

## طب النانو... الآفاق و المخاطر

### Nan Medicine... Prospects and risks

Dr. Mounir Mohamed Salem \*

د. منير محمد سالم \*

#### Abstract

Nanotechnology, the latest scientific technique, which should be considered and developmentally followed. Nanotechnology uses materials with dimensions measured by nanometer. The research aims to monitor this new technology, shape its future feature and stand on its current applications, especially in the medical field. This will be through four chapters.

The first aims to give a general idea of nanotechnology, its concept, history, mechanisms of action and generations.

The second presents a panoramic view on the applications of nanotechnology in the medical fields especially in the applications of drug delivery to tissues, their use in medical diagnosis and its role in discovering therapeutic drugs like nanobiotic “the next alternative to antibiotics”, also manufacturing nanorobots and using them in therapeutic areas. Then the role of nanotechnology in tissue engineering, treating diabetes, repairing damaged cells and finally applications in dentistry field.

The third chapter reports the role of nanotechnology in treatment of cancer through early diagnosis, the use of nanotechnology in gene therapy of cancer and the use of nanomaterials such as nano-gold, as well as to target only cancer cells through this technique.

The fourth chapter talks about the negative healthy and moral effects of nanotechnology that are direct negative effects on human health and the environment.

The research concludes that nanotechnology should be a promising technique to Arab and Gulf countries that should be considered and given a high priority in research. Who owns its forelock is the one who carries the key to the future technology.

#### ملخص

تعتبر تقنية النانو من أحداث التقنيات العلمية التي يجب الإحاطة بها ومتابعة تطورها، وتستخدم تقنية النانو مواد ذات أبعاد تقاس بالنانومتر، ويهدف البحث إلى رصد هذه التقنية الجديدة وتحديد ملامحها المستقبلية والوقوف على تطبيقاتها الحالية والمتوقعة خاصة في المجال الطبي، وذلك من خلال أربعة فصول يهدف الفصل الأول إلى إعطاء فكرة عامة عن تقنية النانو، مفهومها وتاريخها وآليات عملها، وكذلك أجيالها.

أما الفصل الثاني فيقدم رؤية بانورامية عن تطبيقات النانو في المجالات الطبية خاصة تطبيقاتها المتمثلة في نظم إيصال الدواء إلى الأنسجة واستخدامها في التشخيص الطبي، ودورها في اكتشاف الأدوية والعقاقير العلاجية مثل النانوبيوتك وهو البديل القادم للمضادات الحيوية، وأيضاً تصنيع أجهزة النانوروبوت واستخدامها في المجالات العلاجية، ثم دور تقنية النانو في هندسة الأنسجة، وعلاج مرض السكري، وإصلاح الخلايا التالفة، وأخيراً تطبيقها في مجال طب الأسنان.

كما رصدت في الفصل الثالث دور تقنية النانو في علاج السرطان من خلال دورها في التشخيص المبكر لمرض السرطان، واستخدام تقنية النانو في العلاج الجيني للسرطان، واستخدام طرق العلاج النانوية مثل نانو الذهب، وكذلك استهداف الخلايا السرطانية دون غيرها باستخدام هذه التقنية.

أما الفصل الرابع فيتحدث عن الآثار الصحية والأخلاقية السلبية لتقنية النانو، وهي الآثار السلبية المباشرة على صحة الإنسان وعلى البيئة.

ويستنتج البحث أن تقنية النانو تقنية واعدة يجب على الدول العربية والخليجية الاهتمام بها وإعطائها أولوية متقدمة في البحوث، خاصة وأنها في بداياتها الأولى، وأن من يملك ناصيتها هو من يملك مفتاح تقنية المستقبل.

(\*) King Saud university. AL Riyadh. K.S.A.

(\*) جامعة الملك سعود. الرياض. المملكة العربية السعودية.

### تقنية النانو... فجر عصر جديد

تعتبر تقنية النانو (Nanotechnology) أو التقنية متناهية الصغر من التقنيات الوليدة، التي أخذت لنفسها مكاناً تحت ضوء الشمس، وأصبحت في طليعة العلوم الأكبر أهمية، والأكثر إثارة؛ لما تحمله من آمال كبيرة، وما تعد به من ثورات علمية سوف تغير وجه العلم في المستقبل القريب، واهتمت بها معظم دول العالم، وخصصت مبالغ طائلة لدعم الأبحاث الخاصة بها، «فقد أنفق العالم في عام ٢٠٠٤م حوالي ١٠ بلايين دولار على أبحاث هذه التقنية»<sup>(١)</sup>، فهي تمتد إلى الكثير من أفرع العلم المختلفة، وتدخل تطبيقاتها في جميع المجالات الحيوية المتعلقة بمعيشة الإنسان وحياته، واتسعت تطبيقاتها وتنوعت لتشمل العلوم الطبية والصيدلانية والعسكرية والإلكترونية والمعلوماتية والكيميائية والروبوتات النانوية وغيرها، وهو ما يجعلنا نصف عصرنا القادم بأنه «عصر النانو».

والملاحظ أن علم «تقنية النانو» يشهد تسارعاً ملحوظاً وكبيراً في جميع مجالاته، ويطلع علينا كل يوم بتطور جديد في أحد المجالات، حتى أنك لا تستطيع ملاحظة التطورات الحاصلة، أو متابعة الابتكارات المتتالية، أو الأبحاث الجارية، وحتى «تذهلك التقارير العلمية التي تنشرها الصحف حول تطور علم تقنية النانو نقلاً عن المعامل الجامعية والمعاهد»<sup>(٢)</sup>. بل لقد أصبحت كلمة «النانو» من الكلمات الرائجة والشائعة في وسائل الإعلام، وأضحى العلماء يعتبرون التقانة النانوية من أهم وأكبر الفتوحات العلمية التي أحرزها الإنسان في العصر الحاضر؛ حيث تعقد عليها الآمال في تطوير مناحي الحياة، ومساعدة البشرية على العيش بصورة أفضل، وتحقيق حياة أجمل، وهي في سبيل ذلك تسير في خطوات متسارعة نحو آفاق واعدة، وغد مشرق. وإذا ألقينا نظرة سريعة على تشعب هذه

التقنية، وما تقدمه كل يوم من ابتكارات استطعنا أن نرصد - في قراءة مستقبلية - أن هذه التقنية تستطيع أن تغير وجه العالم، وتصنع ما يكون أشبه بالمعجزات، فقد استطاع الباحثون «تصنيع مفاتيح كهربائية بالغة الصغر من مادة السليكون، تستطيع الفتح والإقفال ملايين المرات في ثانية واحدة باستخدام طاقة كهربائية بالغة الضالة»<sup>(٢)</sup>، وهذا الاكتشاف سوف يكون مصدر اهتمام كبير لمصنعي ذاكرة الحاسب. كذلك قاموا بتطوير آلية نانوية تمكننا من بناء سلسلة من المادة الوراثية المكونة للـ DNA، «يستطيع العلماء من خلالها وعن طريق استخدام جديلة DNA تحريك جزء صغير بالغ الصغر من مكان إلى مكان آخر في البناء النانوي في المادة لتحديد طريقة عمله مسبقاً»<sup>(٢)</sup>. وبذلك يكون بالإمكان صنع آلة تستطيع وضع الجزيء في المكان الذي نريده، ومن ثم ندع البناء يكتمل أوتوماتيكياً بدلاً من تبديل قطعة بقطعة أخرى واحدة بواحدة. ومن قدرة العلماء على استخدام الأسلاك النانوية كمجسمات حيوية في التشخيص، واكتشاف العديد من الأمراض في مراحلها الأولية واستخدامها كذلك كحامل للدواء أو كأداة للتصوير داخل الجسم... إلى الانخراط في عالم الإلكترونيات والاتصالات، وتصنيع رقائق لتخزين كم كبير من المعلومات، والاتجاه نحو تصنيع كمبيوتر كمي أسرع في تنفيذ العمليات واستخدام كمية أقل من الطاقة.

لقد امتدت التطبيقات العملية إلى صناعة الأغذية وإنتاج مواد غذائية بتقنية النانو، وأخذت الشركات العالمية بناصية الاستثمار في هذا المجال، مثل شركة «جنرال ميلز» (General Mills) و«بيبسيكو» (Pepsico) و«كامبيلز» (Campbells) و«كرافت للأغذية» (Craft foods) وغيرها. وأصبح هناك منتجات نانوية تدخل في غذائنا، فقد أنتجت معامل الكيمياء

يدركوا ماهيتها ) هم صانعي الزجاج في العصور الوسطى، حيث كانوا يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين<sup>(٨)</sup>، خاصة في صناعة الأوعية الثمينة والنفيسة. وهناك أحد المقتنيات الرومانية وهو عبارة عن كأس زجاجي للملك الروماني «لايكورجوس» في القرن الرابع الميلادي، والقابع الآن في المتحف البريطاني، ويتميز بظاهرة مشيرة، وتتمثل في تغير لونه وفقاً لزاوية سقوط الضوء عليه، فعندما ينفذ الضوء من هذا الإناء يأخذ اللون الوردى، وعندما ينعكس الضوء من الإناء يأخذ اللون الأخضر، وقد تم تفسير هذه الظاهرة، بعد أن تم اكتشاف جسيمات نانو ذهبية (nano-gold)، كانت هي المسئولة عن التفاعل مع الضوء، ومن ثم إعادة بعثه باللونين السابقين.

ويعتبر العرب والمسلمين من أوائل الذين استخدموا هذه التقنية، وأبدعت الحضارة الإسلامية "السيف الدمشقي" الذي استعمل ما بين عام ٩٠٠-١٧٥٠م، وعرف عن تلك السيوف حدتها ومتانتها وكذلك قوتها، وعرف عنها أنها تقطع السيوف الأوروبية بل وحتى الصخور، وامتازت أيضاً بالنقش على نصلها. وبناء على فحوصات ودراسات بالمجهر الإلكتروني على عينات لنصول تلك السيوف، وجد أنه يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها نوعاً من الصلابة الميكانيكية.

### ثانياً: تطور تقنية النانو في العصر الحديث

في العصر الحاضر ظهرت بعض البحوث التي صنعت مسيرة هذه التقنية، وجعلتها تقنية المستقبل، وتعتبر محاضرة عالم الفيزياء الشهير ريتشارد فيمان Richard Feynman إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في ٢٩/١٢/١٩٥٩م هي البداية الأولى لظهور تقنية النانو، عندما تحدث عن إمكانية التحكم في إعادة ترتيب الجزيئات والذرات في المادة في مقياس معين إلى مقياس

الألمانية BASF مادة "اللايكوبين"، مصنعة على مستوى النانو، ودخلت كمادة مضافة في تصنيع عصائر الفواكه والأجبان والمارجرين وغيرها<sup>(٩)</sup>. وهناك الكثير من المنتجات التي تصنع بهذه التقنية الرائعة لتنتج لنا فراولة خالية من الفطريات يمكن تخزينها لفترات طويلة، وكذلك آلة سيراميكية تحافظ على زيوت القلى دون تغير وتقليل نسبة الاستهلاك إلى النصف، وغير ذلك من المنتجات الغذائية والصناعية الواعدة<sup>(٤)</sup>.

وفي مجال الطاقة المتجددة، استطاعت تقنية النانو تطوير مواد الخلايا الشمسية لإنتاج الجيل الثالث للسليكون الكهروضوئي، والتي سوف تؤدي إلى التوسع في استغلال مصادر الطاقة المتجددة في العقد القادم<sup>(٥)</sup>. وسوف تؤدي هذه التقنية إلى قيام صناعة متقدمة لا شك فيها، تهدف إلى إنتاج الجيل الثالث من الخلايا الشمسية تصل كفاءتها إلى ثلاثين أو أربعين بالمائة<sup>(٦)</sup>.

إن هذه التقنية الواعدة سوف تحدث ما يشبه الطفرة في جميع فروع العلم المختلفة، ويعتقد عدد من الباحثين أن هذه التكنولوجيا سوف تؤثر على حياة الناس في الخمسين سنة المقبلة، بطريقة تفوق جميع التغييرات التي حدثت خلال الخمسة قرون الماضية<sup>(٧)</sup>.

### أولاً: البدايات الأولى لتقنية النانو

لعل المتأمل في تقنية النانو يجد أنه من الصعب تحديد عصر أو حقبة معينة ظهرت فيها هذه التقنية، حيث استخدمت تقنية النانو من خلال قيام الأفراد بمعالجة لبعض المواد العادية؛ للحصول على خصائص معينة، مثل تغيير اللون، دون معرفة السبب الذي أدى إلى ذلك. وقد وجد الباحثون وعلماء الآثار أن بعض الحضارات القديمة قد استخدمت مواد النانو في عدد من جوانب الحياة، غير أنه من الواضح أن «من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية ( بدون أن

الصناعي مع الذرات والجزيئات (التي قد اهتم بها Eric Drexler في كتابه السابق) جميع أبعاد الإنتاج العلمي النظري والتجريبي للجسيمات ذات الأبعاد الدقيقة والتي تتراوح أبعادها من ٠.١ نانومتر (الأبعاد الذرية) إلى ١٠٠ نانومتر. ومما أعطى دفعا قويا للموضوع في بداية ثمانينيات القرن العشرين، وتطور هذا الحقل تطورا لافتا، ما حدث من زيادة في عدد الاكتشافات العلمية في هذا العلم، وتسهيل وتسريع فهمنا للخواص الذرية والجزيئية للمادة، بعد أن حدث أمر مهم في مجال النانو وهو اختراع المجهر النفقي الماسح Scanning Tunneling Microscopy، STM من قبل شركة IBM بواسطة العالمان جيرد بينج وهينريك روهر، وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانو، حيث زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات النانوية للعديد من المواد. وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٨٦م بسبب هذا الاختراع. ومثل اختراع المجهر النفقي الماسح دفعة قوية لتقنية النانو لأنه أمكن وصف ومعالجة المواد على مستوى النانو. بعد ذلك بسنوات استطاع العالم الفيزيائي دون إيجلر في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالاً جديداً لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات بواسطة هارولد كرونو، ريتشارد سمالي وروبرت كيرل، وهي عبارة عن جزيئات تتكون من ٦٠ ذرة كربون تتجمع على شكل كرة، وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء ١٩٩٦م.

