج الثالثي Tertiary Dentin بشكل موجه انتقائي في موقع الأذية (الشكل 40). يتصف العاج الثالثي بـ:

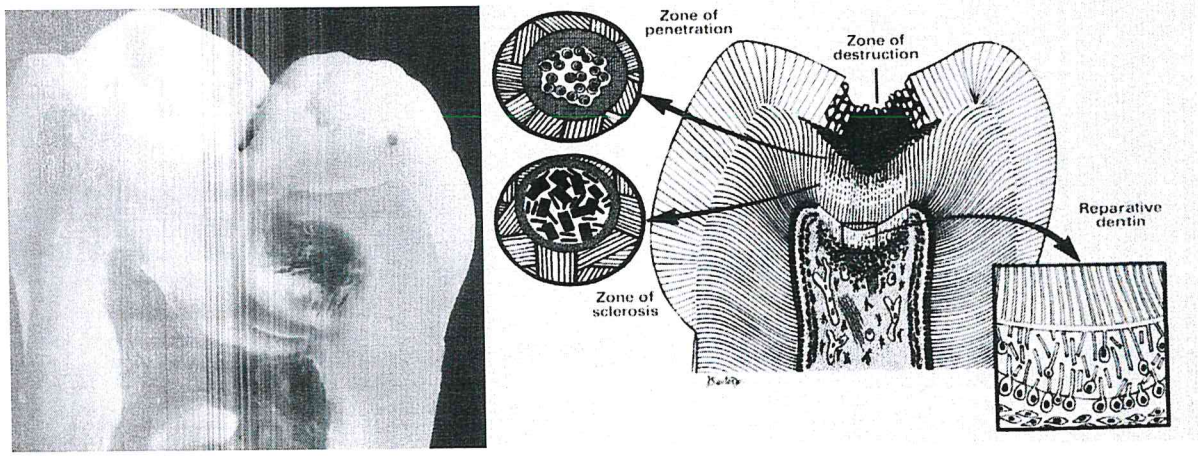
- أقنية عاجية أقل عدداً وانتظاماً
- ارتفاع نسبة التمعدن
- سرعة التشكل: معدل التشكل 3 ميكرون / اليوم, حيث يظهر نسيجياً بعد مرو: 30 يوماً على الأقل, ثم ينخفض مستوى تصنيعه بعد مرو: 132 يوماً.

يهدف تصنيع العاج الثالثي إلى إغلاق منافذ اللب (القنيات العاجية المنتظمة) عبر تصنيع عاج ذو خصائص دفاعية عازلة في سبيل الحد من امتداد وتأثير العامل المخرش في حيوية اللب.



الشكل (40): تشكل العاج الثالثي

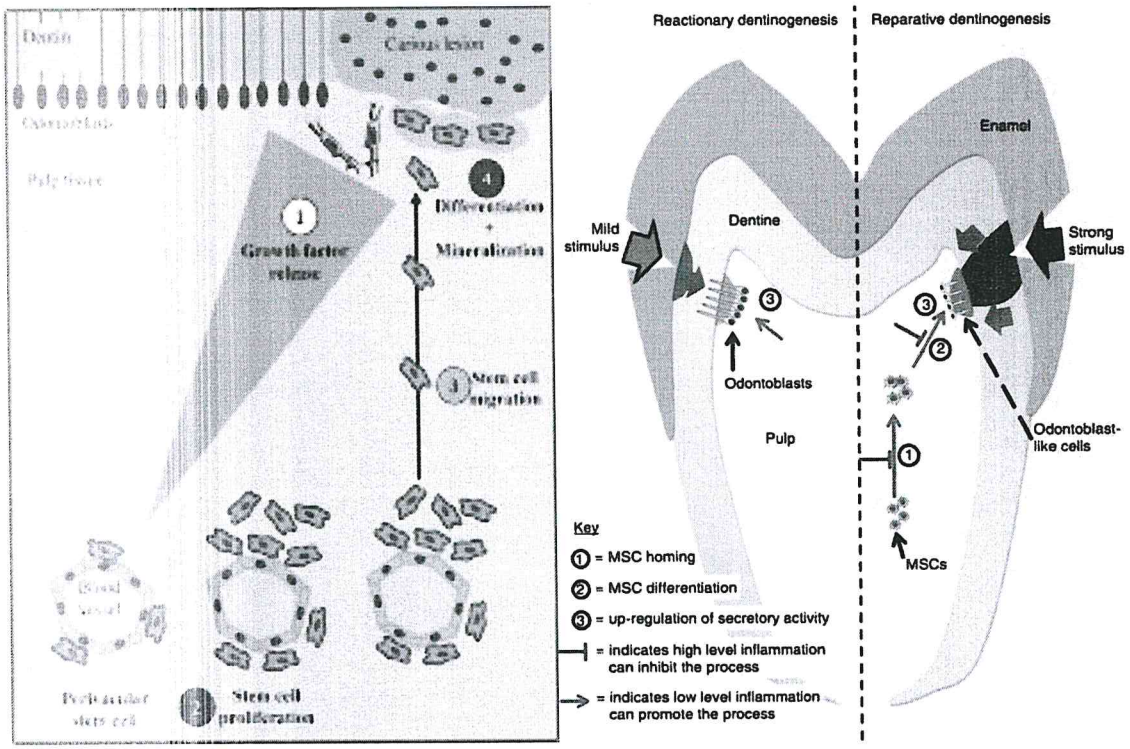
في هذا السياق, غالباً ما يترافق تشكل العاج الثالثي بإغلاق اللب لقنيات العاج الأولي في المنطقة المصابة عبر ترسيب الأملاح المعدنية في لمعتها, فيتشكل العاج المتصلب Sclerotic Dentin, لتخفيض نفوذية العامل المخرش باتجاه لب السن (الشكل 41).



