

تقانة النانو في طب الأسنان

د. محمد أحمد معلا

(محاضر في كلية طب الأسنان-جامعة المنارة، البريد الإلكتروني: mohammad.moualla@manara.edu.sy)

الملخص

تعتبر تقنية النانو من أحدث التقنيات المستخدمة في معظم مجالات الحياة بما في ذلك مجالات الطب. تقوم هذه التقنية على مبدأ أنه كلما اقترب الإنسان من العالم الذري للمادة كلما اكتشف العديد من الخيارات والإمكانيات المتعلقة بهذه الجسيمات الأساسية لبناء المادة. تتيح تقنية النانو العمل على إنشاء روابط جديدة ما بين الجزيئات المكونة للمادة بما يضمن الحصول على مواد جديدة بخواص فيزيائية فريدة من نوعها. أدى الاهتمام المتزايد بتطبيقات النانو في مجال طب الأسنان إلى ظهور مجال جديد يدعى طب الأسنان النانوي (Nanodentistry).

تتطرق هذه المقالة إلى تطبيقات النانو في مجال طب الأسنان، كالتشخيص النانوي (Nanodiagnosics) والعلاج باستخدام تقنية النانو وصناعة أسنان بتقنية النانو بالإضافة إلى استخدام هذه التقنية في تقويم الأسنان. في نهاية المقالة ستمت الإشارة إلى مخاطر استخدام الجسيمات النانوية ضمن الجسم البشري.

ABSTRACT

Nanotechnology is one of the latest technologies used in almost all areas of life including medicine. The concept of nanotechnology is that when we go down to the bottom of things, we can discover unlimited possibilities and potential of these basic particles. In nanotechnology, analysis can be made to the level of manipulating atoms, molecules and chemical bonds between these particles. The growing interest in the dental applications of nanotechnology is leading to the emergence of a new field called nanodentistry. We discuss in this article the applications of nanotechnology in dentistry, such as diagnostics and treatment with nanoparticles, composites artificial teeth and orthodontic treatment using nanoparticles. At the end we mention the hazards of nanoparticles on human body.

1. مقدمة

في القاع "there is plenty room at the bottom". لكن العالم الياباني نوريو تانيجوشي من جامعة طوكيو للعلوم هو أول من استخدم المصطلح Nano-technology عام 1974. بالإضافة إلى ذلك، يعتبر كتاب محركات الخلق: العصر القادم لتقنية النانو (Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology) للعالم الأمريكي Kevie. E. Drexler عام 1986 من أوائل وأشهر الكتب حول تقنية النانو. تقوم الفكرة الأساسية لتقنية النانو على توظيف الذرات والجزيئات الفردية لبناء بنى وهياكل بخواص فريدة. من الممكن تطبيق تقنية النانو في العديد من المجالات الطبية كالبحوث الدوائية

تشير تقنية النانو إلى علم جديد يعنى بالمستوى الذري والجزيئي للمادة. يعتبر أصل الكلمة نانو "Nano" يوناني و معناه القزم "Dwarf"، حيث أن واحدة النانو صغيرة جداً فهي تعادل واحد بالمليار من المتر 10-9 m. تعتبر مقارنة حجم النانومتر بحجم المتر كمقارنة حجم كرة زجاجية بحجم الكرة الأرضية (الشكل 1).

يعتبر الفيزيائي الأمريكي الشهير ريتشارد فاينمان أول من وضع التصور الأساسي لتقنية النانو من خلال محاضراته الشهيرة في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا عام 1959 بعنوان هناك متسع كبير

كنتيجة للاهتمام المتزايد بمستقبل تطبيقات النانو في مجال طب الأسنان، فقد نشأ مجال جديد يدعى طب الأسنان النانوي (Nanodentistry). سيتيح تطور طب الأسنان النانوي الحفاظ على صحة الفم بشكل مثالي تقريباً من خلال استخدام المواد النانوية (Nanomaterials) بالإضافة إلى التقانات الحيوية كهندسة الأنسجة والروبوتات النانوية.

