كلية طب الأسنان

مقرر
النانو وطب الأسنان
(DEFE902)

(المحاضرة الرابعة)

تقانة النانو في مداواة الاسنان الترميمية واللبية

الفصل الدراسي الأول
2025-2026

د. مزن محمود

المواد التقليدية المستخدمة في مداواة الأسنان

تستخدم العديد من المواد في طب الاسنان
مثلا يُستخدم الأملغم السني في المداواة الترميمية لما يتمتع به من خصائص ميكانيكية جيدة، كما يستخدم الكومبوزيت في الحشوات التجميلية و تستخدم مواد الأينومير الزجاجي للحشو المرحلي للأسنان الدائمة و المؤقتة و يمكن استخدامها كمواد حشي نهائية في بعض الحالات. لكنها تعاني من العيوب مما أدى ذلك للبحث و تطوير المواد لتحسين الخواص و الصفات للمواد الترميمية أدى ذلك لإدخال تقنية النانو و الجسيمات النانوية في طب الأسنان

صفات المواد التقليدية(ميزات و عيوب)		
المادة	ميزات	عيوب
الأملغم	متينة، توفر مقاومة كبيرة للتآكل السطحي، سهلة الاستخدام، تحتاج إلى وقت أقل لوضعها مقارنة بالمواد الأخرى؛ تمنع التسرب البكتيري، تدوم لفترة طويلة عند وضعها في ظروف محكمة، موفرة للمال.	قد إزالة كبيرة من النسج السنية، وانخفاض في الصفات الجمالية، وردود فعل تحسسية موضعية، وقد يكون للزئبق، وهو أحد مكوناتها، آثار سامة.
الأينومير الزجاجي	يوفر ناحية جمالية، ويمنع التسوس عن طريق إطلاق الفلورايد، ويتطلب إزالة الحد الأدنى من السن، وحساسية منخفضة للأسنان.	الاستخدام محدود، وتصبح المادة خشنة مع مرور الوقت ويمكن أن تزيد من تراكم اللويحة مما يؤدي إلى أمراض اللثة.
الكومبومير	يتميز بمظهر جمالي جيد للغاية، ويعمل ضد التسوس عن طريق إطلاق الفلورايد، ويتطلب إزالة الحد الأدنى من السن، ويمكن استخدامه في الترميم الأولي للأسنان، وهو أفضل من الأيونومرات الزجاجية، ويوفر مقاومة للتسرب، ومعدل منخفض من حساسية الأسنان.	التكلفة مماثلة للراتنج المركب، لكن الاستخدام المحدود يؤدي إلى تآكل أسرع من الراتنج المركب والحشوات الأملغمية.
الكومبوزيت	قوية ومتينة، بلون الأسنان،جمالية عالية و مقاومة للكسر، تحافظ على أكبر قدر من الأسنان، خطر التسرب الحفافي منخفض، لا تتعرض للتسوس وتوفر مقاومة جيدة لقوى العض.	يحدث حساسية متوسطة للأسنان، وتكون أكثر تكلفة، وتتقلص عند تصلبها مما قد يؤدي إلى حساسية للحرارة، وقد يحدث تسرب بمرور الوقت.

المواد النانوية في مداواة الأسنان الترميمية

الأنواع الرئيسية للمواد النانوية الترميمية

1.المركبات الراتنجية النانوية(Nanocomposites)

- **التعريف:** مواد راتنجية تعتمد على قالب بوليمري مدعّمة بجسيمات مالئة (fillers) نانوية يتراوح حجمها بين ٢٠–١٠٠ نانومتر.
- **التركيب:** مزيج من جسيمات نانوية مفردة ومجمّعة (nanoclusters) بهدف تحقيق توازن بين القوة الميكانيكية وسهولة الصقل.
- **الخصائص:**
  - سطح أملس يمكن تلميعه بسهولة.
  - احتفاظ ممتاز باللمعان.(Gloss retention)
  - مقاومة محسّنة للاهتراء والتآكل.(Wear resistance)
  - ثبات لوني أفضل من الحشوات التقليدية.

2.الإسمنت الزجاجي الشاردي النانوي(Nano-ionomer Cements)

- **التعريف:** تطوير للإسمنت الزجاجي الشاردي التقليدي (Glass Ionomer Cement – GIC) بإضافة جسيمات نانوية مثل SiO_2 وAl_2O_3.
- **الفوائد:**
  - تعزيز الخواص الميكانيكية.
  - إطلاق مطوّل للفلوريد.(Sustained fluoride release)
  - تحسين خاصية الالتصاق بالنسج السنية.
  - تقليل التسرب المجهري.(Microleakage)

3.الإضافات النانوية المضادة للجراثيم(Antimicrobial Nanoparticles)

- **الأنواع الأكثر استخداماً:**
  - جسيمات الفضة.(Silver nanoparticles – AgNPs)
  - أكسيد الزنك.(Zinc oxide nanoparticles – ZnO NPs)
  - أكسيد التيتانيوم.(Titanium dioxide nanoparticles – TiO_2 NPs)
- **الآلية:**
  - إطلاق شوارد) مثل Ag^+ أو (Zn^{2+} التي تتداخل مع أغشية خلايا الجراثيم وتؤدي إلى موتها.
  - إنتاج الأكسجين التفاعلي (ROS) الذي يسبب أكسدة المكوّنات الخلوية للجراثيم.
  - منع تكوين طبقة اللويحة.