الشكل (41): تشكل العاج الثالثي والعاج المتصلب

7- وظيفة تجددية: Regenerative Function

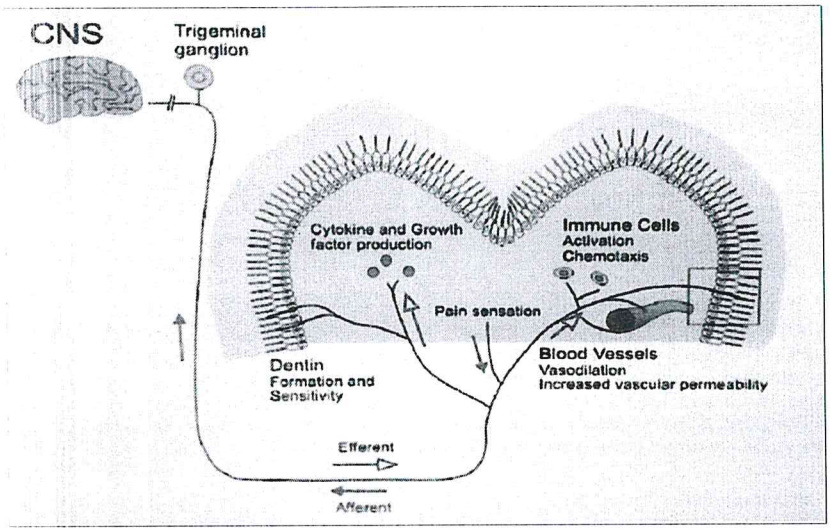
يتم تحقيقها بواسطة الخلايا الميزانشيمية الأرومية Progenitors (الجذعية) في لب السن, التي توجد بوفرة حول الأوعية الدموية. تستجيب الخلايا الأرومية اللبية للتخريش, فتنقسم ثم تتمايز إلى أنماط خلوية مختلفة, تبعاً لطبيعة الإشارات المرسلة, في سبيل تعزيز دفاعات اللب, أو شفاء مناطقه المتأذية, أو للتعويض عن أجزائه المتخربة (الشكل42).



الشكل (42): الوظيفة التجددية اللبية المعتمدة على الخلايا الميزانشيمية اللبية غير المتمايزة (التجذعية)

الأداء الوظيفي للب السن في الحالات الطبيعية

يعتمد على التمفصل والتكامل الوظيفي: العصبي – الوعائي – المناعي, في سياق الاستجابة والتلاؤم مع متطلبات البيئة الفموية, ومواجهة العوامل المخرشة للحد من الأذية والاضطراب اللبية الناتج (الشكل 44).