تتضمن إمكانيات العلاج الجديدة باستخدام تقنية النانو، التخدير الموضعي والعلاج الدائم لفرط الحساسية وإعادة تقويم الأسنان خلال زيارة واحدة لعيادة الطبيب بالإضافة إلى الحفاظ على صحة الفم بشكل دائم باستخدام معجون الأسنان النانوي (Nanorobotic dentifrice) التي تقضي على البكتيريا المسببة للتسوس ناهيك عن قدرتها على معالجة منطقة التسوس ضمن السن.

II. تطبيقات تقنية النانو في التشخيص والعلاج

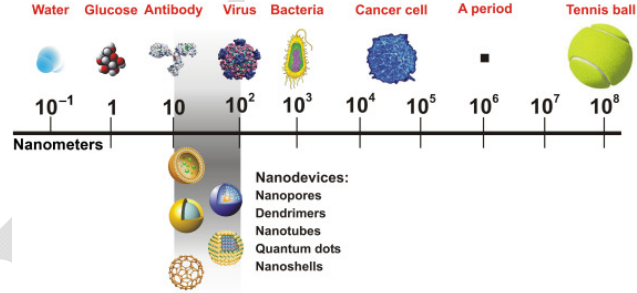
يتيح الطب النانوي الكشف المبكر عن الأمراض على المستوى الخلوي والجزيئي، من خلال استخدام أجهزة تشخيص نانوية خاصة لجمع عينات من السوائل والأنسجة البشرية بغية إجراء تحاليل مخبرية، وهذا يزيد من كفاءة وموثوقية التشخيص المخبري في الكشف المبكر عن الجزيئات السامة والخلايا السرطانية.

أ. تشخيص وعلاج سرطان الفم

(Diagnosis and treatment of oral cancer)

تعتبر الإكسوزومات (Exosomes) حويصلات إفرازية مرتبطة بغشاء تحتوي على علامة بروتينية وجينومية يكون مستواها مرتفع في الورم الخبيث. تمت دراسة هذه العلامة باستخدام مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope, AFM) الذي يعتمد في عمله على الجسيمات النانوية. هناك العديد من الاختبارات الممكن إجراؤها لتشخيص سرطان الفم كاختبار السائل الفموي باستخدام المستشعر النانوي (Nanosensor). هناك ما يعرف بالقشرة النانوية (Nanoshells) وهي عبارة عن

والتشخيص السريري وهندسة الأنسجة البيولوجية والكشف عن البروتينات وفحص بنية الحمض النووي DNA وتحسين التباين في صور التجاويف المغناطيسي النووي MRI بالإضافة إلى تدمير الخلايا السرطانية عن طريق فصل وتنقية الجزيئات والخلايا البيولوجية.



الشكل 1: مقياس يظهر أبعاد العديد من الأجسام بوحدة النانومتر.

تتيح تقنية النانو الأقتراب من العالم الذري ما يعني اكتشاف العديد من الخواص الفيزيائية والإمكانيات للجسيمات الأولية المكونة للمادة والروابط الكيميائية فيما بينها. تشمل الجسيمات النانوية المختلفة ما يعرف بالمسامات النانوية (Nanopores) والأنابيب النانوية (Nanotubes) والنقاط الكمومية (Quantum dots) والأصداف (القشرة) النانوية (Nanoshells) والأغلفة النانوية (Nanospheres) والأسلاك النانوية (Nanowires) والكبسولات النانوية (Nanocapsules) والجذور النانوية (Nanorods)، إلخ.

تم حديثاً اختراع آلات صغيرة جداً تعرف باسم (Nanoassemblers) يمكن التحكم بها بواسطة كومبيوتر لأداء وظائف محددة. تمتاز هذه الأجسام بأنها أصغر من نواة الخلية ما يمكنها من الوصول إلى الأماكن غير الممكن الوصول إليها بواسطة يد الطبيب أو حتى بواسطة أي تقنية طبية أخرى. من الممكن استخدامها في تدمير البكتيريا المسؤولة عن إحداث التسوس ضمن الفم بالإضافة إلى إمكانية إصلاح البقع على الأسنان بفعل التسوس عن طريق استخدام أجهزة كومبيوتر خاصة لتوجيه هذه الأجسام [1].

أظهرت العديد من الدراسات أنَّ التضاريس على سطح الزرعة تؤثر بشكل كبير على الخلايا العظمية وأن شكل السطح النانوي يعزز التصاق الخلايا العظمية حيث يوفر التحكم بالسطح النانوي للزرعة مساحة إضافية لسطح الزرعة تمكنها من التفاعل مع البيئة البيولوجية المحيطة.