وفي عام ١٩٩١م اكتشف العالم الياباني «سوميو لجيما» أنابيب الكربون النانوية، ثم ظهرت البلورات النانوية شبه الموصلة، وأدت الأبحاث أيضاً إلى زيادة سرعة ظهور جسيمات نانوية لأكاسيد المعادن، وفي عام ١٩٩٥ تمكن

أصغر ثم إلى مقياس أصغر فأصغر...، وبذلك نستطيع بناء الآلات، وإجراء عمليات نستطيع من خلالها إنتاج أجسام على مستوى الجزيئات، وهو أمر لا يتعارض مع القوانين الفيزيائية، وأن المادة عند هذه المستويات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما أشار إلى إمكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل، وقد توقع أن يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو دوراً أساسياً في تغيير الحياة الإنسانية. ومن المعلوم أن فيمان لم يشير إلى «تقنية النانو» بشكل مباشر، ولكنه تحدث وبشكل استشرافي عن مستقبل التقنية البشرية، وعن ملامح وفلسفة هذه التقنية ومبادئها الأساسية؛ حيث أوضح أن البشر مع تقدم العلوم سيتمكنون من تصنيع آلات دقيقة تمكنهم من تصنيع آلات بمقياس النانو Nano-scale machines.

### ثالثاً: الاستخدام الأول لمصطلح تقنية النانو

ظهر مصطلح تقنية النانو لأول مرة عام ١٩٧٤م في محاضرة للعالم الياباني نوريو تانغيشي Norio Taniguchi في جامعة طوكيو، وذلك كمصطلح مرادف لوصف الآلات الدقيقة والتي كانت بمقياس الميكرو آن ذاك، وذكر أن هذه التقنية أطلقت على بحث جديد في أحد أقسام الهندسة في الجامعة لفصل أو ربط أو تغيير المادة بمقدار ذرة أو جزيئة واحدة، ولم يكن استخدام هذا المصطلح لدلالة على تقنية مستقلة. وفي عام ١٩٨٦م بدأ أول استخدام لمصطلح "تقنية النانو" Nanotechnology في الأوساط العلمية بعد عدد من المحاضرات، وظهور بعض الكتب التي صدرت في هذا الميدان، خاصة بعد نشر Eric Drexler كتابه الشهير بعنوان "محركات الإنشاء: عصر تقنية النانو القادم"، حيث أخذ بعد ذلك التاريخ هذا المصطلح بعداً آخر؛ ليشمل إلى جانب التعامل

جزيئة الماء ٣,٠ نانومتر تقريباً<sup>(١٠)</sup>. ويمكن أن تصف كل شيء صغير ودقيق ومن هنا يمكن أن نقول أن مصطلح Nanotechnology يعنى حرفياً "تقنية المواد متناهية الصغر"<sup>(١١)</sup>.

٢. تعريف تقنية النانو: من الواضح أنه لا يوجد تعريف متفق عليه حتى الآن لهذه التقنية؛ وذلك لأن التعاريف المطروحة لهذه التقنية تختلف باختلاف طبيعة التعامل معها، وكذلك تختلف باختلاف المجال الذي تطبق فيه هذه التقنية. وأول من حاول تعريف تقنية النانو هو العالم نوريو تانفيشي عام ١٩٧٤، حيث عرفها بأنها: «عبارة عن مجموعة من عمليات الفصل والتكوين والدمج للمواد على مستوى الذرات أو الجزيئات»<sup>(١٢)</sup>. بعد ذلك قام عدد من العلماء والهيئات والمنظمات بمحاولة وضع تعريف شامل لتقنية النانو، ومن هنا جاء تعريف تقنية النانو على أنها «التقنية التي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في المواد والأجهزة التي أبعادها تقل عن ١٠٠ نانومتر وذلك بتصنيعها وبمراقبتها وقياس ودراسة خصائصها»، وهذا التعريف هو الأكثر شمولاً والأكثر قبولاً في الأوساط العلمية. وكلمة النانو تكنولوجي تستخدم أيضاً بمعنى أنها تقنية المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة أو تكنولوجيا المنمنمات<sup>(١٣)</sup>.

ولكن ما الذي يجعل خصائص المادة تتغير عندما تقل الأبعاد من الميكرو إلى النانو؟ ولعل الإجابة العلمية على هذا السؤال تتلخص في أن التغيير الحاصل في نسبة ذرات السطح إلى حجم المادة، فكلما صغرت أبعاد المادة كان عدد أكبر من ذرات المادة على السطح. وبشكل عام فإن نسبة الذرات السطحية في مواد النانو تكون بين ٥٪ إلى ٥٠٪، أما في المواد العادية فتكون في حدود ٣٪<sup>(١٤)</sup>.

٣. آليات عمل النانو: يعتمد أساس عمل تقنية النانو على إعادة ترتيب الذرات لتصنيع جزيئات

العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم/الكبريت ذات قطر ٣-٤ نانومتر. وازداد التقدم في مجال النانو مدعماً بالتطور الكبير في المجاهر الإلكترونية، والتي ساعدت في عملية وصف وإنتاج مواد النانو. وفي عام ٢٠٠٠م تمكن العالم الفيزيائي منير نايفة من تصنيع عائلة من حبيبات السليكون أصغرها ذات قطر ١ نانومتر وتتكون من ٢٩ ذرة سليكون، هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فإنها تعطي ألواناً مختلفة حسب قطرها.

وحتى وقت قريب كانت تقنية النانو وتطبيقاتها مجرد فلسفة وفرضيات، وكانت بعيدة عن الواقع التطبيقي والعلمي، وخلال العشرين سنة الماضية استطاعت الأجهزة والتقنيات الحديثة أن تجعل من التعامل مع عالم الذرات وجسيمات النانو أمراً ممكناً من الناحية العملية.

### رابعاً: مفاهيم أساسية في تقنية النانو

١. معنى كلمة «نانو»: تقنية النانو هي تقنية مستحدثة، مشتقة من النانومتر، ويذكر البعض أن كلمة نانو Nano في أصلها هي كلمة إغريقية مشتقة من الأصل (Nanos) وتعنى القزم dwarf، وتستخدم في العلوم للدلالة على جزء من البليون من شيء معين مثل الكتلة والمسافة<sup>(٩)</sup>. وتستعمل كلمة النانو في الرياضيات للتعبير عن الجزء من المليار من وحدة القياس، وهو ما يعادل طول خمس ذرات إذا وضعت الواحدة تلو الأخرى، وبمعنى آخر النانومتر يعادل واحداً على مليار من المتر أو واحداً على مليون من الملليمتر، ويمثل ذلك واحداً على مائة ألف من قطر شعرة الإنسان، ويبلغ سمك صفحة من الورق مائة ألف نانومتر، ويبلغ قطر خلية الدم الحمراء الواحدة نحو ٧٠٠٠ نانومتر، ويرأوح قطر جزيئة حامض ال (DNA) بين ٢ و ٢,٥ نانومتر، ويبلغ قطر

الذين تؤثر فيهما، ويأمل العلماء الحصول على مصنعات حيوية تشبه الطبيعية في عملها وهيكلها الجزيئي<sup>(١١)</sup>.

وصلاية جسيمات النانو مادة ما تفوق صلابتها في حالتها الكبيرة بمئات المرات فعلى سبيل المثال وجد تجريبيا أن صلاية جسيمات النانو الكروية المصنعة من السليكون silicon nano-spheres والتي يتراوح حجمها ما بين ٤٠ نانومتر إلى ١٠٠ نانومتر تفوق صلاية مادة السليكون بمئات المرات، بل ذات صلاية تجعلها واحدة من أصلب المواد على الأرض، وبالتحديد تمتلك صلاية ما بين صلاية الياقوت والماس. ومن الخواص أيضا الشفافية، فجسيمات النانو ذات أبعاد أقل من الأطوال الموجية للضوء وعليه فإنها تعكس ولا تكسر الضوء، مما يجعلها ذات شفافية عالية، مما يعنى أنه يمكن الاستفادة منها في كثير من التطبيقات دون أن يآثر استخدامها على لون أو شكل المنتج كما هو الحال مع الأغلفة الشفافة ومستحضرات التجميل<sup>(١٥)</sup>.

٤. أجيال تقنية النانو: تعتبر تقنية النانو من التقنيات الإلكترونية ذات الجيل الخامس حيث قسمت الأجيال الإلكترونية حسب تطورها إلى خمسة أجيال هي:

الجيل الأول: المصباح الإلكتروني.

الجيل الثاني: استخدام الترانزستور.

الجيل الثالث: الدارات التكاملية (Integrate circuit).

الجيل الرابع: المعالجات الدقيقة (Microprocessors) التي أحدثت ثورة هائلة بإنتاج الحاسوب الشخصي (Personal Computer) والرقائق الحاسوبية السليكونية.

الجيل الخامس: المنمنمات (الجزئيات المتناهية في الصغر) التكنولوجيا المجهرية الدقيقة (Nanotechnology). ثورة العلم في قرنه الحادي والعشرين.

جديدة ذات مواصفات جديدة محددة ومخطط لها. ومن المعروف أن ترتيب الذرات في الجزيء بصورة معينة يعطي تلك الجزيئة صفات فيزيائية وكيميائية معينة، وأن هذه الصفات تعتمد كلياً على الترتيب الذي تتخذه الذرات لتشكيل تلك الجزيئة، وأفضل مثال على ذلك أن حجر الألماس والفحم كلاهما مصنوعان من الكربون، غير أن ترتيب الذرات في جزيء الألماس يختلف عن ترتيب الذرات في جزيئة الفحم.

والخاصية التي يستند إليها هذا العلم تتمثل في أنه كلما صغر حجم الحبيبات Particles زادت نسبة المساحة السطحية إلى الحجم والتي وجد أنها تساعد على سرعة التفاعلات الكيميائية، وكذلك حقيقة بروز أكبر لبعض الظواهر الفيزيائية، مثل بروز لتأثيرات قوانين الميكانيك الإحصائي والميكانيك الكمي، وهذه التأثيرات لا تظهر بالذهاب من الأحجام الاعتيادية إلى مقياس الميكرو ولكن تظهر بالوصول إلى مقياس النانو. ومن التأثيرات الملاحظة أيضا تحول بعض المواد إلى الشفافية (مثل النحاس)، وتحول بعض المواد الخاملة إلى مواد سريعة التفاعل (مثل البلاتينيوم)، وتحول بعض المواد المستقرة إلى عكس ذلك (مثل الألمنيوم)، وتحول بعض المواد من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة في درجات حرارة اعتيادية (مثل الذهب)، وتحول بعض المواد العازلة إلى مواد موصلة (مثل السليكون). وقد وصل علم الكيمياء التركيبية إلى درجة من التقدم بحيث أصبح من الممكن تشكيل أي جزيئة بأي شكل نشاء، وهذه الطرق تستعمل اليوم لتصنيع منتجات كيميائية مفيدة مثل بعض الأدوية ومواد التجميل وبعض اللدائن. ومن الطموحات في هذا المجال تصنيع جزيئات ترتب نفسها ذاتياً، تماماً كما تفعل بعض الإنزيمات الطبيعية التي تعرف الكيفية والمكان

### طب النانو (Nanomedicine)

يعتبر «طب النانو» أحد أهم المجالات التطبيقية لتقنية النانو، بل وأعظمها على الإطلاق، يرجع ذلك لارتباطها المباشر بحياة وصحة الإنسان، فقد ساعد التطور الحديث في تقنيات النانو على تغيير القواعد الطبية المتبعة في منع الأمراض وتشخيصها وعلاجها، وأصبحنا نعيش عصر التقنية الطبية النانوية، حيث تقدم تقنية النانو على سبيل المثال، طرقاً جديدة لحاملات الدواء داخل جسم الإنسان، تكون قادرة على استهداف خلايا مختلفة في الجسم، وكذلك مواجهة أكثر الأمراض فتكاً بالإنسان مثل أمراض السرطان، والذي بدأت الكثير من أبحاث النانو وتطبيقاته التجريبية في الكثير من مراكز الأبحاث حول العالم<sup>(١٦)</sup>. أما أجهزة الاستشعار النانوية فباستطاعتها أن تزرع في الدماغ لتمكن المصاب بالشلل الرباعي من الحركة والسير<sup>(١٧)</sup>. وهناك الكثير من التطبيقات في مجال الرعاية الصحية، وتصنيع الأجهزة الطبية النانوية، وتشير الأبحاث أنه سوف تظهر على مدى أبعد تقانات إصلاح الخلايا الحية، وكذلك روابط إلكترونية عصبية نانوية، وإذا حدث ذلك فسوف تحدث ثورة حقيقية في عالم العلاج والداواة.

ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة كما لو أننا نأخذ صورة عادية، كذلك يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة. وقد قام معهد (Foresight Nanotech Institute) في كاليفورنيا بوضع إطار عام لما يمكن أن تقدمه تكنولوجيا النانو لنا في حقل الطب، لأولئك «الأشخاص الذين يعانون من أمراض معينة، والأشخاص كبار السن، هم يعانون بسبب تسلسل غير صحيح للذرات، قد يكون الزمن هو المسبب لها، أو أي حادث، والأدوات القادرة على إعادة ترتيب الذرات ستكون أيضاً قادرة على السماح لهؤلاء

الأشخاص بتجاوز عللهم... حيث أصبحت تقنية النانو تشكل جزءاً أساسياً في الطب»<sup>(١٨)</sup>.

ومن الواضح أن هذه التقنية قد غيرت من النظرة التقليدية في طرق المعالجة للأمراض، وفتحت آمالاً عريضة لعلاج الكثير من الأمراض، وهو ما جعل الباحثين يرون أن طب النانو هو طب المستقبل؛ ولهذا السبب تتسابق الدول وتتجه بصورة واضحة للأخذ بزمام هذه التقنية؛ نظراً لتطبيقاتها الطبية الواعدة ذات المردود الاقتصادي الكبير، وقد توجهت دول عديدة إلى دعم النانو، فقد دعمت الولايات المتحدة النانو بخطط خمسية بدأت من عام ٢٠٠٥م، كما أنها تصرف سنوياً ما يقارب ٤ بليون دولار على أبحاث النانو في جميع المجالات بشكل عام والمجال الطبي بشكل خاص. وتدخل شركات الدواء العالمية حلبة الصراع، حيث تتسابق جميعها لاختراع أدوية وتسجيلها مستفيدة من تقنية النانو، حيث يوجد ما يقارب ١٢٠ مشروعاً دوائياً مهتماً بتقنية النانو وفقاً لإحصائية ٢٠٠٦م<sup>(١٩)</sup>. وفيما يلي نعرض لعدد من أهم التطبيقات الطبية المستقبلية لهذه التقنية:

### أولاً: إيصال الدواء إلى الأنسجة (Drug Delivery)

يعتبر توصيل الدواء إلى الأنسجة أحد أولويات البحث في مجال طب النانو، حيث يعتمد على تصنيع مواد نانوية دقيقة تعمل على تحسين التوافر الحيوي للدواء (Bioavailability). ويعني ذلك تواجد جزيئات الدواء في المكان المستهدف من الجسم، حيث تعمل بأقصى فاعلية، وبالتالي ينخفض معدل استهلاك الدواء، والتقليل من أعراضه الجانبية، وكذلك التكلفة الإجمالية للعلاج. ويحاول علماء الصيدلانيات (Pharmaceutics) تصنيع منظومات تتكون من البوليميرات النانوية لتوصيل الدواء إلى

مصابة تقلل من فعالية الدواء وتؤدي إلى حدوث آثار جانبية غير مرغوب فيها، فعلى سبيل المثال نجد أن الوسائل التقليدية لمعالجة مرض السرطان كالعلاج الكيميائي والإشعاعي تؤدي إلى آثار جانبية كبيرة مع انخفاض فعاليتها في معالجة هذا المرض<sup>(٢٣)</sup>، وعليه فإن من المهم أن يتم إيصال الأدوية المضادة للسرطان إلى الأجزاء المصابة بدقة متناهية جداً للحصول على أقصى فائدة ممكنة من الدواء.

إن استخدام الجسيمات متناهية الصغر في الأنظمة الحيوية يشكل فرصة كبيرة للتطبيقات الطبية، حيث يساهم صغر حجمها في تخطيها للحواجز الحيوية، ويمكن الاستفادة من هذه الخصائص على مستوى مقياس النانو في تحسين علاج الأمراض، وذلك بأن يتم ربط الدواء بهذه الجسيمات، أو استخدام هذه الجسيمات كحامل (Carrier) يحمل الدواء داخله لينطلق عند وصوله إلى المكان المحدد، ومن ثم يتخلص الجسم منه عند تحقق العلاج واستجابة العضو أو النسيج المصاب للعلاج<sup>(٢٤)</sup>.

وقد أظهرت الأبحاث المنشورة حديثاً إمكانية حمل وتوجيه العلاج إلى مناطق محددة من جسم الإنسان، والتحكم في جرعات العلاج على فترات زمنية مختلفة، والقدرة على تتبع استجابة العضو أو النسيج المصاب للعلاج أثناء فترة العلاج بمضاعفات جانبية أقل، مما يشكل فرصة كبيرة لتحسين طرق إيصال العلاج باستخدام تقنية النانو. ويعد الوصول إلى الجسيمات متناهية الصغر وتغير خصائصها عند هذا الحجم ميزة كبيرة يعطيها القدرة على الحركة والانتقال خلال الشعيرات والأغشية الحيوية، وبالتالي القدرة على إيصال الدواء داخل الأنسجة الحيوية<sup>(٢٥)</sup>.

تتعدد الأبحاث المتعلقة بطرق إيصال الدواء المبنية على تقنيات النانو، حيث يعتمد بعضها

المناطق المراد بلوغها، وعادة ما تكون الخلايا الحية نفسها، وهذا الهدف مهم جداً؛ لأن الكثير من الأمراض تحدث نتيجة لخلل في داخل الخلية نفسها. وكذلك يمكن لبعض الأدوية أن تعطي للمريض وهي خاملة وتنشط في المناطق المصابة فقط لتفادي التأثير السلبي للدواء في بعض الأنسجة، ولهذا سيكون من أهم واجبات طب النانو تصنيع أدوية جديدة ذات نفع أكثر وفائدة أكبر وتأثيرات جانبية أقل. ويتوقع علماء الصحة أن تصبح تقنية النانو جزءاً أصيلاً من الممارسة الطبية اليومية، ولاسيما في مجال توصيل الدواء إلى الأجزاء المصابة<sup>(٢٠)</sup>.

وتأخذ طرق إيصال الدواء أهمية طبية في كونها تؤثر بشكل كبير في علاج المرض بطريقة فعالة وتأثيرات جانبية بسيطة قدر الإمكان على جسم المريض، ولهذه الطرق المختلفة سلبياتها ومشكلاتها التي تعيق معالجة المرض وتقلل من فرص نجاح العلاج، وتؤدي إلى تأثيرات جانبية، فيصعب التحكم في إيصال العلاج إلى مكان محدد من الجسم لعدة أسباب منفردة أو مجتمعة<sup>(٢١)</sup> أهمها: عدم قدرة الدواء على اختراق حاجز حيوي (مثل الدماغ)، وصعوبة الوصول إلى مكان العضو أو النسيج داخل الجسم، وارتفاع سمية الدواء، وزيادة آثاره السلبية، مثل العلاج الكيميائي في حالة أورام السرطان، فقد ثبت أن له تأثيراً سلبياً على الأنسجة السليمة المجاورة. ولذا يعول كثير من العلماء والعاملين في أبحاث طرق إيصال العلاج على أن تساهم تقنيات النانو في تحسين هذه الطرق والتخلص من بعض التأثيرات الجانبية المرافقة للطرق الحالية المستخدمة في العلاج<sup>(٢٢)</sup>.

ومن المعلوم أن علم الأدوية (Pharmacology) من العلوم التي تحتاج لدقة عالية؛ لارتباطها ارتباطاً مباشراً بصحة الإنسان، فوصول كمية كبيرة من الدواء إلى أعضاء الجسم الغير

فإنه يجب أن يكون لها مساحة سطح أكبر من أجل نفس الحجم، وحجم مسام أصغر واستقرار محسن / وخواص بنيوية مختلفة، وهذا يمكن أن يحسن كل من مميزات الانتشار والتحلل لمادة التغليف، ويمكن أن تناسب بشكل أفضل تحديات توصيل الأدوية.

تطور شركة Advectus life Sciences نظام توصيل دواء يستند إلى الجزيئات النانومترية من أجل علاج أورام الدماغ، ويلتصق الدواء المضاد للورم Doxorubicin بجزيئة البوليمير النانومتري، PolyCyano Acrylate مع Polysorbate ٨٠، الدواء يحقن ضمن الوريد وينقل عبر الدم، حيث يجذب Polysorbate ٨٠ البروتينات الدهنية في المصورة ويستخدم من قبل الدم الجاري لحمل الشحوم وهذا يقصد منه إنشاء تأثير تمويهي مشابه للكوليسترول LDL الذي يسمح للدواء بالانتقال عبر حاجز الدم - الدماغ<sup>(٢٨)</sup>.

٢- الحاملات الدوائية (Drug Carrier): وهي الصنف الآخر من أنظمة التوصيل الدوائي، حيث تقدم تقنية النانو حلاً مهماً، حيث يمكن التحكم بها للارتباط مع الدواء، الجزيئة المستهدفة، ومادة التصوير، وبعدها تجذب خلايا معينة وتحرر حمولتها عند اللزوم، وبسبب الحجم النانومتري فإن لها المقدرة على الدخول للخلايا، حيث إن الخلايا نوعياً تمتلك مواد داخلية أدنى من ١٠٠ نانومتر، وبعض المواد النانومترية المتقدمة التي تستخدم لهذا الغرض تشمل fullerenes وdedndrimers.

إن المادة النانومترية المستخدمة كمساعد لتوصيل الدواء مثل dendrimer هي جزيئة بوليمير مكتشفة من قبل Don Tomalia من شركة Nanotechnologies، والباحثون في جامعة ميشيغان يستخدمون dedndrimers للحصول على مادة جينية أو علاجات مدمرة

على أنابيب ذات مقياس صغير جداً لها القدرة على الحركة، ويمكن توجيهها إلى المنطقة المراد علاجها، والبعض الآخر يعتمد على أنظمة ذكية ذات حجم صغير جداً يمكن زراعتها داخل الجسم ولها القدرة على التحكم في جرعات الدواء والوقت المناسب لإيصاله. ويمكن التطرق إلى بعض طرق الإيصال، مع ملاحظة أن بعضها لا زال في مرحلة البحث والتطوير، والبعض الآخر انتقل إلى مرحلة التجارب على الحيوانات للتأكد من فعاليتها أثناء تجربتها على أنظمة حيوية مختلفة<sup>(٢٦)</sup>.

إن أنظمة توصيل الأدوية أيضاً لها قيود شديدة على المواد وعمليات الإنتاج التي يمكن استخدامها، ومادة توصيل الدواء يجب أن تكون متوافقة وتتحد بسهولة مع الدواء، ويجب أن تكون قابلة للتحلل البيولوجي (أي تتفكك إلى أجزاء بعد استخدامها حيث إما تستقلب أو تزال عن طريق طرق الطرح العادية) وعمليات الإنتاج يجب أن تحترم الشروط الصارمة للتصنيع<sup>(٢٧)</sup>. ويمكن لتقنية النانو أن تقدم حلول توصيل الدواء الجديدة في المجالات التالية:

١. تغليف الدواء (Drug Coating): إحدى الأنواع الأساسية من أنظمة توصيل الأدوية هي المواد التي تغلف الأدوية لحمايتها خلال انتقالها في الجسم، وتشمل مواد تغليف الأدوية الجسيمات الشحمية والبوليمرات (مثل البولي لاكتيد - PLA - Polylactide واللاكتيد المشترك مع الغليكوليد PLGA التي تستخدم الجزيئات الدقيقة)، وتشكل المواد الكبسولات حول الأدوية، وتسمح بتحرير الدواء في الوقت المناسب، حيث إن الدواء يتسرب عبر مادة التغليف، والأدوية يمكن أيضاً أن تتحرر عند تحلل مادة المحفظة أو تتآكل في الجسم عندما تنتج مواد التغليف من الجزيئات النانومترية في مجال الحجم ١-١٠٠ نانومتر بدلاً من الجزيئات الميكرومترية الأكبر

على حماية المركبات الحيوية المرتبطة بها من التغيرات التي يمكن أن يسببها تغير الرقم الهيدروجيني (pH)، كما أن هذه الجسيمات متوافقة مع الأنظمة الحيوية ولها سمية ضعيفة جداً، ويمكن تعديل السطح الخارجى بمجموعات وظيفية مختلفة، مما يسمح بربطها مع مركبات حيوية تعمل على توصيلها إلى منطقة العلاج المحلية. وقد أظهرت بعض الدراسات الحديثة إمكانية استخدام جسيمات السليكا (Silica) متناهية الصغر في احتواء عقار مضاد للسرطان قابل للتفاعل مع الضوء يمكن تفعيله عند وصوله لمكان الورم عن طريق تسليط الضوء بطول موجي محدد، مما يقلل الآثار السلبية للعقار على الأنسجة السليمة المجاورة<sup>(٢٠)</sup>.

٥. المركبات العضوية (Organic compounds)

تلعب المركبات مثل المتشجرات (Dendrimers) والحوصلات الدهنية (Liposomes) الحيوية دوراً كبيراً في إيصال الدواء، وتتميز هذه المركبات والأجسام بصلاحياتها لأن تعمل على إيصال الدواء وذلك لأن حجمها في حدود مقياس النانو ومتوافقة مع الأنظمة الحيوية<sup>(٢١)</sup>.

لهذه المركبات خصائص فريدة متعلقة بشكلها والقدرة على بناء النهايات الخارجية لربط المركبات بها، كما يمكن الاستفادة من تجويفها الداخلي لحمل الدواء وإيصاله إلى المنطقة المصابة، ولها القدرة على الذوبان في الماء والزيت في أن واحد، مما يمكنها من حمل المركبات الدوائية المختلفة الذوبان، ومن ثم إطلاقه بمعدل مناسب للعلاج، ويمكن تعديل سطح هذه الحوصلات بربطها بمركبات ذات خصائص مميزة، مما يساعد في انتقالها خلال الأوعية الدموية والوصول إلى المكان المراد إيصال الدواء إليه<sup>(٢٢)</sup>.

