

استخدامات تقنية النانو في الطب

تعد تطبيقات تقنية النانو واسعة المجال وتدخل في الكثير من المجالات الصناعية والعسكرية والطبية والزراعية وغيرها، على سبيل المثال ان مجموعة كبيرة من المواد الخام يتم تحسينها على إحداث تغيير في الخصائص الفيزيائية للأحجام الصغيرة أو النانوية. وتستفيد الجزيئات النانوية على سبيل المثال من الزيادة البينة في مساحة السطح إلى نسبة الحجم. ومن ثم تصبح خواصها البصرية ومنها **الفلورية** وظيفية لقطر الجسيم. وعندما يتم دمجها في مادة كتلية، فإن الجزيئات النانوية تؤثر بشدة على الخواص الميكانيكية للمادة، ومنها الصلابة أو الليونة. وعلى سبيل المثال يمكن تدعيم **البوليمرات** التقليدية من خلال استخدام الجزيئات النانوية الموجودة بالمواد الجديدة والتي قد تستخدم كبداية خفيفة الوزن للمعادن. نتيجةً لذلك يمكن توقع زيادة الفائدة الاجتماعية للجسيمات النانوية. وستُمكن تلك المواد المدعمة نانويًا من تقليص الوزن المصاحب بزيادة في الثبات وتحسن في الوظيفة. هذا بالإضافة إلى أن تقانة النانو العملية تمثل بصورةٍ ضروريةٍ القدرة المتزايدة على التعامل بدقة مع المادة وفقاً للمقاييس المستحيلة مسبقاً، موفرةً بذلك مجموعةً من الإمكانيات والتي لم يكن للأخيرين مسبقاً تخيلها – ولذلك فمن غير المدهش أن مساحاتٍ قليلةٍ من التقانة البشرية استُنتجت من الفوائد الناجمة عن استخدام وتطبيق تقنيه النانو.

استفادت الجماعات البحثية الحيوية والطبية الخصائص الفريدة من المواد النانوية المرتبطة بالتطبيقات المختلفة (و مثلاً عوامل التباين لتصوير الخلية وعلاجات السرطان). ومن ثم فقد بدأ استخدام مصطلحاتٍ ومنها **التقنية النانوية البايوطبية والتقنية النانوية الحيوية وطب النانو** بهدف وصف ذلك المجال الواسع. كما يمكن إضافة الوظائف للمواد النانوية من خلال تواصلها وتفاعلها مع غالبية الجزيئات والتركيبات الحيوية. ويعد حجم المواد النانوية متماثل مع حجم غالبية الجزيئات والتركيبات الحيوية؛ ومن ثم قد تعد المواد النانوية مفيدةً لمجالي الأبحاث والتطبيقات الحيوية والصناعية. وقد أسفر دمج وتكامل المواد النانوية مع الأحياء عن تنمية الأجهزة التشخيصية، عوامل التباين، الأدوات التحليلية، تطبيقات العلاج الطبيعي وأدوات توصيل الدواء.

توصيل الدواء

ترتكز المدخلات الطبية النانوية لعملية **توصيل الدواء** على تطوير **الجسيمات** أو الجزيئات نانوية القياس بهدف تحسين **التوافر الحيوي** للدواء. يشير مصطلح **التوافر الحيوي bioavailability** إلى تواجد جزيئات الدواء في المكان المطلوب تواجدها فيه داخل الجسم البشري وحيث تكون الفائدة منها أفضل. وتركز عملية توصيل الدواء على زيادة التوافر الحيوي سواءً بالأمكان الخاصة داخل الجسم وعلى مدار مدة زمنية معينة. ويمكن تحقيق ذلك بصورةٍ متوقعة من خلال الاستهداف الجزيئي molecular targeting باستخدام الأجهزة المهندسة نانويًا. فالأمر كله يدور حول استهداف الجزيئات وتوصيل الدواء مع مراعاة دقة الخلية المستهدفة من العملية. مع ملاحظة أن أكثر من 65 مليار دولار أمريكي تضيع سنوياً بسبب ضعف التوافر الحيوي للأدوية. كما يتم تطوير الآلات والأجهزة بذلك المجال الخاص بالتصوير الحيوي (*In vivo*) والذي يعد مجالاً آخرًا من مجالات البحث والتطوير في طب النانو. وقد تكون الطرق الجديدة للمواد المهندسة نانويًا، والتي تم تطويرها، فعالة معالجة الأمراض ومنها السرطان. إلا أن ما يستطيع علماء النانو تحقيقه في المستقبل يفوق جميع التخييلات الحالية. وقد يتحقق هذا من خلال الأجهزة النانوية المتكافئة حيويًا biocompatible والمجموعة ذاتياً-self assembled والتي سيكون لها القدرة على استكشاف وتقويم ومعالجة بالإضافة إلى تقديم التقارير للطبيب المعالج بصورة تلقائية آلية.