ث. المواد المستخدمة في استبدال العظام (Bone replacement materials)

تهدف تقنية النانو إلى محاكاة البنية الطبيعية الموجودة على العظام، والتي تتكون من مركبات عضوية (بشكل رئيسي الكولاجين) ومعزز بأخرى غير عضوية. تظهر البلورات النانوية بنية مجهرية عالية الدقة مع وجود ثقوب نانوية بين البلورات. يتم تعديل أسطح المسام بحيث تمتص البروتين، وذلك بسبب إضافة جزيئات السليكا. يمكن علاج عيوب العظام باستخدام بلورات هيدروكسي الأباتيت النانوية.

ج. التخدير النانوي (Nanooanesthesia)

يمكن استخدام تطبيقات تكنولوجيا النانو للحث على التخدير. يتم حقن لثة المريض بمعلق غرواني (Colloidal suspension) يحتوي على ملايين من الجسيمات النشطة والممكنة بحجم ميكرون والتي تستجيب للمدخلات التي يقدمها طبيب الأسنان. بعد ملاسة سطح التاج أو الغشاء المخاطي، تصل الروبوتات النانوية المتنقلة إلى اللب عبر التلم اللثوي (gingiva sulcus) والصفحة البروبيا (Lamina Propia) والأنابيب العاجية (Dentinal tubules)، مسترشدة بالتدرج الكيميائي وفوارق درجات الحرارة التي يتحكم فيها طبيب الأسنان. بمجرد دخولهم إلى اللب، يقومون بإيقاف كل الإحساس عن طريق التأسيس للسيطرة على حركة النبضات العصبية في أي سن يتطلب العلاج.

وبعد الانتهاء من العلاج، فإنها تستعيد الإحساس وبالتالي توفر للمريض راحة دون الحاجة إلى القلق. يعتبر التخدير سريع

جسيمات نانوية مغطاة بطبقة معدنية رقيقة (الذهب مثلاً) تستخدم في علاج السرطان من خلال قدرتها على تمييز الخلايا السرطانية المصابة وبالتالي تدميرها من دون المساس بالخلايا السليمة. تم تصنيع جسيمات نانوية مغلقة بنظائر مشعة يتم وضعها بالقرب من الورم السرطاني أو داخله بغية تدميره، ولكن لا تزال هذه التقنية قيد الاختبار.

ب. هندسة الأنسجة بتقنية النانو وطب الأسنان (Tissue engineering and dentistry)

تشمل التطبيقات المحتملة لهندسة الأنسجة وأبحاث الخلايا الجذعية في طب الأسنان كلاً مما يلي: علاج كسور الفم (Orofacial fractures) وعلاج تضخم العظام (Bone augmentation) وتجديد الغضاريف في المفصل الصدغي الفكي (Cartilage regeneration of the Temporomandibular joint) وتجديد الرباط اللثوي (Periodontal ligament regeneration) والاندماج العظمي للزرعات (Implant osseointegration).

تتيح هندسة الأنسجة بتقنية النانو وضع زرعات سنية أكثر استقراراً وتختصر فترة التعافي الطويلة بيولوجياً وفيزيولوجياً أكثر من الغرسات المستخدمة سابقاً، حيث أنه من الممكن تطوير الطعوم العظمية ذات الخصائص الأفضل باستخدام بلورات هيدروكسي الأباتيت النانوية (Nanocrystalline Hydroxyapatite) المسؤولة عن تحفيز تكاثر الخلايا اللازمة لتجديد أنسجة اللثة.

ت. تقنية النانو الحيوية وزراعة الأسنان (Bio-nano technology and dental implants)

تم تحفيز تكاثر الخلايا العظمية من خلال إنشاء جزيئات نانوية على سطح الزرعة السنية، حيث يعد تخشين سطح الزرعة على مستوى النانو أمراً مهماً للاستجابة الخلوية التي تحدث في الأنسجة.

المفعول وقابل للعكس ولا توجد آثار جانبية أو مضاعفات مرتبطة باستخدامه.

تصل إلى 1-10 مايكرومتر في الثانية، ويتم إبطال مفعولها ذاتياً بأمان عند ابتلاعها.