للأورام، في خلية بدون قرح استجابة مناعية، وهذا ناتج عن الحجم الصغير لها، والبنية المتفرعة يمكن تصميمها لتحرر مركبات مرتبطة استجابة لجزيئات خاصة أو تفاعل كيميائي، إن الكرة الطبقيّة التي تدعى الغلاف النانومتري تم تطويرها من قبل Nanospectra من أجل توصيل الأدوية والغلاف النانومتري له طبقة ذهبية خارجية التي تغطي الطبقات الداخلية من السيليكا والأغلفة النانومترية يمكن صنعها لامتصاص الطاقة الضوئية وبعدها تحويلها إلى حرارة، وبالتالي عندما توضع الأغلفة النانومترية قرب منطقة مستهدفة مثل خلية الورم، فإنها يمكن أن تحرر أضداد خاصة بالورم عندما يعطى ضوء الأشعة تحت الحمراء.

٣. أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes)

أظهرت الأبحاث الحديثة إمكانية استخدام تلك الأنابيب من خلال ربطها مع مركبات ببتيدية (Peptides) لتعريفها بنظام المناعة في الجسم، وبالتالي استخدامها في إيصال اللقاح مما يساهم في رفع المناعة مقارنة بطرق إيصال اللقاح التقليدية، كما يمكن استخدام أنابيب الكربون المعدلة في إيصال الأحماض النووية إلى الخلايا ونقل المورثات (Genes)، حيث تتميز الأنابيب المعدلة بقدرتها على تكوين تجمعات معقدة مستقرة مع المركبات الحيوية مما يساعد في رفع مستوى تعبير المورثات (Gene Expression)، ويفتح مجالاً كبيراً للتطبيقات المتعلقة بالعلاج المبني على المورثات<sup>(٢٣)</sup>.

٤. جسيمات نانوية غير عضوية (Ceramic or Inorganic)

يتوقع أن تساهم الجسيمات النانوية غير العضوية في تحسين طرق إيصال الدواء، لسهولة تحضيرها والتحكم في شكلها وحجمها وتكيفها مع درجة الحرارة المحيطة بها، وقدرتها

٦. المستحلبات متناهية الصغر (Nano emulsions)

أظهرت دراسات حديثة إمكانية استخدام المستحلبات النانوية كنظام متعدد الوظائف لإيصال الدواء ومتابعته. تتكون هذه الأنظمة من حبيبات من الزيت في الماء مرتبطة مع مركبات (DTPA) لها القدرة على الاتصال بأيونات فلزية محددة، ويتم تحميل الدواء داخل هذه الأنظمة بالإضافة إلى أيونات جالينوم (GD+3) لتوفير خاصية المادة المتباينة للاستخدام مع جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، وبالتالي يمكن تتبع مراحل علاج الورم والتخلص من الآثار الضارة للعلاج الكيميائي<sup>(٢٢)</sup>.

لا بد من التأكيد أن ما تم من أبحاث في مجال استخدام النانوتحمل وعوداً طبية في طرق إيصال الدواء، إلا أنها في مراحلها الأولية، وتحتاج إلى وقت طويل حتى يتم التأكد من سلامتها وعدم إحداثها لمضاعفات جانبية في حال دخولها جسم الإنسان. ويمكن تلخيص الفوائد التي ستضيفها تقنيات النانو في تطوير طرق إيصال الدواء فيما يلي:

١. القدرة على توجيه الدواء إلى المنطقة المصابة تحديداً.
٢. إيصال العلاج وإطلاقه حول المنطقة المصابة فقط دون التأثير على الأنسجة السليمة القريبة منها.
٣. تقليل التسمم الناتج عن استخدام جرعات زائدة من الدواء دون الحاجة إلى ذلك.
٤. التحكم في عملية إطلاق العلاج على فترات زمنية محددة داخل جسم الإنسان.
٥. القدرة على الحركة وتجاوز الحواجز الحيوية.
٦. إمكانية متابعة مراحل العلاج ومدى استجابة المنطقة المصابة له.
٧. تقليل معاناة المرضى، والآلام المصاحبة

ل طرق إيصال الدواء.  
٨. تقليل تكاليف الدواء والاستفادة من طرق العلاج الحالية المتوفرة بتكلفة أقل.  
٩. إمكانية استخدام الدواء المتوفر حالياً بعد تحسين طرق إيصاله دون الحاجة إلى إنتاج أدوية جديدة.

وتتمثل طرق إيصال الدواء النسبة الكبيرة من التطبيقات الطبية لتقنيات النانو التي بدأت تظهر في مراحلها النهائية من التجربة، حيث يفوق تطورها تطور التطبيقات الأخرى لتقنيات النانو المتعلقة بالتشخيص، ويتوقع أن تنتشر بشكل أكبر في السنوات الخمس القادمة، وأن يكون لها تأثير كبير في علاج الأمراض الخطرة مثل السرطان.

## ثانياً: تطبيقات تقنية النانو في التشخيص الطبي

يساهم التشخيص الطبي في الاكتشاف المبكر للمرض، مما يجعل عملية العلاج أكثر نجاحاً وأقل تكلفة، كما أنه يريح المريض نفسياً من متابعة العلاج لفترة طويلة. والآمال معقودة على دور تقنية النانو في تطور عملية التشخيص، وقدرة الأطباء على معرفة أسباب الأمراض وطرق حدوثها مبكراً؛ وهو ما سينعكس بصورة إيجابية على حياة الإنسان وتقدم المجتمعات.

يتم في التطبيقات الطبية لتقنية النانو تحضير الجسيمات متناهية الصغر، والأجهزة المعتمدة عليها؛ بحيث تتخاطب وتتفاعل مع الأنسجة والخلايا الحية على المستوى الجزيئي. وليس على مستوى الخلايا. بدقة عالية وتحكم وظيفي، مما يساعد في دفع عجلة التطور في تقنيات الأنظمة الحيوية، وتصبح الاختبارات الحيوية لقياس وجود أو نشاط المواد المختبرة أسرع وأكثر دقة<sup>(٢٣)</sup>.

ويمكن دمج جزيئات النانو المغناطيسية مع الأجسام المضادة المناسبة واستخدامها كعلامات

يمكن تطويرها بتقنية النانو؛ حيث تساعد تلك التقنية في زيادة كفاءة الصور ثنائية وثلاثية الأبعاد، ويصبح التباين بين الأنسجة الطبيعية وغير الطبيعية واضحاً في مراحلها الأولى، وسيكون لدى الطبيب معلومات وافية عن حالة المريض وأعراض المرض من دون الحاجة إلى التدخل الجراحي، ومن أهم المجالات التي يمكن أن تستفيد من هذه التقنية تشخيص أمراض الدماغ والمفاصل والظهر والأعصاب.

يتميز جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي بقدرته العالية على تصوير الأنسجة اللينة والتعرف على أنواع الأورام عن طريق عوامل مختلفة تؤثر في الإشارة المستقبلية من النسيج، حيث تتأثر قيم هذه العوامل بالوضع التركيبي والفسولوجي في الأنسجة الطبيعية عنها في حالة تكون الأورام، إلا أن التمييز بين قيم العوامل في الأنسجة الطبيعية في حالة المرض - خاصة في مراحلها الأولى - يشكل تحدياً كبيراً، وهنا يأتي دور جسيمات النانو عملياً في الارتباط بمنطقة الورم عند إدخالها الجسم مع القدرة على التحكم في سيرها، والتأكد من وصولها إلى منطقة النسيج المتوقع انتشار المرض فيه، ومن ثم تأثيرها على قيم العوامل المقاسة بالجهاز، مما يسهل تحديد منطقة الورم وحجمه ومدى انتشاره عند الحصول على الصور التشخيصية من الجهاز.

٢. التصوير بالأشعة السينية: يمكن الاستفادة من تقنية النانو في هذا النوع من التصوير في تطوير تشخيص أمراض العظام والثدي والصدر وإصابات الحوادث.

٣. التصوير بالموجات فوق الصوتية: يستخدم التصوير بالموجات فوق السمعية في تشخيص أمراض القلب ومتابعة نمو الجنين، ولذلك فإن تقنية النانو سوف تطور هذا النوع من التشخيص.

على وجود جزيئات محددة أو ميكروبات، وبالمثل استخدام جزيئات الذهب المدمجة مع مقاطع صغيرة من الحمض النووي للتعرف على تسلسل الجينات في عينة ما. هناك أيضاً تقنية ثقب النانو لتحليل الحمض النووي، والتي تحول تسلسل وحداته مباشرة إلى إشارة كهربائية. ويمكن تلخيص التقدم في التشخيص الطبى الذي ستساهم فيه تقنية النانو في عدة محاور، منها:

\* أجهزة التشخيص (Diagnostic Instruments)

يمكن لأجهزة التشخيص أن تستفيد من التقدم في تطبيقات النانو في مجال الإلكترونيات، ومعالجة الإشارات، وأجهزة الحاسب لتحليل البيانات، مما يساهم في سرعة أدائها ودقة تشخيصها، واكتشافها للمرض بصورة مبكرة. وتشمل أجهزة التشخيص ما يلي:

أ. تقنيات التصوير (Imaging Techniques)

يعد التصوير الطبى بتقنياته المتعددة من المجالات التي ستساهم فيها تقنية النانو، حيث يتوقع أن تدفع عجلة التطور فيها من حيث كفاءة أدائها وسرعة عملها وزيادة سبل الأمان فيها، ذلك بسبب دخول تقنية النانو في صناعة الشرائح الإلكترونية، ودوائر التوصيل الكهربائي ومعالجات البيانات المستخدمة في تلك الأجهزة. كما أنها ستساهم في تخفيض تكلفة صناعتها، وبالتالي انتشار استخدامها، حيث لا تتواجد تقنيات التصوير التي تستخدم فيها تقنية النانو حالياً إلا في المستشفيات والمراكز الطبية الكبيرة. وتشمل تقنيات التصوير أجهزة مختلفة لها أسسها الفيزيائية والهندسية، واستخداماتها الخاصة بها في التشخيص، ومن تلك الأجهزة ما يلي:

١. التصوير بالرنين المغناطيسى

وهو من أهم الاستخدامات الرئيسة التي

بداخله مادة متباينة ذات طبيعة خاصة يمكن تتبعها باستخدام تقنيات التصوير الطبي. كما يعمل أيضا كناقل للدواء يتم التحكم في الوقت والمكان المناسب لإطلاقه عن طريق الديناميكا الضوئية بحيث يكون المركب حساس للضوء (أو لشعاع الليزر) عند تسليطه عليه، كما يحمل على سطحه مركبات حيوية لها القدرة على الارتباط الاختياري بالخلايا، بهذه الوظائف المختلفة، يوفر الجسيم قدرة عالية على استهداف الأورام وتتبع علاجها ويقلل من تأثير الدواء على الأنسجة السليمة المجاورة للورم<sup>(٢٤)</sup>.

ج. الاختبارات الحيوية (Biochemical tests)

تستخدم الاختبارات الحيوية لتحديد وجود المرض ومسبباته، وهي من الأساسيات المهمة في تحديد التغيرات الفسيولوجية الوراثية المصاحبة للأمراض المختلفة، ويعول عليها في اكتشاف الأمراض وتشخيصها في وقت مبكر، ويربط الجزيئات الحيوية بجسيمات نانوية تصبح الاختبارات أكثر حساسية لأي تغير حيوي، وأكثر دقة في اكتشاف مسببات الأمراض وبشكل سريع، كما يتوقع أن تظهر اختبارات جديدة معتمدة على الخواص المميزة للأنظمة والجسيمات متناهية الصغر، ويتوقع أن تعتمد هذه الاختبارات على حجم عينة أقل مما هو مستخدم اليوم في المستشفيات والمعامل الحيوية.

د. متابعة المرض

ستساهم التقنيات الحديثة المعتمدة على النانو في تحليل العينات في وقت قصير وبحجم أقل، مما يمكن الطبيب من اتخاذ قراره في الوقت المناسب، وستوفر تقنيات التصوير المرتبطة بالجسيمات متناهية الصغر الفرصة لمتابعة تطور المرض (Monitoring)، ومراحل علاجه، كما هو الحال في علاج مرض السرطان بأنواعه المختلفة، حيث أظهرت بعض نتائج

إن دراسة خلايا الجسم يكون صعباً، ومن هنا يلجأ العلماء إلى تلوينها، وهناك مشكلة أخرى ألا وهي أن الخلايا التي تصدر أمواجاً ضوئية مختلفة في الطول لا تعمل بشكل واحد أو بكيفية واحدة على الدوام، الأمر الذي يجعل عمليات التصوير الطبي تواجه مشاكل على صعيد التشخيص الصحيح، وقد تمكن العلماء من حل هذه المشكلة باستخدام بعض جزيئات النانو التي تبدي ردود فعل مختلفة إزاء الترددات الموجية المختلفة الناشئة بطبيعة الحال عن اختلاف طول الموجة، وهو ما يمكن الباحثين والأطباء من تعقب أي حركة تحدث في النسيج الحي داخل جسم الإنسان، وفي مستطاع الأطباء هنا التعرف بدقة على حركة الدواء داخل النسيج المريض<sup>(٢٤)</sup>.