هذا بالإضافة إلى أن أنظمة توصيل الدواء وكذلك الجسيمات النانوية البوليمرية أو الليبيدية الدهنية قد يتم تصميمها لتحسين الخصائص **الدوائية** والعلاجية للأدوية. وتتمثل قوة أنظمة توصيل الدواء في قدرتها على تغيير **الحركات الدوائية pharmacokinetics** و**التوزيع الحيوي** للدواء داخل الأعضاء. كما أنه توجد

للجسيمات النانوية مجموعة من الخصائص الغير تقليدية والتي تستخدم لتحسين عملية توصيل الدواء. وفي الوقت الذي يتم فيه تنقية الجسد من الجسيمات الأكبر، فإن للخلايا القدرة على حمل هذه الجسيمات النانوية بسبب أحجامها. كما تم تطوير آليات توصيل الدواء ومنها القدرة على الحصول على الدواء من خلال أغشية الخلية وكذلك داخل هَيُولَى الخَلِيَّة أو سيتوبلازم الخلية. Cytoplasm. وللكفاءة أهميتها حيث أن العديد من الأمراض تعتمد على العمليات داخل الخلية ولا يمكن إعاقتها إلا من خلال الأدوية التي تشق طريقها إلى داخل الخلية. وتكون الاستجابة المثارة أحادية المسار لجزيئات الدواء لتستخدم بصورة أكثر فعالية. حيث يتم وضع الأدوية داخل الجسم ويتم تنشيطها على مواجهة إشارة معينة. على سبيل المثال، يتم إحلال دواء ذا قدرة ضعيفة على الذوبان في المحلول بنظام توصيل دواء حيث تتواجد كلتا البيئتين المائية وغيرها (hydrophilic and hydrophobic environments)، مما يحسن من القدرة الذوبانية للدواء. هذا بالإضافة إلى أن الدواء قد يسبب تلف الأنسجة، إلا أنه مع نظام توصيل الدواء، فإن عملية انتشار وانبعاث الدواء المنظمة قد تلغي وتمحو تلك المشكلة. فلو تم تنقية الجسد من الأدوية بسرعة كبيرة، فقد يجبر هذا المريض على استخدام جرعات أكبر من تلك الأدوية، إلا أنه ومع عملية التطهير الدوائي القائمة على أنظمة توصيل الدواء، يمكن الإقلال من تلك الجرعات الدوائية التي يتناولها المرء منبهاً الحرائك أو الحركات الدوائية للدواء. ففي الوقت ذاته يعد التوزيع الحيوي للدواء مشكلة تؤثر على الأنسجة الطبيعية عبر التوزيع عريض المدى، إلا أن الذرات المادية بأنظمة توصيل الدواء تقلل من كم التوزيع وتقلص من التأثير الواقع على النسيج الغير مستهدف. ومن المتوقع أن تعمل الأدوية النانوية من خلال مجموعة من الآليات المحددة بدقة ومفهومة بصورة واضحة؛ حيث سيكون أحد تلك التأثيرات الناجمة عن تقنية النانو وعلوم النانو متمثلاً في تطوير أدوية جديدة تماماً ذات أداء أكثر فائدة وأقل ضرراً مناحية أعراضه الجانبية.