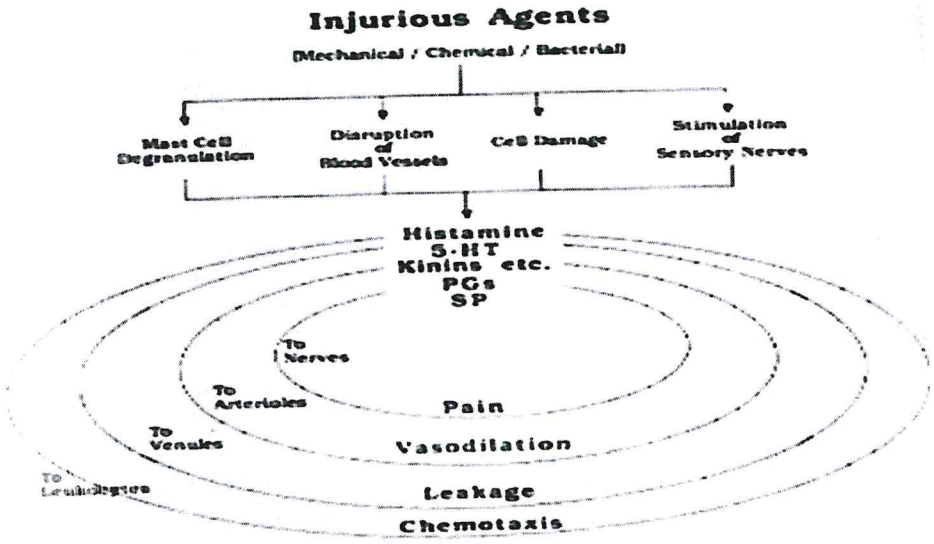


الشكل (44): التكامل الوظيفي اللبي العصبي – الوعائي – المناعي

الأداء الوظيفي للب السن في الحالات المرضية

تؤدي العوامل المخرشة على اختلاف طبيعتها سواء كانت حيوية (على الأغلب جرثومية), أو كيميائية, أو ميكانيكية, إلى تفعيل الخلايا البدينة, وإحداث تغيرات وعائية, وأذية خلوية, وإثارة النهايات العصبية الحسية, عبر الآلية المرضية التالية (الشكل 45):

- الهيستامين: موجه للكريات البيضاء ويؤدي إلى جذبها الكيميائي إلى مكان الأذية.
- السيروتونين5-HT: موجه للوريّدات ويؤدي إلى زيادة نفوذيتها.
- الكينينات Kinins: موجه للشريّنات ويؤدي إلى توسعها.
- البروستاغلاندينات PGs, الوسيط العصبي SP: موجه للأعصاب ويؤدي إلى تحريض حس الألم.



الشكل (45): الآلية المرضية اللبية تجاه العوامل السببية المخرشة

يمكن أن يعتمد الارتكاس الوعائي اللبي تجاه المخرشات الخارجية بشكل جوهري على العرى الشعرية والتفاغرات الشريّنية- الوريّدية AVA, حيث تؤدي العوامل المؤذية إلى زيادة الجريان الدموي, ما يؤدي إلى زيادة الضغط النسيجي إلى مستوى حرج: 16-20 مم زئبقي, مسبباً انفتاح AVA (الشكل 21), وبالتالي تحويل الجريان الدموي بعيداً عن المستقبلات الشعرية في سبيل المحافظة على PBF (ضغط التدفق الدموي).

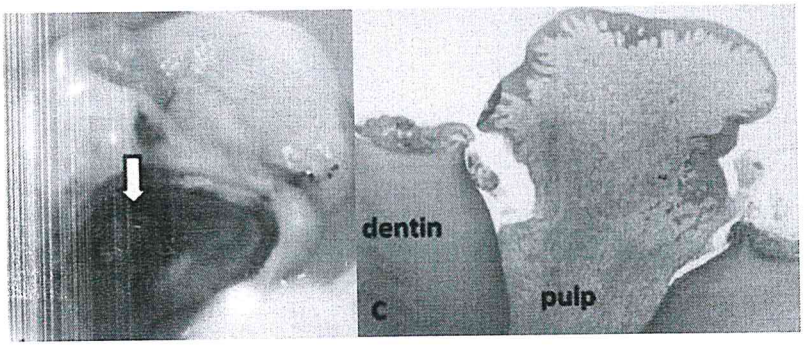
تتفاوت الارتكاسات اللبية عند ترميم الإصابات النخرية حسب شدتها, فعند ترميم النخور السطحية في حالة اللب الطبيعي, قد لا يحدث ارتكاس مرضي, أو يحدث ارتكاس لبي خفيف ينتهي بالشفاء عادة. بينما يثير ترميم الإصابة النخرية معتدلة الشدة والعمق المترافقة باحتقان اللب, حدوث ارتكاس لبي خفيف ينتهي بالشفاء غالباً, إذا تمت إجراءات التحضير والترميم حسب الأصول.