ب. الجسيمات متناهية الصغر (Nanoparticles)

وهي مواد نانوية لها خواص فيزيائية وهندسية متميزة، يمكن الاستفادة منها في تشخيص الأمراض، كمواد متباينة (Contrast agents)؛ بحيث ترفع درجة التباين بين الأنسجة ذات التركيب المختلف، وبالتالي يمكن تمييز التغيرات التركيبية والفسيولوجية باستخدام تقنيات التصوير المتعددة. أو كمواد يمكن تتبعها (Trace elements) أو كمواد مميزة (Tagging and Labeling agents) للجزيئات الحيوية مثل البروتينات والإنزيمات، بحيث يسهل تتبع حركتها ودخولها إلى الخلايا وتفاعلها مع الجزيئات الأخرى، أو كمواد ملتصقة بمكان المرض بحيث يتم اكتشاف مكان المرض بدقة عالية، ومن ثم تحديده كهدف للعلاج<sup>(٢٥)</sup>.

ويمكن إنتاج هذه المواد وبخصائص متباينة بتغيرات بسيطة على سطحها لتهيئتها لأن تؤدي وظائف مختلفة تساعد في التشخيص الأولي المبكر. وتوصف هذه الجسيمات بأنها متعددة الوظائف، فالجسم يعمل مثل الكبسولة يحمل

للبكتيريا أو الفيروس، وعند دخول الملايين منها داخل الغشاء الهلامي للبكتيريا فإنها تنجذب كيميائياً إلى بعضها البعض وتجمع بعضها على شكل أنابيب طويلة أو دبابيس كثيرة تقوم بثقب الغشاء الخلوي وتعمل المجموعات الأخرى على توسيع الثقب في جدار الخلية البكتيرية حتى تموت خلال بضع دقائق نتيجة لتشتيت الجهد الكهربائي الخارجي لغشائها، ومن ثم تدميرها خلال دقائق ولا تستطيع معها تكييف جهازها المناعي<sup>(٣٦)</sup>.

وقد تمكن باحثون من جامعة يالا من إنتاج أنابيب متناهية في الصغر مصنوعة من الكربون (نانوبيوتك) من الممكن أن يكون لها الأثر التدميري على أي بكتيريا، حيث تحدث الباحثون في مؤتمر الجمعية الكيميائية الأمريكية الذي عقد في بوسطن ٢٠٠٧م عن مواصفات هذه الأنابيب، وأوضح أن عرضها واحد نانومتر وما إن يحدث اتصال بينها وبين البكتيريا تؤدي فوراً لموت الأخيرة. وسوف يوفر النانوبيوتك حوالي ١٠ بلايين دولار سنوياً تكلفة المعالجة بالعدوى المصابة عن طريق الجراثيم، حسب إحصائيات منظمة الصحة العالمية.

٢. التعقيم والتطهير الطبي للمستشفيات  
نجحت شركة "MAEDA KOUGYOU" اليابانية باستخدام تقنية النانو ومادة التيتانيوم في إنتاج سائل شفاف عديم اللون والرائحة من أكسيد التيتانيوم (MVX) له مواصفات خاصة أمكن استخدامها في أعمال التعقيم، والقضاء على البكتيريا، ومقاومة الروائح، وكذلك عدم تراكم الأتربة على الأسطح المدهونة بهذه المادة؛ وذلك عن طريق التفاعلات الضوئية الناتجة عن تعرض هذه المادة إلى أقل كمية من الضوء، بإنتاج الـ (O<sup>-</sup>) والـ (OH<sup>-</sup>) واللذان يحملان الإشارة السالبة التي تقتل البكتيريا، وإزالة الروائح، والمواد العضوية العالقة بالأسطح لمدة

الدراسات الأولية في هذا الخصوص أهمية استخدام الجسيمات متناهية الصغر في توصيل الدواء إلى الأورام السرطانية، مع توفر القدرة في الوقت نفسه على متابعة قتل الخلايا السرطانية وانكماش الورم بدون تدخل جراحي من قبل الفريق الطبي.

### ثالثاً: اكتشاف الأدوية والعقاقير العلاجية (Drug Discovery)

تساهم تقنية النانو في اكتشاف العقاقير المختلفة، خاصة في مجال المضادات الحيوية ومضادات السرطان وغيرها، وهي جزء من الحلول المتقدمة والجديدة لخفض زمن الاكتشاف والتطوير، ومن الممكن أن تتخفض تكاليف التطوير المعتمدة على طرق التجريب والخطأ التقليدية في عملية اكتشاف الدواء، وقد زاد عدد الأدوية المرشحة التي تم دراستها في السنوات العشر الماضية بمقدار ٣ أضعاف من ٥٠٠ ألف مركب دوائي إلى تقريباً ١,٥ بليون مركب. ومن أهم الاكتشافات النانوية في مجال تشييد الأدوية:

#### ١. النانوبيوتك (Nanobiotics)

يعتبر النانوبيوتك البديل الجديد للمضادات الحيوية (Antibiotics)، ومن المتوقع أن يحدث النانوبيوتك ثورة غير مسبوقة في التصدي للكائنات الدقيقة وذلك وفق اعتماد مبدأ (Nanobiotics) بدلاً من (Antibiotics). ففي جامعة (هانج بانج) في سيؤول استطاع الباحثون إدخال نانو الفضة إلى المضادات الحيوية، ومن المعروف أن الفضة قادرة على قتل ٦٥٠ جرثومة ميكروبية دون أن تؤذي جسم الإنسان.

سوف تقضي هذه التقنية على سلالات البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحول دون تأثيره عليها مثل: Staph. aureus و Ps. aeruginosa. حيث يقوم النانوبيوتك بثقب الجدار الخلوي

كمساعد في العمليات الجراحية الخطرة، ويمكن التحكم فيه بواسطة جهاز خاص، مما يساعد في إنجاز العملية بكفاءة وبدقة متناهية، وهي أفضل من الطرق التقليدية وتقلل من المخاطر كثيراً.

### خامساً: هندسة الأنسجة

تمثل الأنسجة التالفة إشكالية رئيسية في معالجتها وإصلاحها، ومن المفيد أن تقنية النانو تستطيع أن تساعد في عملية إعادة تصنيع أو إصلاح الأنسجة التالفة؛ فهندسة الأنسجة تستغل عملية تكاثر الخلايا المثارة صناعياً بواسطة جزيئات النانو وعوامل النمو. وقد تصبح تلك التقنية في يوم ما بديلاً عن نقل الأعضاء أو الأعضاء الاصطناعية<sup>(٢٩)</sup>.

### سادساً: استخدام التقنية في علاج مرض السكري

استطاعت الأبحاث الطبية النانوية أن تساهم في علاج مرضى السكري، وفي هذا المجال طورت باحثة في جامعة (إلينوي) الأمريكية جهازاً دقيقاً يمكن زراعته في الجسم ليعوض المصابين بالسكري عن حقن الأنسولين، وقد أثبتت التجارب المخبرية أن الفئران المصابة بالسكري، والتي تمت زراعة الجهاز في أجسادها تمكنت من العيش عدة أسابيع بدون أنسولين، ودون ظهور أي علامات لرفض الجهاز من خلايا الجسم، وهو ما يفتح الباب أمام مفاجآت ستغير مسارات كثيرة في حياة ملايين المرضى، ومن المؤكد أن هذه الأجهزة سوف تنزل إلى الأسواق قريباً<sup>(٢٨)</sup>.

### سابعاً: إصلاح الخلايا التالفة

في طرق العلاج التقليدية المتبعة في علم الطب والجراحة، يقوم الأطباء بمعالجة الأنسجة والخلايا التالفة بواسطة العمليات الجراحية المختلفة والأدوية المتعددة، بيد أن الحال يختلف فيما لو استخدمت مكائن تعميم الخلايا التالفة، بواسطة زرق إبرة خاصة لا تؤدي إلى قتل الخلايا،

تصل إلى خمس سنوات بنفس الكفاءة<sup>(٢٧)</sup>. وقد استخدم MVX في كبرى مستشفيات العالم لتعقيم غرف العمليات وغرف المرضى، وقد عالج العديد من حالات تلوث المستشفيات والأماكن المصابة بالجراثيم والأمراض المعدية.

### رابعاً: النانو روبوت أو الأجهزة النانوية الدقيقة

الجسيمات النانوية تتكون من عدد من الذرات وتشكل ذراع الروبوت الذي يمكن أن يمسك بالذرة ويحركها من مكان إلى آخر لتكوين مركبا نانوية أخرى. ويمكن استخدام هذه الأجهزة الدقيقة في إيصال الدواء إلى الأجزاء والأعضاء المريضة في الجسم ومن المتوقع أن يغير هذا الاختراع وجه الطب بعد أن أصبح واقعاً ملموساً. وقد استطاع العلماء صنع نانوروبوت بحجم ١ ميكرون، حتى يستطيع أن يمر عبر الأوعية الدموية، وهو مصنوع من الكربون نظراً لصلابته. ويمكن متابعة عمل الروبوت داخل الجسم من خلال الرنين المغناطيسي وكذلك الأشعة المقطعية وذلك للتأكد من وصوله إلى العضو المقصود أو النسيج المريض. ومن أمثلة هذه الأنواع:

١. نانوروبوت للتجول داخل الأوعية الدموية: لقد تمكن العلماء والباحثين في جامعة (كارنكي ملون) من إنتاج محرك نانوي يكون في مكانه التجوال بكل سهولة في الأوعية الدموية داخل الجسم. وهذا الابتكار يعتبر نقطة عطف مهمة في مجال محركات النانو أو المحركات الدقيقة جداً، حيث يمكن توجيهها إلى أنسجة معينة داخل الجسم. وهذه التقنية يمكن تصويرها بواسطة الرنين المغناطيسي (MRI) وهي تتحرك داخل الجسم<sup>(٢٨)</sup>.

٢. نانوروبوت مساعد في العمليات الجراحية: قامت شركة (كورفس) بصناعه محولات مرئية (روبوت صغير) بحجم النانومتر يُستخدم

كومبوزيت، وفي المواد الحاوية على أنابيب نانوية من الكربون يتم استخدام روبوتات نانوية في مجال المعالجة التقويمية يمكنها أن تؤثر مباشرة على النسيج الداعمة، لتسمح بإجراء الحركات السنوية بشكل أسرع وبدون ألم خلال دقائق إلى ساعات<sup>(٤٣)</sup>.

### تقنية النانو وعلاج السرطان

إن قدرة تقنية النانو على تشخيص الأورام السرطانية، هي من بين الأحلام التي راودت مخيلة الباحثين لسنين عديدة. وباستخدام تقنية النانو أصبح بالإمكان الحصول على صور متطورة من الناحية الطبية للأورام والخلايا السرطانية، وأحجام هذه الصور تساعد الأطباء والباحثين في الحصول على معلومات دقيقة حول هذه الأورام، حيث أظهرت آخر البحوث أن العلماء قد توصلوا إلى طريقة نانوية جديدة يمكن بواسطتها تصوير الأورام السرطانية داخل الجسم، وتحديدتها بدقة، ومن ثم القيام بالعلاج بشكل مباشر للتخلص من هذه الأورام السرطانية.

### أولاً: التشخيص المبكر للسرطان وعلاجه

يعد مرض السرطان بأنواعه المختلفة من أكثر الأمراض انتشاراً في أنحاء العالم، حيث تم اكتشاف أكثر من عشرة ملايين حالة إصابة جديدة، ووفاة أكثر من ستة ملايين مصاب حول العالم، وفي كثير من الحالات يكون اكتشاف السرطان قد تم في وقت متأخر، مما يعجل بانتشاره في أعضاء الجسم، ويقلل من فرص نجاح علاجه، ولهذا فإن التطور في تشخيص مرض السرطان سوف يساهم في اكتشافه مبكراً، وإمكانية استئصاله وعلاجه قبل أن يستفحل، وقد نُشرت حديثاً عدة أبحاث تبين مساهمة تقنية النانو في دفع عجلة التطور في التشخيص الطبّي خاصة في مرض السرطان، إلا أنه ينبغي التأكيد على أن هذه الأبحاث في مراحلها الأولى

إنما تدخل المكائن المعمرة إلى الخلايا المراد الدخول إليها. وفي هذه الطريقة الحديثة يتم الاستفادة من حقيقة أن خلايا الجسم تبدي ردود فعل إزاء المحركات الخارجية مهما كانت فإذا ما وصلت إليها محركات النانو أو المحركات الدقيقة أبدت رد الفعل هذا، الأمر الذي يغير من عمل الخلايا ويأخذ بها من المرض إلى الشفاء وهذه الطريقة كما يبدو طريقة مباشرة في العلاج.

### ثامناً: تطبيقات طب الأسنان

١. التطبيقات السنوية في مجال التخدير الموضعي

يتم حقن روبوتات نانوية ضمن اللثة، وبعد تماسها مع سطح التاج أو اللثة فإنها تصل إلى اللب السني عن طريق الميزاب اللثوي، الصفيحة القاسية والأنابيب العاجية. عندما تصل هذه الروبوتات إلى اللب عندها يمكن للطبيب التحكم بها لإيقاف الحساسية السنوية في السن المراد علاجه. وبعد إنهاء المعالجة السنوية، يتم إعطاء أمر للربوت لإعادة الإحساس، وإلغاء التحكم بالسيالة العصبية ومن ثم الخروج من السن بطريق مشابه للدخول<sup>(٤٠)</sup>.

### ٢. علاج الحساسية السنوية

يمكن أن تنتج عن تغير الضغط الهيدروديناميكي المنتقل إلى اللب، وهذا يعتمد على حقيقة أن الأسنان ذات الحساسية السنوية (العاجية) تملك سطح أكثر كثافة بالفتحات العاجية ب ٨ مرات وبقطر أكبر بمقدار الضعف من تلك في الأسنان غير الحساسة<sup>(٤١)</sup>. وتأتي مهمة الروبوتات في القيام بشكل انتقائي ودقيق لإغلاق هذه الفتحات بالمشاركة مع مواد حيوية، تقدم للمريض علاج سريع ودائم<sup>(٤٢)</sup>.