الآليات الفيزيائية والكيميائية لعمل المواد النانوية الترميمية

١. **زيادة المساحة السطحية:**
الجسيمات النانوية تمتلك نسبة سطح/حجم عالية، مما يسمح بارتباط كيميائي أقوى مع الراتنج، وبالتالي تقليل مناطق الضعف في البنية.

٢. **التوزع المتجانس للجسيمات:**
يقلل من تركّز الإجهاد(Stress concentration) ، ويحسّن مقاومة الكسر والانثناء.

٣. **التفاعل الكيميائي:**
جسيمات SiO_2 النانوية يمكن تعديل سطحها باستخدام مواد ربط مثل Silane coupling agents لضمان اندماجها داخل القالب البوليميري.

٤. **التأثيرات البصرية:**
صغر حجم الجسيمات يقلل من تشتت الضوء ←تحسين الشفافية والجمالية.

جدول (١): مقارنة بين المواد الترميمية التقليدية والنانوية

الخاصية	**المواد النانوية**	**المواد التقليدية**
مقاومة الاهتراء	عالية	متوسطة
الاحتفاظ باللمعان	ممتاز	ضعيف نسبياً
إطلاق الفلوريد	مطوّل(Nano-ionomers)	محدود
مقاومة الجراثيم	محسّنة معAgNPs	غير فعالة
التكلفة	أعلى	أقل
حجم الجسيمات	20-75نانومتر	1-10ميكرومتر
مقاومة التآكل	عالية	متوسطة
الانكماش أثناء التصلب	1-2%	3-5%
الجمالية	طبيعية جداً	محدودة
العمر الافتراضي	10-12سنة وأكثر	5-7سنوات
المتانة	عالية	منخفضة نسبياً
التصاق بالسن	عالي جداً	محدود
مقاومة التسرب المجهري	ممتازة	ضعيفة

المواد النانوية في مداواة الأسنان اللبية

تُعد المعالجة اللبية إحدى التحديات الكبرى في طب الأسنان، إذ تتطلب المواد المستخدمة في هذه الإجراءات خصائص معقدة: **قدرة على الختم(Sealability) ، توافق حيوي(Biocompatibility) ، تأثير مضاد للجراثيم، وتحفيز للتجدد الحيوي.**
وقد شكّلت تقنية النانو نقلة نوعية في هذا المجال عبر تطوير مواد جديدة مثل:

أولاً: نانو-هيدروكسي أباتيت(Nano-hydroxyapatite, nHA)

الهيدروكسي أباتيت ($Hydroxyapatite – Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) هو المكوّن المعدني الأساسي للعظم والعاج. عندما يُحضّر بحجم نانوي (٢٠–٨٠ نانومتر)، يكتسب خصائص حيوية وفيزيائية فريدة.

- يعمل كمصدر لشوارد الكالسيوم والفوسفات، مما يحفّز **إعادة التمعدن (Remineralization)** داخل القناة الجذرية.
- يشكل طبقة رقيقة معدنية على جدران العاج، تساعد على **سد الأنابيب العاجية** وتقليل النفاذية.
- يعزز التصاق المواد السادّة بجدران الأقنية الجذرية.

ثانياً: Nano-MTA (Nano-mineral trioxide aggregate)

مادة MTA التقليدية (Mineral Trioxide Aggregate) تُستخدم في إغلاق الانثقابات (Perforation repair)، إغلاق الذروة (Apexification). عند تحضيرها بحجم نانوي، تكتسب مميزات إضافية.

- الحجم النانوي يزيد مساحة السطح، مما يسرّع **زمن التصلب.(Setting time)**
- يقلل النفاذية ويحسن خاصية الختم.(Sealability)
- يحفّز تمايز الخلايا الجذعية اللبيّة.(Stem cell differentiation)
- يحسّن التوافق الحيوي ويقلل الاستجابة الالتهابية.

ثالثاً: مواد الحشو النانوية(Nano-sealers)

- مواد راتنجية مضاف إليها.nHA
- سيليكات الكالسيوم بحجم نانوي.
- مواد معززة بجسيمات الفضة أو.ZnO

الفوائد

- قوة ارتباط أعلى مع العاج.
- خصائص مضادة للجراثيم.
- تقليل خطر التسرب المجهري.(Microleakage)

رابعاً: سوائل الإرواء النانوية(Nanoparticle-based Irrigants)

- محلول هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) المدعّم بـAgNPs.
- الكلورهيكسيدين النانوي.(Nano-CHX)

الفوائد

- قدرة اختراق أعلى في الأنابيب العاجية.
- فعالية أكبر ضد الجراثيم المقاومة مثل *Enterococcus faecalis*.
- فترة أطول من النشاط المضاد للجراثيم.

جدول (٢): مقارنة بين مواد لبية تقليدية ونانوية

الخاصية	**المواد النانوية**	**المواد التقليدية**
زمن التصلب	أقصر(Nano-MTA)	طويل (MTA التقليدي)
الختم(Sealability)	أفضل	جيد
إعادة التمعدن	قوي(nHA)	محدود
النشاط المضاد للجراثيم	مرتفع(AgNPs, ZnO NPs)	متوسط
التكلفة	أعلى	أقل