بالمقابل, تسبب الإصابة النخرية العميقة اضطراباً لبياً **التهابياً** تتفاوت طبيعته وشدته وامتداده تبعاً لعوامل عديدة منها الفعالية النخرية والحالة الصحية والوظيفية والعمرية للب. في مثل هذه الحالات يؤدي الترميم إلى ارتكاس لبي لا ينتهي بالشفاء, بل يتفاقم ليستلزم المعالجة اللبية, فالإصابة الالتهابية اللبية لا تتوقف بإزالة السبب كونها غير ردودة.

في هذا السياق, يؤدي عدم ترميم هذه الإصابات إلى:

- تعمم وتفاقم الاضطراب اللبي, من جزئي إلى كامل, ومن حاد إلى مزمن, مترافقاً بآلام متغيرة المواصفات ومتفاوتة الشدة.
- ستترافق التغيرات المرضية بتشكل بؤر تموت موضعية تزداد عدداً وامتداداً مع مرور الوقت
- ستنتهي بتموت اللب وإصابته بالإنتان
- يليه إصابة النسج حول الذروية.

تجدر الإشارة إلى أن الارتكاس اللبي تجاه تخريش الآفة النخرية يمكن أن يكون توالدي الطبيعة, كما في حالة التهاب اللب المزمن الضخامي عند اليافعين, الذي يصادف عندما تكون الدفاعات اللبية عالية وتقدم الآفة النخرية بطيئاً (الشكل 46).



الشكل (46): التهاب اللب المزمن الضخامي

4- التغيرات الاستحالية للب السن Degenerative Changes of Dental Pulp

- التعريف: تعب لبي ناجم عن التقدم بالعمر
- الأسباب: تأثير تراكمي لعوامل ومخرشات البيئة الفموية المستمرة في الحالة الصحية والوظيفية للب السن
- السمات: عديمة الأعراض والعلامات:
  - اختبارات حيوية اللب طبيعية
  - لا تترافق بتغير لوني أو غير ذلك
  - الاستثناء: يمكن أن تظهر أعراض وعلامات معينة عند استحالة كامل النسيج اللبي

- يمكن أن تظهر التغيرات الاستحالية اللبية عند الشباب عند وجود تخريش محدد:
  - مرضي المنشأ: عام أو موضعي
  - علاجي المنشأ: مثل حركات تقويمية عنيفة

تتعدد أشكال التغيرات الاستحالية للب السن, فقد تكون فجوية تصيب الخلايا المصورة للعاج, أو تكلسية تصيب أجزاء اللب المختلفة, ضمورية أو ليفية.

1- الاستحالة الفجوية لمصورات العاج Vacuolar degeneration of Odontoblasts

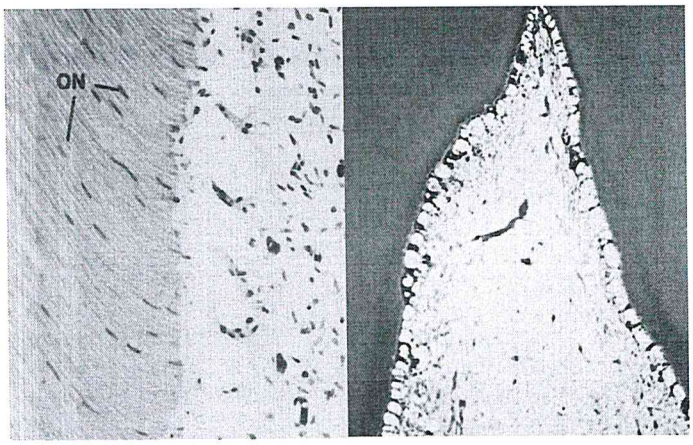
الضمور الشبكي للب Reticular Atrophy

الاستحالة الأكثر مصادفة, تحدث نتيجة تخرب الخلايا المصورة للعاج, فتظهر أجواف صغيرة ضمن هذه الطبقة. مع مرور الوقت تزداد هذه الأجواف عدداً وامتداداً نتيجة تخرب أعداد متزايدة من الخلايا المصورة للعاج, فينشأ المظهر الشبكي (الشكل 46).