٣. تحسين المتانة البنيوية والناحية الجمالية يتم ذلك من خلال استبدال طبقة الميناء بمادة من الماس أو نوع من الأحجار الكريمة النقي، التي تزيد من مقاومة الانكسار كما هو الحال في النانو

تقنية لتصوير الخلايا السرطانية، وذلك باستخدام الخصائص الضوئية لجسيمات الفلورة متناهية الصغر (Fluorescent nanoparticle probes). حيث عرض الباحثون في أبحاث منشورة التصوير الضوئي لخلايا سرطانية مستزرعة من رئة إنسان بوجود جسيمات متناهية الصغر ذات خصائص ضوئية، ويعتقد الباحثون أن ذلك سيساهم في المستقبل في تشخيص حجم الخلايا السرطانية وانتشارها ودراسة خيارات استئصال الورم السرطاني من قبل الفريق الطبي.

\* وصف باحثون في دراسة حديثة أن استخدام جسيمات متناهية الصغر ذات خواص معينة (Magnetic nanoswitches)، يساهم في قياس تركيز المواد الكيميائية تحت التحليل، وستساعد هذه التقنية في قياس تركيز المواد الحيوية في الجسم عند عمل التحاليل لاكتشاف التغيرات الفسيولوجية والتركيبية المصاحبة للأمراض كما هو الحال في قياس مستوى الجلوكوز.

كلما كان اكتشاف الخلايا السرطانية سريعاً كلما كانت نسبة الشفاء عالية، وتقنية النانو استطاعت أن تقدم آلية نستطيع من خلالها الكشف المبكر عن الأورام السرطانية، والباحثون من أسبانيا يتحدثون عن طريقة جديدة يستخدمها الأطباء في الكشف عن خلايا السرطان بسرعة وخاصة سرطان الثدي، كما تقول "لورا ليشاغاً" مديرة المركز القومي للإلكترونيات الدقيقة بأسبانيا، وقد تم نشر هذه الدراسة في العام ٢٠٠٥<sup>(٤٦)</sup>.

**ثانياً: مكافحة السرطان عن طريق استهداف الجينات المسببة له**

في إطار البحث الدائم عن سبل فعالة لمقاومة وعلاج السرطان بعيداً عن العقاقير الكيميائية، استطاع باحثون في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا

من إجراء التجارب على الحيوانات، ومن هذه الأبحاث ما يلي:

\* قام باحثون بمركز أبحاث السرطان في جامعة ميتشيجن في الولايات المتحدة بإجراء تجارب على فئران مصابة بسرطان في الدماغ، وذلك بحقنها بدواء ومادة متباينة داخل جسيمات متناهية الصغر، بحيث يتم التحكم في وصول الدواء وتتبع حركته عن طريق جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، والتأكد أن الدواء يؤثر على الخلايا السرطانية دون السليمة، وبهذه الطريقة جمع الباحثون بين التشخيص (تحديد مكان الورم ومتابعة تقلصه واضمحلاله) وبين العلاج (إيصال الدواء إلى مكان الورم، والتحكم في جرعاته واستهدافه، من دون التأثير على الأنسجة الطبيعية) وقد أظهرت النتائج الأولية أن حيوانات التجارب استجابت للعلاج بشكل أكبر عند استخدام الجسيمات النانوية، كما كان بالإمكان تتبع مسارها وتشخيص حالة الورم السرطاني بشكل أدق<sup>(٤٤)</sup>.

\* قام باحثون في جامعة نبراسكا في الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام جسيمات متناهية الصغر من أكسيد الحديد تتميز بخواص مغناطيسية للمساهمة في اكتشاف الأورام السرطانية، وذلك عن طريق استخدامها كمادة متباينة مع التصوير بالرنين المغناطيسي، حيث ساهمت الخصائص المغناطيسية الجديدة للجسيمات متناهية الصغر في اكتشاف الورم وتوصيل الدواء لمعالجته<sup>(٤٥)</sup>.

\* أوضح باحثون من الولايات المتحدة الأمريكية وهولندا أنه يمكن اكتشاف عقد ليمفاوية صغيرة الحجم في مرضى سرطان البروستات لم يكن بالإمكان اكتشافها سابقاً، وذلك باستخدام جسيمات متناهية الصغر مع التصوير بالرنين المغناطيسي.

\* استطاعت مجموعة من الباحثين تطوير

بعض الجينات بزيادة فرص الإصابة بالسرطان، آخرها الدراسة التي كشفت عن وجود تغيرات جينية يسهم حدوثها في رفع مخاطر الإصابة بسرطان الرئة لدى غير المدخنين، فبينما يعد التدخين السبب الأول لسرطان الرئة إذ ترتفع مخاطر إصابة المدخنين بهذا النوع من السرطان بأكثر من ٢٠ مرة مقارنة بغير المدخنين، وفي المقابل فإن ١٥٪ من الرجال و٥٣٪ من النساء الذين يصابون بسرطان الرئة هم من غير المدخنين، أي أن ٢٥٪ من حالات سرطان الرئة في العالم تظهر لدى غير المدخنين، إلا أن العامل الجيني أيضاً قد يقف وراء الإصابة بهذا النوع من السرطان حتى لدى غير المدخنين، وكانت دراسات عديدة قد أجريت على الخريطة الجينية للإنسان أثبتت حدوث تغييرات جينية يمكن أن يكون لها أثر متوسط على الإصابة بسرطان الرئة، إلا أن أياً من هذه الدراسات لم تخصص لغير المدخنين<sup>(٤٨)</sup>.

### ثالثاً: نانو الذهب: العلاج الضوء- حراري

اكتشف العلماء أن الذهب على مستوى النانو يتمتع ببعض الخواص العلاجية وخاصة علاج السرطان، وتشير الدراسات أن جزيئات الذهب في حجم النانو يكون لها القدرة على امتصاص الضوء وتحويله إلى طاقة حرارية، وقد تم الاستفادة من هذه الخاصية في علاج السرطان؛ من خلال حقن الورم بجزيئات نانو الذهب والتي توضع داخل جزيئات خاصة تمكنه من دخول الخلايا السرطانية فقط دون الخلايا السليمة، وبعد ذلك نسلط على الورم كمية معينة من الضوء، فتمتصه جزيئات الذهب وتحوّله إلى حرارة، تكون كافية لقتل وتدمير الخلايا السرطانية دون الإضرار بالخلايا السليمة.

ويستخدم نانو الذهب كذلك في عملية تشخيص السرطان، حيث يتغير لونه باختلاف حجم الجزيئات الخاصة به، ومن الملاحظ أن

في باسادينا، تطوير أسلوب جديد عبر توظيف تكنولوجيا النانو لتعقب الخلايا السرطانية ويقوم في الوقت نفسه بوقف عمل جين محدد يساهم في نمو تلك الخلايا<sup>(٤٧)</sup>.

فقد طور الباحثون جسيمات نانوية بإمكانها التحرك في دم المريض والوصول إلى الأورام، حيث تطلق علاجاً يوقف عمل جين مهم يساعد على نمو السرطان، واستخدم فريق الباحثين تقنية النانو لتصنيع جسيمات آلية صغيرة جداً من مركب البوليمر الكيميائي مغطاة بروتين يسمى ترانسفيرين تبحث عن مستقبل أو مدخل جزيئي في أنواع كثيرة مختلفة من الأورام. وقال مارك ديفيز أستاذ الهندسة الكيميائية الذي قاد الدراسة ومستشار شركة كالاندو الخاصة للمستحضرات الدوائية التي تطور العلاج: هذه أول دراسة تتمكن من الوصول إلى هذا الحد وتظهر كيف تعمل أليتها، وتستعرض النتائج التي نشرتها دورية «نيتشر» أدلة مبكرة على أن النهج الجديد في العلاج الذي يسمى تدخل الحمض النووي الريبي «RNA» قد ينجح مع البشر، والحمض النووي الريبي موصل كيميائي تبين أنه لاعب أساسي في عملية تطور المرض وبموجب العلاج الجديد متى ما تجد الجسيمات الخلية السرطانية وتدخل إليها لتحلل لتخرج الحمض الريبي التدخلي الذي يوقف عمل جين ينتج بروتيناً يساعد على نمو السرطان، إلا أن وصول العلاج للهدف الصحيح في الجسم يمثل تحدياً، يشار إلى أن عشرات الشركات المتخصصة في التكنولوجيا الحيوية والدوائية من بينها مرك وفايزر ونوفارتس وروش تبحث عن سبل التلاعب بالحمض النووي الريبي ليووقف عمل الجينات التي تنتج البروتينات المسببة للأمراض والتي تسهم في الإصابة بالسرطان أو العمى أو مرض نقص المناعة المكتسب الإيدز.

وقد نشرت بعض الأبحاث التي أثبتت ارتباط

مختلف الأنواع السرطانية التي تصيب الإنسان، مثل أورام الثدي والبروستات، وسوف يتم تجربة الطريقة أولاً في مكافحة سرطان الدم بعد أن تأكد العلماء أن التجارب على الفئران سارت دون ظهور أعراض جانبية.

والفرق بينه وبين الأجسام المضادة العادية أن الأخيرة ترتبط في جسم الإنسان بنوع واحد فقط من البروتينات ولم تستطع إثبات قدرتها في معظم حالات السرطان المختلفة بينما يستطيع هذا الجهاز الصغير الارتباط بأكثر من ١٢ نوعاً من البروتينات في نفس اللحظة وبالتالي يستطيع تحديد تركيز أنواع مختلفة من الجزيئات في نفس الوقت وبعد تحديد التركيز يقوم المعالج في هذا الجهاز بمقارنة هذه البروتينات بالبيانات المخزنة عليه فإذا وجد تطابقاً فيقوم بإفراز السم والذي بدوره يقوم بتدمير هذه الخلايا.

**خامساً: إيصال الدواء بتقنية النانو لعلاج السرطان**

تحمل تطبيقات تقنية النانو آمالاً كبيرة لتحسين طرق إيصال الدواء بشكل عام، وعلى وجه الخصوص في حالة أمراض السرطان (Cancer)، حيث ساهمت هذه التقنية في التمكن من قتل الخلايا السرطانية دون التأثير على الخلايا السليمة المجاورة لها.

من المعلوم أن من التحديات الأساسية في تشخيص وعلاج الأورام السرطانية في الوقت الحالي القدرة على تعيين حدود المنطقة المصابة وإيصال العلاج لها، ولذا فإن طريقة إيصال العلاج المستهدفة (Targetted Drug Delivery) ستساهم في التغلب على هذه العوائق والتخفيف من الآثار الجانبية الخطيرة للعلاج الكيميائي. وينصب اهتمام الباحثين على حصول الأنسجة من الناحية البيولوجية على الدواء الذي تحتاجه في حالة المرض. والمراد من الحصول البيولوجي، مقدار تواجد الجزيئات الخاصة من

جزيئات الذهب في مستوى النانو يعطي اللون الأحمر، والجزيئات الأقل حجماً تعطي اللون الأصفر، بينما الجزيئات الصغيرة جداً تعطي اللون الأخضر. وقد تمكن الباحثون من الاستفادة من هذه الخاصية في عملية التشخيص، فعند وضع هذه الجزيئات في محلول به خلايا نجد أن الجزيئات الحمراء تلتصق بسطح الخلية من الخارج؛ لأن حجمها الكبير يجعلها عاجزة عن المرور إلى داخل الخلية، أما الجزيئات الصفراء فتعبر الغشاء الخلوي وتبقى في السيتوبلازم، بينما الجزيئات الخضراء الأصغر حجماً ستدخل أجزاء الخلية، وبهذا يمكن صبغ الخلية بألوان مختلفة، وتساعد في عملية التشخيص العملي<sup>(٤٨)</sup>.

**رابعاً: نانو طبي للتخلص من السرطان**

لقد استطاع علماء من مركز السرطان (ميموريان كيتيرنج) الأمريكي من التوصل إلى تطوير ذرات مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية، وتقضي عليها من الداخل، واستطاع العلماء بقيادة (ديفيد شينبيرج) من استخدامها في القضاء على الخلايا السرطانية في فئران المختبرات، وعمل العلماء على تجهيز ذرات مشعة من مادة (أكتينيوم ٢٢٥) ترتبط بنوع من الأجسام المضادة، ونجحت هذه الذرات في اختراق الخلايا السرطانية، ومن ثمَّ الفتك بها والقضاء عليها، واستطاعت الفئران المصابة بالسرطان أن تعيش ٣٠٠ يوم بعد هذا العلاج، في حين لم تعيش الفئران التي لم تتلقَّ العلاج أكثر من ٤٣ يوماً، وتوجد في كل (ذرة) خلية (ألفا) ذات عناصر إشعاعية قادرة على إطلاق ثلاثة جزيئات، وكل جزيئ من هذه الجزيئات تطلق ذرة ذات طاقة عالية؛ لذلك فإن وجودها داخل الخلية السرطانية يقلص من احتمال قيام ذرات (ألفا) بقتل الخلايا السليمة. وقد تم تجريب الطريقة على خلايا مستنبتة مخبرياً من

جملة من الفوائد العظيمة والكبيرة للإنسان، غير أنها تحمل معها كذلك جوانب سلبية شأنها في ذلك شأن أي تقنية أخرى. وعلى الرغم من الفوائد العظيمة التي تنتظرها البشرية من هذه التقنية الحديثة، فإن لها بعض الجوانب السلبية، وتحمل معها بعض المخاطر على صحة الإنسان وبيئته، فضلاً عن نقص المعلومات المتاحة حول الآثار الجانبية الصحية والبيئية المحتملة لتطبيقاتها؛ مما أدى إلى تخوف بعض العلماء من أن تقنية النانو سوف تقود البشرية إلى طريق طويل مليء بالمشاكل الصحية والبيئية.