توصيل البروتين والبيبتيد

للبروتين والبيبتيد Protein and peptides العديد من الأدوار الحيوية داخل الجسم البشري، حيث تم اكتشاف قدرتهما الكامنة على علاج العديد من الأمراض والاضطرابات. وقد عُرفت تلك الجزيئات الكبيرة نسبياً macromolecules باسم الأدوية الحيوية. biopharmaceuticals. حيث أصبحت عملية التوصيل سواءً المستهدفة و/ أو المضبوطة لهذه الأدوية باستخدام المواد النانوية ومنها الجسيمات النانوية مجالاً ناشئاً يُطلق عليه علم الأدوية الحيوية النانوية nanobiopharmaceutics، ومن ثم فقد أُطلق على تلك المنتجات أدوية حيوية نانوية. nanobiopharmaceuticals.

الجراحة

كما استخدم في جامعة رايس (لحام اللحم) بهدف دمج قطعتين من لحوم الدجاج إلى قطعة واحدة. حيث دمجت القطعتين من لحم الدجاج بالتلامس، من خلال تقطير سائل أخضر يحتوي على قشور نانوية مطلية بالذهب على طول خط التماس بين القطعتين. ثم تلى ذلك توجيه أشعة الليزر تحت الحمراء على طول خط التماس كذلك، مما يؤدي إلى تلاحم كلا القطعتين عند خط تماسهما معاً. وهذا قد يحل صعوبات تدفق الدماء الناجمة عن محاولة الجراح إعادة تقطيب الشرايين التي كانت قد قُطعت من المريض أو المريضة أثناء إجراء زراعة كلى أو قلب له أو لها. حيث يستطيع لحام اللحم ذلك لحم الشريان بدقة متناهية وبصورة تامة.

استهداف الجسيم النانوي

من الملاحظ أن الجسيمات النانوية تمثل مجالاً واعداً للتقدم في حقلي توصيل الدواء والتصوير الطبي بالإضافة إلى عملها كمستشعرات تشخيصية. إلا أنه على الرغم من ذلك فإن التوزيع الحيوي لتلك الجسيمات النانوية ما زال غير معلوم بسبب صعوبة استهداف أعضاء محددة بالجسم. في حين أظهرت دراسة حديثة أجريت على الأجهزة الإخراجية للفئران أن قدرة مركّبات الذهب في استهداف أعضاء محددة تعتمد على حجمها وشحنتها.

ومن ثم فيتم طلاء تلك الجسيمات النانوية بدندريمر dendrimer ويتم إعطاؤها شحنة محددة سواءً أكانت شحنةً إيجابيةً أم سلبيةً. حيث وجد أن جسيمات الذهب النانوية موجبة الشحنة تخترق وتنفذ إلى الكلى في حين تبقى جسيمات الذهب النانوية سالبة الشحنة بالكبد والطحال. فقد افترض أن شحنة السطح الموجبة تقلل معدل تطويق (osponization) وهي تعني طلاء الكائنات الدقيقة بالأجسام المضادة لتتعرف عليها الجسيمات النانوية داخل الكبد، ومن ثم تؤثر على مسار الإخراج. حتى لو كان حجمها يصل نسبياً إلى 5 نانومترات، فإن هذه الجزيئات قد تتجزأ داخل الأنسجة الخارجية أو السطحية، ومن ثم تتجمع داخل الجسم مع مرور الوقت. كما أثبت التقدم في الدراسات البحثية أن عمليتي الاستهداف والتوزيع تتزايد مع استخدام الجسيمات النانوية، في حين تعد مخاطر التسمم النانوي الخطوة التالية في الإدراك والوعي المستقبلي لاستخداماتها الطبية.