الأسباب:

يعزى إلى التقدم بالعمر, حيث تختفي مصورات العاج تدريجياً في بعض المناطق, لتظهر مكانها أجواف فارغة تزداد عدداً مع مرور الوقت. يؤدي هذا التغير النسيجي إلى انخفاض استجابة اللب للمنبهات المختلفة نتيجة انخفاض حيويته.

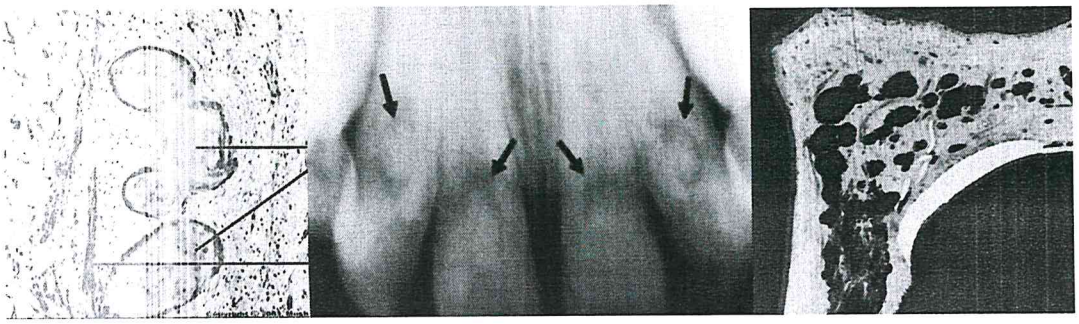
يمكن أن تعزى هذه الاستحالة أيضاً إلى عوامل مخرشة ذات شدة معتبرة, مختلفة الطبيعة, أدت إلى أذية موضعة أو معممة للخلايا المصورة للعاج, لم يتم التعويض عنها بخلايا سليمة جديدة, كما يحصل في حالة التحضير العنيف للحفر السنية العميقة, أو التحضير الجائر لتاج السن لأهداف تعويضية, أو تطبيق حركات تقويمية غير مدروسة.



الشكل (46): الاستحالة الفجوية لمصورات العاج

2- الاستحالة الكلسية Calcific Degeneration

من التغيرات المرافقة للتقدم بالعمر بشكل عام, تحدث نتيجة نشوء أجسام متكلسة أو متمعدنة ضمن النسيج اللبي في الحجرة اللبية أو في القناة الجذرية. يمكن أن تكون موضعة تدعى الحصيات اللبية Pulp stones – Denticles وعندما تكون بحجم كافي يمكن ملاحظتها شعاعياً, ويمكن أن تكون منتشرة فتشمل كامل النسيج اللبي. يمكن أن تشاهد في الأسنان البازغة الوظيفية وغير البازغة. يمكن أن تصادف عند الشباب وتزداد حجماً وعدداً مع تقدم العمر. تصنف إلى حرة أو جدارية, حقيقية أو كاذبة (الشكل 47).



الشكل (47): الاستحالة الكلسية– الحصيات اللبية

الحصيات اللبية الحقيقية True Pulp Stone

تتصف بتركيب يشبه العاج, ذو قنيات عاجية أقل انتظاماً متشعبة الاتجاه. تنشأ عن انفصال وانعزال مجموعة من الخلايا البشروية من غمد هيرتفغ البشروي خلال تطور السن وانحصارها ضمن الحليمة السنية, ثم تفاعلها مع الخلايا الميزانشيمية للحليمة السنية مؤدية إلى تمايز الأخيرة إلى مصورات عاج ستقوم بتشكيل أجسام عاجية صغيرة الحجم ضمن النسيج اللبي.