**أولاً: الآثار السلبية المباشرة على صحة الإنسان**

ترجع المخاطر المحتملة لتقنية النانو على صحة الإنسان من دقة حجم المواد النانوية التي سوف يتعامل معها الفرد، ونحن نعلم مدى صغر هذه المواد، حيث أن بعضها لديه القدرة على النفاذ إلى جسم الإنسان بكل سهولة، خلال مسامات الجلد، وتستطيع الانتشار داخل الجسم بصورة أكبر وأسرع من أي مادة أخرى، بدون أن يشعر الإنسان أو يبدي أي مقاومة، وهو ما يحمل معه المخاطر الكبيرة على صحة الفرد<sup>(٥٠)</sup>، فالجسيمات العالقة في الهواء والناجمة من الدهانات أو البخاخات أو الغبار يمكن أن يتم استنشاقها، وبالتالي تنفذ إلى الجسم.

وعلى الرغم من أن الآثار السلبية المحتملة للمنتوجات المصنعة بهذه التقنية الواعدة على صحة الإنسان ما زالت مجهولة إلى حد كبير، وبرغم جميع إجراءات السلامة التي يتم اتباعها فإن المئات منها قد غمر الأسواق بالفعل في جميع المجالات من الملابس إلى الطب إلى عجائن تنظيف وتبييض الأسنان إلى الطرق السريعة ومواد المحافظة على الحيوية والجمال والرشاقة.. الخ، ولا تزال الأبحاث والتجارب وعمليات الإنتاج تجري على قدم وساق لإنتاج المزيد منها، ويمكن

الدواء في الأنسجة المريضة، وفي أي جزء من هذه الأنسجة يكون الدواء أكثر فاعلية. وتشير الأبحاث القائمة في مجال استخدام تقنيات النانو في طرق إيصال العلاج إلى منطقة الأورام السرطانية سيكون لها دور كبير في التأثير على طرق العلاج القائمة حالياً وتحسينها<sup>(٤٩)</sup>.

**سادساً: المساعدة في جراحة الأورام**

وباستخدام جزيئات النانو كعوامل للتباين (كبديل عن الصبغة) نحصل على صور بالرنين المغناطيسي والأشعة فوق الصوتية ذات تباين وتوزيع أفضل، بل إن جزيئات النانو المضيئة تستطيع أن تساعد الجراح أثناء العملية الجراحية في التعرف على مكان الورم، وبالتالي تجعل من عملية استئصاله أمراً أكثر سهولة<sup>(٤٦)</sup>.

**سابعاً: رصد خلايا السرطان واكتشافها بدقة متناهية**

جهاز الكانتيليفير cantilever هو جهاز دقيق جداً بمقياس النانو، حيث تقارب أبعاده أبعاد كرية الدم البيضاء، وهو أحد أجهزة النانو المستقبلية، والتي تستطيع رصد واكتشاف الخلايا المصابة بالسرطان، وذلك من خلال انحناء نتوءاتها الدقيقة. وأجهزة النانو كانتيليفير يمكن تصميمها هندسياً بشكل خاص يمكنها من الارتباط بالخلايا التي تشير تغيراتها إلى الإصابة بأنواع مختلفة من أمراض السرطان، وتتميز هذه الأجهزة بقدرتها الفائقة على تشخيص خلايا السرطان في مراحلها المبكرة، وذلك بدقة تصل إلى حد اكتشاف خلية سرطانية واحدة، والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة ما زالت في مراحل تطويرها الأولى، وهي من تطبيقات تقنية النانو المتقدمة جداً، والتي ما زالت في حاجة لمزيد من البحث والدراسة.

**الآثار الصحية والأخلاقية السلبية لتقنية النانو**

تعتبر تقنية النانو من التقنيات التي تحمل

النانوية بسبب تأثيرات الحجم الكمي والمساحة السطحية الكبيرة، وعلى الرغم من أن بعض المواد تكون خاملة مثل الذهب، فإنها تصبح نشطة للغاية في الأبعاد النانومترية<sup>(١٥)</sup>. وقد ظهرت بعض الدراسات العلمية الحديثة التي أشارت إلى أن بعض المواد النانوية لها تأثير مباشر على القلب والأوعية الدموية في الفئران<sup>(١٦)</sup>. وهناك بعض الدراسات الطبية التي وجدت روابط بين الجسيمات النانوية وبعض الآثار الصحية، مثل زيادة حالات الربو، وأمراض القلب، والالتهاب الشعبي المزمن، وحتى حالات الوفاة المبكرة<sup>(١٧)</sup>. ورغم أنه لم ترصد بعد حالة تسمم واحدة بالمواد المهندسة بتقنية النانو فإن هناك قلقاً متزايداً بين الباحثين إزاء المواد السامة التي تحملها الجزيئات المتناهية، وقدرتها على اختراق جدران الخلايا وسريانها مع الدورة الدموية ونفاذها إلى الأغشية الدماغية، والتي تحمي المخ من التأثير بالمواد الكيميائية الضارة التي تجري في الدم. ويتزايد القلق أكثر لدى الدراسات ذات الصلة بعلوم السموم، وإزاء الطرق التي يمكن لهذه المواد أن تدخل جسم الإنسان خاصة أن الطريق الأكثر احتمالاً وخطورة هو استنشاق الإنسان لها مع الهواء، ونفاذها عبر الجهاز التنفسي لتستقر بكل جزء من رئتيه مخلقة تأثيرات أكثر خطورة من جزيئات الكربون، فضلاً عن أنه من الثابت أن التعرض لجسيمات المواد الخطرة لفترات طويلة (بحجمها العادي أو النانومري) يزيد من احتمالية التعرض للإصابة بسرطان الرئة وأمراض القلب بدرجة كبيرة.

ويعتبر الإسبستوس من أهم الأمثلة التي ظهرت مخاطرها الصحية على الفرد، فخطورته تتبع من أن أليافه متناهية الصغر، وحين تصل إلى الجسم البشري يصعب طردها من داخله، وهو ما يجعله سبباً في الإصابة بالعديد من أنواع السرطانات، واستنشاق هذه الألياف يمكن أن

القول إن الإنسان يتناول الكثير من هذه المواد مع غذائه وشرابه؛ فهي تنفذ إلى الجسم عبر مسام الجلد من خلال مساحيق التجميل والزيوت والكريمات، وخاصة الأنواع المستخدمة للحماية من الأشعة فوق البنفسجية والمضادة للتجاعيد، إلى جانب عدد من مواد تنظيف الأسنان، خاصة الأنواع المستخدمة للتبييض، والتي يثير الشكوك حول إمكانية إحداثها لخدوش بالثثة وتقلل من سمك الأسنان، فضلاً عن المياه التي يغسل أو يشطف بها أحواض السباحة وتمثل الجروح والندوب والتشققات والثنايات الجلدية أكثر المواضع لنفاذ المواد الخطرة للجسم.

ويتفق العلماء على أن جسيمات النانو وبسبب صغر حجمها لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان، فلك أن تتخيل أن جسيم بحجم ٣٠٠ نانومتر يستطيع بكل سهولة الدخول في خلايا جسم الإنسان، والأخطر من ذلك أن جسيماً بحجم ٧٠ نانومتر يستطيع الدخول في نواة الخلية، مما يعني أن هذه الجسيمات قادرة على الدخول بسهولة إلى جسم الإنسان، مما يعني الاحتمال الكبير لحدوث التفاعل بينها وبين خلايا الجسم، مما قد يؤدي لتغير خصائصها أو تسميمها<sup>(١٨)</sup>.

وهذه المخاوف لها ما يبررها، فقد أظهرت بعض الدراسات التي أجريت على الحيوانات في المختبر هذه الآثار السلبية، لجسيمات النانو، حيث وجد أن هذه الجسيمات وعند دخولها الجسم تتجمع في الدماغ وخلايا الدم والأعصاب، وهذا بالطبع يعني خطورة بالغة جداً، مما يعني أن جسيمات النانو يمكن أن تصنف على أنها مواد تدميرية لجسم الإنسان<sup>(١٩)</sup>.

وقد ظهرت بعض العلوم الخاصة بدراسة سمية المواد النانوية ويسمى بـ (Nanotoxicity Science)، وهذا العلم يعتبر فرعاً من فروع علم الأحياء النانوي، وهو يعني بدراسة سمية المواد

ضابط سوف يثير جملة من الأسئلة البيئية، ومدى تأثير تلك المواد على البيئة من حولنا، وعلى الإنسان الذي يعيش في تلك البيئة، وعلى غذائه الذي يتناوله؟. وحتى الآن لا تتوفر الكثير من المعلومات حول مصير الجسيمات النانوية بعد تغلغلها في البيئة وتحولها من صورة إلى أخرى، ولا أحد يعرف مقدار سميتها أم أنها غير سامة، وهل تكون هذه السمية في خلال أشهر أم سنوات؟ لذا فإن المنتجات النانوية يمكن أن تكون ملوثات حيوية بيئية غير قابلة للتحلل<sup>(٥٢)</sup>.

وقد رصدت بعض التقارير الأوروبية بعضاً من الأضرار التي سوف تلحق بالموارد الطبيعية والمقومات البيئية للأرض والهواء والماء، وتخلص إلى أن البيئة كلها مهددة من التوسع في انتشار تقنية النانو<sup>(٥٥)</sup>. وهناك بعض المخاوف التي أفصح عنها الباحثون حول الجسيمات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم، التي يبدو أنها تقتضي على البكتيريا، ومدى تأثيرها على بيئة التربة.

كما حذر علماء في جامعة لاهاي من عدم القدرة على التعرف على تأثير الألوان الداكنة التي تحملها الجسيمات المتناهية الصغر العالقة بالماء والهواء ومدى صلاحيتها للاستخدام وأثرها على التمثيل الضوئي للنبات، وأبدى العلماء مزيداً من القلق حول تزايد المخاطر الصحية المحتملة لذلك، وأثاروا العديد من التساؤلات عن سرعة رد فعل جزيئات المواد المختلفة عندما تصغر إلى الحجم النانومتري، وهناك عدد من المنتجات الغذائية التي غزت الأسواق، والتي أثبتت الأبحاث أنها تحتوي على مواد نانوية، وذلك وفقاً لما ذكرته مجموعة إي تي سي<sup>(٥٦)</sup>. وكذلك التلوث الناجم عن الارتفاع الكبير لمعدلات الامتصاص لتلك الجسيمات، حيث تسلك العناصر المصغرة للحجم النانومتري، نظراً إلى صغر حجمها الشديد ومساحتها الكبيرة، مسلماً مغايراً للمعهود عنها في حجمها الطبيعي. وتناولت معظم البحوث

يؤدي إلى الأسبستوسايس (Apestosis) وهو مرض يصيب الرئة، يؤدي تدريجياً إلى منع التنفس<sup>(٥٤)</sup>.

والارتباط بين خطر الأسبستوسايس والمواد النانوية أمر واضح، فإن التأثيرات الصحية الممكنة اتضح أنها تأثيرات مزمنة وليست حادة، ولا تبدأ بالظهور إلا بعد أعوام من التعرض لها، وعندما تظهر تلك الأعراض، فإنه يمكن التكهن بالخسارة الكبيرة المتراكمة، فيما يتعلق بالأضرار الصحية، وهو ما جعل شركات التأمين العالمية مثل شركة Swiss Re تقدم دراسة تقوم على فحص دقيق لكل الجسيمات النانوية بدلاً من تركيز البحوث الطبية الحالي على الأنايب النانوية<sup>(٥٥)</sup>.

وهنا يمكننا أن نقول أن هناك أربعة جوانب مقلقة تتعلق بتقنية النانو وهي:

١. الجسيمات النانوية العالقة يمكن أن تمنع عمل الرئتين، وذلك من خلال تهيجها، ويكون التأثير أشد كلما صغر حجم الجسيمات؛ لأن مساحة السطح تكون أكبر.

٢. المادة النانوية قد تكون نوعاً من أنواع السموم المعروفة، وتجد طريقها للجسم حتى من خلال وسائل الحماية التقليدية مثل كمادات الوجه؛ نظراً لصغر حجم تلك الجسيمات.

٣. تمتلك بعض الجسيمات النانوية تأثيراً محفزاً يمكنه أن يولد جذوراً حرة (Free radicals)، وهذه الجذور الحرة عادة ما تولد الأورام السرطانية في الجسم.

٤. يمكن لهذه المادة أن تكون ذات خصائص ضارة عند مستويات النانو بحيث لا تظهر هذه الخصائص عند مستويات أكبر، وقد تم اكتشاف ذلك من خلال البحوث التي تجري على جسيمات التلوث الهوائي<sup>(٥٤)</sup>.

### ثانياً: الآثار السلبية على البيئة

إن التوسع المتوقع في إنتاج المواد النانوية بدون

استخدامها مع وسائل التشخيص المتوفرة بالمستشفيات، كجهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، والتصوير بالموجات فوق الصوتية والأشعة المقطعية، وأجهزة الطب النووي، مما يرفع من كفاءتها وقدرتها على اكتشاف الأمراض بشكل مبكر، ويعطى الطبيب معلومات واضحة عن مكان المرض أو النسيج المتمزق وحجمه ومدى انتشاره، وتقدم الدراسات المبدئية حول العالم لتوظيف التطور الحاصل في تقنية النانو في المجالات الطبية، وسيستيع ذلك الدراسات المرتبطة بسلامة استخدامها على الإنسان حتى تحول هذه التطبيقات إلى واقع يومي في المستشفيات والمراكز الصحية لتساهم في معالجة الأمراض والحفاظ على صحة الإنسان.