ح. محاليل نانوية (Nanosolutions)

توفر المحاليل النانوية جسيمات متناهية الصغر فريدة من نوعها وقابلة للتشتت، والتي يمكن أن تكون المستخدمة في الربط والتثبيت. يتمتع مركب نانوي جديد (Dentiflow) بقوة ربط مقبولة لربط أقواس تقويم الأسنان ويمكن استخدامه بدون سائل لتقليل وقت إجراء الترابط مع الحفاظ على قوة ربط مقبولة. بينت التجارب السريرية أن المركب النانوي يتمتع بقوة ربط أقل مقارنةً بمركب تقويم الأسنان التقليدي ولكنه كان ضمن نطاق الترابط المقبول سريرياً.

كما تم استخدام الجسيمات النانوية كمحلول تعقيم (sterilizing solution) في شكل قطرات زيت مستحلب نانوية تهاجم مسببات الأمراض.

خ. الإبر النانوية (Nanoneedles)

تم في الآونة الأخيرة تطوير إبر خياطة تحتوي على بلورات من الفولاذ المقاوم للصدأ بحجم النانو وهي تحمل الاسم التجاري (Sandrik Bioline, RK91needles, AB Sandrik (Sweden), كما أنّ الملاقط النانوية (Nano tweezers) مازالت قيد التطوير، مما سيجعل جراحة الخلايا ممكنة في المستقبل القريب.

د. معاجين الأسنان النانوية

Nanorobotic dentrifices (dentifrobots)

يمكن للروبوتات النانوية، على شكل غسول الفم أو معجون أسنان، تنظيف البقايا العضوية عن طريق التحرك في جميع أنحاء الأسطح فوق اللثة وتحت اللثة، واستقلاب المواد العضوية المحتبسة إلى أبخرة غير ضارة وعديمة الرائحة وإجراء تنضير مستمر للجير. يمكن لهذه الجسيمات النانوية أن تتحرك بسرعة

ذ. علاج فرط الحساسية (Hypersensitivity cure)

قد يكون سبب فرط الحساسية هو التغيرات في الضغط الذي ينتقل هيدروديناميكياً إلى اللب. يبلغ قطر الأنابيب السنية في الأسنان شديدة الحساسية ضعف قطرها وثمانية أضعاف كثافة سطحها مقارنةً بتلك الموجودة في الأسنان غير الحساسة. يمكن للجسيمات النانوية أن تسد الأنابيب المختارة بشكل انتقائي ودقيق في دقائق باستخدام مواد خاصة، مما يوفر للمرضى علاجاً سريعاً ودائماً.

ر. المعالجة التقويمية Orthodontic Treatment

قد ينتج عن القوة المفرطة لتقويم الأسنان فقدان التثبيت وامتصاص الجذر، فقد بينت إحدى الدراسات انخفاض في قوة الاحتكاك الناتجة عن حركة تقويم الأسنان عن طريق طلاء سلك تقويم الأسنان بجسيمات ثاني كبريتيد التتغستن غير العضوية الشبيهة بالفوليرين (IF-WS2) المعروفة بخصائص التشحيم الجاف الممتازة [2].

كما أفادت إحدى الدراسات بأنّ الأقواس المطلية بطبقة رقيقة من أكسيد التيتانيوم والمزودة بالنيتروجين أظهرت خصائص التصاق عالية مضادة للميكروبات والبكتيريا المسببة للأمراض الفموية الطبيعية، وهو فعال في الوقاية من إزالة المعادن في المينا والتهاب اللثة لدى مرضى تقويم الأسنان [3].

لم يكن لتطبيق نظام إزالة التلوث (decontamination regimen) أي تأثير على الأسلاك المصنوعة من النيكل والتيتانيوم، ولكن كان له تأثير ذو دلالة إحصائية على الأسلاك الفولاذية، فقد أدت إزالة التلوث من الأسلاك الفولاذية إلى زيادة كبيرة في صلابة السطح وتقليل خشونته.

في تقنيات التصوير الرقمي للأسنان باستخدام تقنية النانو، حيث يتم تقليل الجرعة الإشعاعية اللازمة لإجراء الصورة الشعاعية الرقمية باستخدام وميضات الفوسفور النانوية (Nanophosphor scintillators) ويتم الحصول على صور عالية الجودة [4].