الحصيات اللبية غير الحقيقية False Pulp Stone

تكلسات تلقائية لمكونات اللب مثل ألياف الكولاجين والمادة الأساسية وبقايا الخلايا وغيرها. تشكل الخلايا الضامرة أو مناطق النزف اللبي أعشاشاً أو نقاط انطلاق تحرض تمايز خلايا اللب إلى مصورات العظم Osteoblast, التي تقوم بتشكيل قالب يتمعدن فيشكل طبقة دون أن تنحصر الخلايا المفرزة ضمنها. تشترك الطبقات المتمعدنة المتتالية التي لا تتضمن قنيات عاجية بمركز واحد. تترسب الطبقات المتتالية بشكل كرية تزداد حجماً بمرور الوقت ويمكن أن تملئ الحجرة اللبية بشكل كامل. يمكن أن يشير تكلس بعض أجزاء النسيج اللبي إلى سوء تغذية لبية.

التكلسات اللبية المنتشرة Diffuse pulp Calcification

تغيرات لبية تكلسية منتشرة في أكثر من موضع صغيرة الحجم, كثيرة العدد, بدون شكل محدد, تتكون من نسيج متكلس ذو طبيعة عاجية أو غير عاجية أو كليهما. يمكن أن تصادف الأجسام المتكلسة اللبية البؤرية بكثرة في الثلث الذروي, وتحدث نتيجة استحالة الهيالين في اللب الجذري, وتتبع مسير الأوعية الدموية أو الحزم الكولاجينية.

أسباب الاستحالة الكلسية: يمكن أن تعزى لواحد أو أكثر من العوامل التالية:

- موضعية تطورية: بقايا بشروية مندخلة ضمن النسيج, تشكل بؤر تكلس مستقبلية
- موضعية مرضية: التخريش المستمر والالتهابات اللبية المزمنة ونقص التروية والعوز الغذائي
- عام وراثي: يرافق بعض المتلازمات
- عام مجهول: اضطراب هرموني شاردي دوراني
- عام علاجي: يمكن أن يعزى للجرعات الزائدة من فيتامين D تشكل حصيات لبية متعددة.

الأهمية السريرية للاستحالة الكلسية

قبل المعالجة اللبية: يمكن أن تؤدي زيادة انتشار وكبر حجم الحصيات اللبية إلى الضغط على:

- النهايات العصبية القريبة ما يؤدي إلى ألم مبهم
- الأوعية الدموية القريبة ما يؤدي إلى ضمورها

خلال المعالجة اللبية: تؤدي إلى عدم الدقة في تشخيص الحالة الصحية الحيوية للب السن, وتعقيد إجراءات المعالجة اللبية:

- غياب المعالم التشريحية الطبيعية للمنظومة اللبية الحجروية والجذرية
- توسيع ميكانيكي غير اعتيادي
- توسيع كيميائي غير اعتيادي باستخدام العوامل الخالبة
- ارتفاع نسبة الأخطاء والاختلاطات الإجرائية

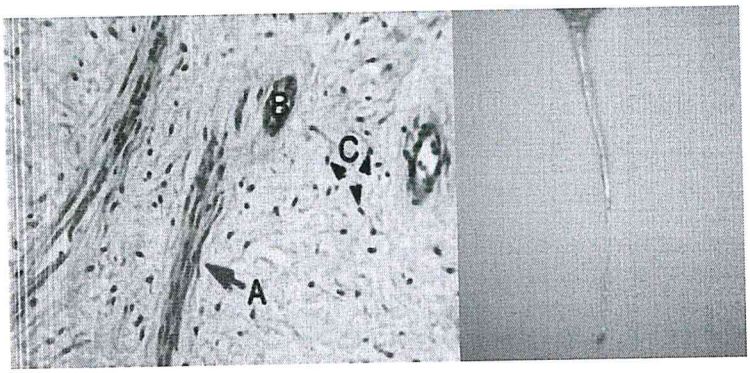
3- الاستحالة الضمورية Atrophic Degeneration

تتصف بنسيج لبي أقل حساسية من الحالة الطبيعية, وتصادف عند التقطيع النسيجي لألباب المتقدمين بالعمر. تعزى إلى انخفاض نسبة الخلايا, وارتفاع نسبة السوائل والمادة الخلالية. لا يوجد أعراض سريرية مميزة لهذه الحالة.