إن تقنية النانو هي تقنية المستقبل، والسيطرة عليها تعتبر البداية لإمكانية إعادة الصياغة أو الصناعة لكل شئ في الوجود، وتشير توقعات المبيعات للأدوية النانوية أنها سوف تتطور من ٢ بليون دولار حالياً لتصل في عام ٢٠١٥م إلى حوالي ٢٢٠ بليون دولار. كما تركز الدول اهتمامها وتوجه شطرها ناحية هذه التقنية، وتصرف على البحث الكثير والكثير، فاليابان قد خصصت حوالي بليون دولار للبحث في هذه التقنية، وسوف يتم تخصيص حوالي تريليون دولار عام ٢٠١٥م في الولايات المتحدة، وهناك حوالي (٤٠٠٠٠) باحث يعملون في هذا المجال حول العالم، ويتواجدون في أكثر من (١٥٠٠) مركز بحثي في دول العالم المختلفة، وهو ما يجعلنا نلفت الانتباه إلى اللحاق بهذا الركب، والالتفات إلى هذه التقنية والبحث فيها، خاصة وأنها في بداياتها، وذلك من خلال: إنشاء فريق بحثي يهتم بتقنية النانو، وتوجيه أبحاث الماجستير والدكتوراه لدراسة هذه التقنية كل حسب اختصاصه، والعمل على الاستفادة من الدول المتطورة في هذا المجال، عن طريق تشكيل فرق

الجسيمات الأكبر حجماً، وخرجوا بنتائج تؤكد على الحاجة إلى اتباع نهج علمي لرصد ومعالجة درجة السمية العالية للملوثات، فهناك حاجة ماسة إلى تحديد تكوين جسيمات المعادن الثقيلة مثل الكاديوم والزرنيخ في الهواء، كما أن التكنولوجيات التقليدية كثيراً ما تكون غير كافية لخفض تركيزات تلك العناصر السامة في مياه الصرف إلى مستويات مقبولة.

على الرغم من أن التقنية الجديدة سوف تمنح مستخدميها سبل التقدم والازدهار، إلا أنها سوف تعيق آخرين وتجعلهم في مؤخرة الركب، وتشكل نوعاً جديداً من الطبقة. وبرغم أن التقنية سوف تساعد في تخفيف بعض المعاناة مثل نقص الغذاء وسوء التغذية في الدول النامية، إلا أنها سوف تشكل في الوقت نفسه طبقة اقتصادية داخل الدول المتقدمة، وبينها وبين الدول النامية<sup>(٥٧)</sup>.

وعلى الرغم من أن الدراسات التي أجريت لمعرفة المخاطر الصحية والأخلاقية لتقنية النانو على الإنسان لاتزال قاصرة؛ لأنها عبارة عن محاولات فردية، إلا أنها قد أضاعت الطريق أمام المخاطر المحتملة من شيوع هذه التقنية، وهو الأمر الذي يجعلنا نرى أن الدعم الحكومي والمؤسسي لمثل هذه الأبحاث يعتبر من الأهداف النبيلة والأساسية بغية دراسة المواد النانوية بصورة أكثر عمقاً وأدق معرفة وذلك للمحافظة على صحة الإنسان، ودرء المخاطر عنه. إن ما نحتاجه اليوم أولاً هو وعي المجتمع بزحف تقنية النانو في حياة العاملين والمستهلكين، وثانياً، إعداد إجراءات مطالب متماسكة لضبط الملكية وتطبيقات التقنيات الجديدة.

### الخاتمة والتوصيات

فتح التطور الحاصل في تحضير الجسيمات متناهية الصغر، والتحكم في حجمها ودراسة خصائصها الفيزيائية باباً كبيراً في إمكانية

tech-histoeuy.htm.

http://www.makphys.com/vb3/showthread. ١٣  
php.

M. Al Hoshan, «Novel nanoarray structures . ١٤  
formed by template based approach: character-  
ization and electrochemistry» PhD Thesis,  
Minnesota University, (2007).

http://ar.wikipedia.org. ١٥

David H Geho, Clinton D Jones, Emanuel F . ١٦  
Petricoin and Lance A Liotta. Nanoparticles:  
Potential biomarker harvesters. Current opin-  
ion in Chemical Biology. 2006.

١٧. د. خالد قاسم: جدوي استخدام تكنولوجيا النانو  
في تطوير القاعدة التكنولوجية الصناعية العربية،  
المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين، والبنك  
الإسلامي للتنمية، الرباط، المغرب، ٢٠٠٦م.

Prospects of Science, March 2006. at WWW. ١٨  
Sc Prospects.com

http://www.hazemsakeek.com ١٩

Nalwa. H. S., Encyclopedia of Nanoscience . ٢٠  
and Nanotechnology, Stevenson Ranch,  
American scientific Publishers, 2003.

Nathaniel G. Portneyl and Mihrimah Ozkan. ٢١  
Nano-oncology: drug delivery, imaging and  
sensing. Analytical and Bioanalytical Chem-  
istry. 2006; 384: 620-630.

Rajni Sinha, Gloria J. Kim, Shuming Nie and ٢٢  
Dong M. Shin. Nanotechnology in cancer  
therapeutics: bioconjugated nanoparticles for  
drug delivery. Molecular Cancer Therapeu-  
tics. 2006.

Mauro Ferrari: Cancer Nanotechnology: Op- ٢٣  
portunities and Challenges. Nature Reviews/  
Cancer. 2005.

Samul A. Wickline and Gregory M. Lanza. ٢٤  
Nanotechnology for Molecular Imaging and  
Targeted Therapy. Circulation. 2003.

Salata OV. Applications of nanoparticles in, ٢٥  
biology and medicine. Journal of Nanobio-  
technology. 2004.

David A LaVan, Terry McGuire and Robert . ٢٦  
Langer. Small-scale systems for in vivo drug  
delivery. Nature biotechnology. 2003.

Dewdney AK. Nanotechnology: wherein ٢٧  
molecular computers control tiny circulatory  
submarines. Sci Am 1988.

Drexler KE. Engines of creation: The coming . ٢٨  
era of nanotechnology .New York: Anchor  
Press/Doubleday; 1986:99-129. Available  
at:www . foresight.org/EOC/Accessed Sept.  
26, 2008.

Jindol,v,r,etall: Carbon nanotubes produc- ٢٩  
tion using arc ignition under magnetic

عمل بحثية مشتركة، وإيلاء هذه التقنية بوفر  
مالي خاص ليتمكن الباحثون من العمل في هذا  
المجال، وزيادة النشر المعرفي لهذه التقنية في  
مناهج الدراسات الجامعية.

والله أسأل أن يوفق بلادنا إلى ما فيه الخير  
والتقدم.

## مصادر الدراسة

WWW.Foe.org/camps/comm./nanotech/in- ١  
troductionnanotechnologyMay2006.pdf.

٢. توبى شيللي: تقنية النانو آمال ومخاطر جديدة، ترجمة:  
د. عقلا الحريص، ود. عبد الله الحاج، كتاب العربية،  
الرياض، المملكة العربية السعودية، ١٤٢٠هـ / ٢٠٠٩م.

Nanotechnology at BASF: A great future for ٣  
tiny particles. At: www. Basf.com. and www.  
Nanotech.now.com.

Qinhuangdao Taiji Ring Nano-products ٤  
company limited. at: www. 369.com.cn, and  
«China Nano-products, Nano-Tea, Nano-  
technology, Tea-China products catalog» at:  
www.made-in-China.com.

Catchpole K.R., Polman A., Plasmonic So- ٥  
lar cells, Optics Express, Vol. 16, No.6, Dec.  
2008.

Enhancing Solar-cells-with Nanoparticles, ٦  
Jan. 2009 at: www.Photoniconline.com.

WWW.Aljarida.com/Aljarida/resources/Pd- ٧  
fpages/Aljarida/18-08- 2007/p02\_second-  
page.pdf

٨. الصالحي والضويان، محمد صالح الصالحي وعبد  
الله صالح الضويان، مقدمة في تقنية النانو، إصدار  
بمناسبة إنعقاد ورشة عمل أبحاث النانو في الجامعات،  
جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية،  
٢٠٠٧م.

WWW. Kfupm.edu.sa/dsr/research/Arabic ٩  
Newsletter/Newsletter1.pdf.

١٠. صفات سلامة: النانوتكنولوجي (مقدمة في فهم  
علم النانوتكنولوجي)، الدار العربية للعلوم، بيروت،  
٢٠٠٩م.

http://www.makphys.com/vb3/showthread. ١١  
php.

WWW. Kheper.net/ topics/nanotech/nano- ١٢

- periodontal regeneration. *Periodontol* 19. 40.
- Roco MC. National nanotechnology initiative. Available at: <http://www.nano.gov/>. Accessed Sept. 26, 2000.
- Merkle RC. The molecular repair of the brain. Available at: <http://www.merkle.com/cryo/techFeas.html>. "Accessed Sept. 26, 2009.
٤٦. مجلة الشرق الأوسط جزء من هذه الدراسة في العدد الصادر يوم الخميس ١٤ رجب ١٤٢٦ هـ الموافق ١٨ أغسطس ٢٠٠٥م، العدد رقم (٩٧٦٠).
- Fahy GM. Molecular nanotechnology and its possible pharmaceutical implications. In: Bezold C, Halperin JA, Eng JL, eds. 2020 visions: Health care information standards and technologies. Rockville, Md.: U.S. Pharmacopeial Convention; 1993.
- Merkle RC. Nanotechnology and medicine. ٤٨. In: Klatz R, Kovarik FA, Goldman B, eds. Advances in anti-aging medicine. Vol. 1. Larchmont, N.Y.: Mary Ann Liebert; 2009: 277-86. Available at: [www.zyvex.com/nanotech/nanotechAndMedicine](http://www.zyvex.com/nanotech/nanotechAndMedicine).
- Sahoo SK, Labhasetwar V. Nanotech approaches to drug delivery and imaging. *Drug Discov Today*. 2003; 8(24):111220.
- Royal Society and Royal Academy of Engineering, Nanoscience and Technologies: Opportunities and Uncertainties, London, 2004. <http://www.saudicnt.org/index.php?tool=articles&do=read&id=37>
- <http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=washingstonstory&sid=aBt.yLf.YfOo>
- 4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology, June 2004. P.50.
- Toby Shelly, Nanotechnology: New Promises, New Danger, Zed Books, London and New York, 2006.
- Nanotechnology: Small matter, Many Unknowns, Swiss Re, Zurich, 2004, p. 42.
- Down on the Farm: The impact of Nanoscale Technologies on Food & Agriculture, ETC Group, Ottawa, November, 2004.
- Philip Anton; Richard Silbirglitt and James Schneider, The Global Technology Revolution, RAND National Defence Research Institute, Santa Monica, 2001, P.xvii.
- field.j.nanotechnology& its application-2007-vol-2 no-1 (abstract).
- Alberto Bianco, Kostas Kostarelos and Maurizio Prato. Applications of Carbon nanotubes in drug delivery. *Current opinion in Chemical Biology*. 2005.
- T.C. Yih and M. Al-Fandi. Engineered Nanoparticles as precise drug delivery systems. *Journal of Cellular Biochemistry*. 2006.
- Sandip Tiwari, Yi-Meng Tan and Mansoor Amiji. Preparation and In Vitro Characterization of Multifunctional Nanoemulsions for Simultaneous MR Imaging and Targeted drug delivery. *Journal of Biomedical Nanotechnology*. 2006.
- Dynan.W, ETALL :Understanding & re-engineering nucleoprotein machines to care human disease. *J. nanomedicine*. Feb.vol 2008:3-no:1.
- Drexler KE, Peterson C, Pergamit G. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. New York: William Morrow/Quill Books. 2009.
- Drexler KE .Molecular engineering: an approach to the development of general capabilities for molecular manipulation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1981;78(9):5275-8. Available at" :<http://www.imm.org/PNAS.html>.
- West JL, Halas NJ. Applications of nanotechnology to biotechnology. *Curr Opin Biotechnol* 2000;11(2):215-7.[Medline].
- California Molecular Electronics Corporation (CALMEC). Available at: «<http://www.calmec.com/>». Accessed Sept. 26, 2000.
- Freitas RA Jr .Exploratory design in medical nanotechnology: a mechanical artificial red cell .*Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol* 2008;26(4):411-30. Available at:[www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocytes.html](http://www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocytes.html)[/URL]».
- <https://12345-proxy.appspot.com/knol>. google.com.
- Baum BJ, Mooney DJ .The impact of tissue engineering on dentistry. *JADA*, 2000.
- Dourda AO ,Moule AJ, Young WG. A morphometric analysis of the cross-sectional area of dentine occupied by dentinal tubules in human third molar teeth. *Int Endod J*. 2009.
- Absi EG, Addy M, Adams D; Dental hypersensitivity :a study of the patency of dental tubules in sensitive and nonsensitive cervical detine.*j.clin.periodontol*-1987.
- Buckley MJ, Agarwal S, Gassner R. Tissue engineering and dentistry. *Clin Plast Surg* 1999;26 (4) : 657- 62. [Medline] 4- Cochran DL, Wozney JM .Biological mediators for