ض. إصلاح الأسنان الرئيسية/هندسة الأنسجة النانوية (Nanotissue engineering/Major tooth repair)

يسمى استبدال السن بالكامل، بما في ذلك المكونات الخلوية والمعدنية، باستبدال الأسنان الكامل. وقد أصبح هذا ممكناً من خلال مزيج من تكنولوجيا النانو والهندسة الوراثية وهندسة الأنسجة.

ط. تعقيم الأسطح (Surface Disinfectants)

تم استخدام تقنية النانو الحديثة لإنتاج مطهر نانوي سطحي يسمى Eco-True والذي قيل إن له تأثيراً مدمراً بنسبة 100% على فيروس نقص المناعة البشرية HIV والجراثيم. تشمل التطبيقات السريرية لهذا المطهر النانوي تعقيم الأدوات الطبية بغرض الوقاية من العدوى بعد العمليات الجراحية. استخدمت شركة EnviroSystems في سان خوسيه في الولايات المتحدة تكنولوجيا النانو لإنتاج مواد كيميائية قوية ولكنها صديقة للبيئة.

ظ. تصوير وتتبع الخلايا الجذعية (Stem cells imaging/tracking)

بغية تقييم الفعالية العلاجية للخلايا الجذعية المزروعة ضمن الفم، من المهم تتبع بقائها وهجرتها ومصيرها وتأثيرها التجديدي في الجسم الحي. يمكن تتبع هذه الخلايا الجذعية في الجسم الحي بعد الزرع باستخدام تقنيات وضع العلامات المختلفة (Labeling techniques). من الممكن وضع العلامات الأولية باستخدام صباغ الفلورسنت (Fluorescent dyes) أو الجسيمات النانوية المغناطيسية مثل أكسيد الحديد الفائق

يمكن للروبوتات النانوية لتقويم الأسنان أن تتلاعب بشكل مباشر بأنسجة اللثة، مما يسمح بتقويم الأسنان بشكل سريع وغير مؤلم، وتوويرها وإعادة وضعها عمودياً بالإضافة إلى إصلاح سريع للأنسجة خلال دقائق إلى ساعات.

ز. صناعة الأسنان بتقنية النانو (Nanocomposites artificial teeth)

تمتاز الحشوات غير العضوية المصنعة باستخدام تقنية النانو بتوزيعها بشكل متجانس في الأسنان الاصطناعية النانوية. أظهرت الدراسات أن الأسنان الاصطناعية النانوية أكثر متانة من الأسنان الصناعية التقليدية ومقاومتها للتآكل أعلى.

س. الكبسولات النانوية (Nanoencapsulation)

قامت مراكز الأبحاث بتطوير ما يعرف بأنظمة الإطلاق المستهدفة (Targeted release systems) التي تشمل كبسولات نانوية تستخدم في اللقاحات الجديدة وفي المضادات الحيوية وفي توصيل الأدوية مع آثار جانبية منخفضة مقارنةً بالكبسولات التقليدية، ومن الأمثلة على ذلك محاولة إنشاء نظام فعال لتوصيل الأدوية لعلاج أمراض اللثة عن طريق إنتاج كبسولات نانوية مشربة بالتريكلوسان (Triclosan) حيث أن تطبيق التريكلوسان في منطقة الاختبار يخفف الالتهاب.

ش. تقنية النانو للوقاية من تسوس الأسنان Nanotechnology for preventing dental (caries)

مكّن استخدام معجون أسنان يحتوي على كربونات الكالسيوم النانوية من إعادة تمعدن آفات المينا المبكرة (Early enamel lesions).

ص. تصوير الأسنان الرقمي (Digital dental imaging)

لا تقتصر تطبيقات النانو على الوقاية والعلاج، بل تعدى ذلك إلى تقنيات التصوير الرقمي للأسنان، فمن المتوقع أيضاً حدوث تقدم