4- الاستحالة الليفية Fibrous Degeneration

تتصف بنسيج لبي ذو مظهر جلدي متليف, حيث تحل الألياف الضامة مكان الخلايا (الشكل 48). تصادف مع التقدم بالعمر, وترافق بانخفاض:

- أبعاد الحجرة اللبية
- التعصيب والتروية الدموية اللبية



الشكل (48): الاستحالة الليفية

تعزى إلى اختلال عملية التوازن بين بناء-هدم ألياف الكولاجين, حيث تزداد كثافة الألياف في بنية النسيج اللبي, نتيجة انخفاض معدل الهدم مع بقاء معدل البناء طبيعياً. لا يوجد أعراض سريرية مميزة لهذه الاستحالة.

4- الخاتمة والآفاق المستقبلية

يمتلك اللب خطوط دفاعية تجددية متآزرة تشكل أساس نجاح إجراءات الحفاظ على حيوية اللب:

- تقنيات التغطية اللبية: غير المباشرة والمباشرة
- نمو واكتمال التشكل الذروي

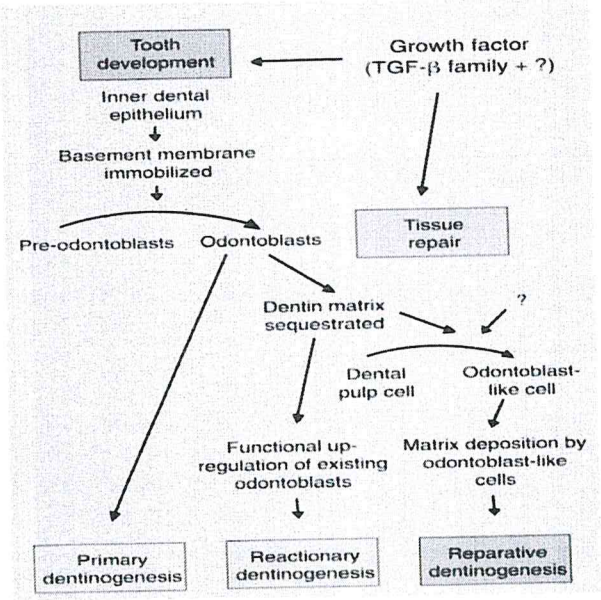
يؤدي **التقدم بالعمر** إلى انخفاض أبعاد النسيج اللبي:

- الحجرة اللبية: القرون اللبية – فوهات الأقنية
- القناة اللبية
- الذروة الحقيقية

يؤدي **التقدم بالعمر** إلى تغير طبيعة النسيج اللبي حيث تنخفض:

- الحساسية اللبية
- التروية الدموية اللبية
- القدرة الدفاعية المناعية التلاؤمية اللبية

تميل طرائق تدبير اضطرابات اللب السريرية الحالية إلى الأسلوب العدائي – الاجتياحي Aggressive – Invasive, بينما من المفترض الإفادة بشكل أعمق من خصائص اللب الدفاعية التلاؤمية لتدبير اضطراباته بشكل محافظ Noninvasive, قبل اللجوء لتدبير اضطراباته المرضية عبر التخلص منه نهائياً عند إجراء المعالجة اللبية التقليدية. إن تطور طرائق البحث العلمي سيوسع حدود المعرفة ويخلق أساليب علاج مستحدثة **غير اجتياحيه, أقل عدائية وأكثر حيوية** (المخطط 2).



المخطط (2): التدبير الحيوي المحافظ المقترح لاضطرابات لب السن

يمكن أن تعتمد الطرائق الحيوية لتدبير اضطرابات لب السن مستقبلاً على:

- محاكاة آليات التطور الجنيني: تدوير Recycle عوامل النمو والإشارة الكامنة لتعزيز الخاصية اللبية التجددية
- تعزيز دفاعات المركب اللبي العاجي عبر تمكين التمفصل الدوراني العصبي المناعي من خلال:
  - كسر حلقة الالتهاب المعيبة وتوفير وسائل تصريف مؤقتة داعمة لاستمرار الحيوية اللبية
  - تخفيض شدة الاستجابة الألمية اللبية عبر التنبيه الودي
  - تعزيز القدرة المناعية النوعية المضبوطة للنسيج اللبي ضد الذيفانات والجراثيم الغازية.