التواصل الإلكتروني العصبي

يمثل التواصل العصبي الإلكتروني هدفاً مرئياً يتناول بنية الأجهزة النانوية والتي ستسمح بتوصيل الحاسوب وربطه بالجهاز العصبي. وتتطلب تلك الفكرة بناء هيكل جزيئي يسمح باكتشاف وضبط النبضات العصبية بواسطة جهاز حاسوب خارجي. حيث تستطيع أجهزة الحاسوب تفسير وتسجيل والاستجابة للإشارات التي يصدرها الجسم عندما يستشعر أحاسيس مختلفة. ويتزايد الطلب بكمية ضخمة على تلك البنية بسبب أن العديد من الأمراض تتضمن اضمحلال وانهيار الجهاز العصبي (ومنها مرض التصلب الجانبي التحلي amyotrophic lateral sclerosis (ALS) ومرض التصلب المتعدد (multiple sclerosis (MS) كما قد تُضعف الكثير من الإصابات والحوادث الجهاز العصبي مما يسفر عن اختلال النظم والشلل النصفي. فلو استطاعت أجهزة الحاسوب السيطرة على الجهاز العصبي من خلال وجهات التفاعل العصبي الإلكترونية، يمكن التحكم في المشكلات التي تُضعف الجهاز العصبي ومن ثم يمكن التغلب على تأثيرات الأمراض والإصابات. وهنا يجب وضع في الاعتبار توفير عاملين عند اختيار مصدر الطاقة لمثل تلك التطبيقات، يتمثلان في استراتيجيات قابلة لتمويل الوقود المستمر وغير قابلة للتمويل. فالاستراتيجية القابلة لتمويل الوقود refuelable strategy تعني أن الطاقة يتم ملئها باستمرار أو بشكل دوري بالمصادر الصوتية، الكيميائية، المغناطيسية، والكهربائية. في حين تعني الاستراتيجية الغير قابلة للتمويل بالوقود nonrefuelable strategy أن كل القوى تُستمد من تخزين الطاقة الداخلية internal energy storage والتي ستتوقف عندما تستنفذ الطاقة.

إلا أن أحد قيود ذلك الاختراع يتمثل في حقيقة أن واجهة التفاعل الكهربائية هي مسألة ممكنة. حيث تستطيع كلٌ من المجالات الكهربائية، [النبضات الكهرومغناطيسية](#) (EMP) electromagnetic pulses والمجالات الأخرى الناجمة عن استخدام الأجهزة الكهربائية الحيوية (إن فيفو in vivo: أن تسبب كلها واجهات تفاعل وتواصل. هذا بالإضافة إلى أنه مطلوب تواجد عوازلٍ سميكةٍ بهدف منع تسرب الإلكترونات، كما أنه لو ارتفعت موصلية conductivity الوسيط الحيوي (إن فيفو) فستوجد مخاطرة في فقدان أو قصور مفاجيء في الطاقة. وفي النهاية، مطلوب توفير أسلاكٍ سميكةٍ لتوصيل مستويات الطاقة الضرورية بدون زيادة معدلات التسخين. وعلى الرغم من توافر الأبحاث في المجال، إلا أن تقدماً محدوداً فقط هو ما تم تحقيقه. حيث أنه من الصعب تكوين شبكة أسلاكٍ للهيكل أو البنية بسبب أنه يجب وضعها بدقة داخل الجهاز العصبي ليصبح قادراً على التحكم والاستجابة للإشارات العصبية. كما أنه يجب أن تكون الهياكل أو البنيات التي تمثل واجهة التفاعل والتواصل تلك متوافقة مع الجهاز المناعي للجسم ومن ثم تصبح قادرة على البقاء والتواجد لمدةٍ طويلةٍ بدون التأثير داخل ذلك الجسم. هذا بالإضافة إلى أنه يجب أن تشعر تلك الهياكل بالتيارات الأيونية بالإضافة إلى قدرتها على جعل التيارات تتدفق عائدةً للخلف. وفي حين أن إمكانيات تلك الهياكل أو البنيات تعد مذهلة ومدهشة، إلا أنه لا يوجد جدولٌ زمني ليحدد متى ستكون متاحة في المستقبل.