IV. الاستنتاجات

من المتوقع أن تغير تكنولوجيا النانو الرعاية الصحية بطريقة أساسية. تشكل تكنولوجيا النانو الأساس لطرق جديدة لتشخيص الأمراض والوقاية منها كما أنها ستكون مفيدة جداً في توصيل الأدوية والعلاج الجيني. فمن المتوقع أن تُحدث هذه التقنية الحديثة ثورة في ممارسة طب الأسنان السريري، كما أنه من المتوقع في المستقبل القريب أن تصبح خدمات الرعاية الصحية للفم أقل إرهاقاً لجراحي الأسنان وأكثر قبولاً للمرضى وستصبح النتيجة أكثر ملاءمة بشكل ملحوظ. ستضمن الإنجازات السريعة أن التطورات والنتائج غير المعقولة اليوم ستكون ممكنة في المستقبل مما يسهل التحسينات في صحة الفم. ومع ذلك، كما هو الحال مع جميع التقنيات، ينطوي على استخدام تكنولوجيا النانو إمكانية حدوث أذية كبيرة إذا لم يتم التحكم فيها وتوجيهها بشكل صحيح.

المراجع:

- [1]. IMF Abiodun-Solanke, DM Aiayi and AO Arigbede, "Nanotechnology and its Applications in Dentistry", Ann Med Health Sci Res. 2014 Sep-Oct; 4(Suppl 3): S171-S177
- [2]. Redlich M, Katz A, Rapoport L, Wagner HD, Feldman Y, Tenne R. Improved orthodontic stainless steel wires coated with inorganic fullerene-like nanoparticles of WS(2) impregnated in electroless nickel-phosphorous film. Dent Mater 2008;24:1640-6
- [3]. Cao B, Wang Y, Li N, Liu B, Zhang Y. Preparation of an orthodontic bracket coated with an nitrogen-doped TiO₂ (2-x) N (y) thin film and examination of its antimicrobial performance. Dent Mater J 2013;32:311-6.
- [4]. Mupparapu M. New nanophosphor scintillators for solid-state digital dental imagers. Dentomaxillofac Radiol 2006;35:475-6.
- [5]. Ma Px. Biomimetic materials for tissue engineering. Adv Drug Deliv Rev 2008;60:184-98.

المغناطيسية (Superparamagnetic iron oxide)، أما

عملية تصوير هذه الخلايا فتتم باستخدام تقنيات تصوير مختلفة أبرزها التصوير بالرنين المغناطيسي MRI [5].

III. مخاطر الجسيمات النانوية

(Hazards of Nanoparticles)

تحتوي الروبوتات النانوية، الخالية من البيروجن والمستخدم في الجسم الحي، مسحوق الكربون والياقوت أحادي البلورة (Monocrystal sapphire)، في حين تتكون الروبوتات النانوية البيروجينية من الألومينا والسيليكا والنحاس والزنك. قد تطلق الروبوتات النانوية مثبطات أو مضادات بطريقة مستهدفة لامتصاص البيروجينات الداخلية بشكل انتقائي وتعديلها كيميائياً، ثم إطلاقها مرة أخرى إلى الجسم على شكل مركبات غير ضارة. إن الاستخدام واسع النطاق للمواد النانوية في مجموعة واسعة من المنتجات المخصصة للاستخدام البشري ينطوي على مخاطر محتملة على صحة الإنسان والبيئة كالتسمم.

خلصت جمعية الصحة الأمريكية (American health association) إلى أن التعرض على المدى القصير لتركيزات مرتفعة من هذه الجسيمات النانوية يساهم بشكل كبير في زيادة الوفيات الناجمة عن أمراض القلب والأوعية الدموية.

كشف تقييم السمية الخلوية في المختبر لمركب تقويم الأسنان الحاوي على جسيمات نانوية من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO₂، أن المادة اللاصقة لتقويم الأسنان الحاوية على جسيمات نانوية TiO₂ تشير إلى سمية مماثلة أو حتى أقل من نظيرتها الخالية من الجسيمات النانوية. تم التوصل إلى أن دمج ما وزنه 1% من الجسيمات النانوية TiO₂ في الهيكل المركب لا يؤدي إلى مخاطر صحية إضافية مقارنة بتلك التي تحدث مع المادة اللاصقة النقية الخالية من الجسيمات النانوية. وفي دراسة أخرى، تم الإبلاغ عن أن المكونات المتسربة من المواد النانوية المركبة تسببت في إحداث سمية لأجنة الفئران في المختبر، في حين لم تلاحظ أي سمية عند زرع هذه المواد النانوية تحت الجلد في الجسم الحي.