الفصل الثاني

تطبيقات تقنية النانو في الطب

يعتبر «طب النانو» أحد أهم المجالات التطبيقية لتقنية النانو ، بل و أعظمها 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 شكل (٨) ، و أصبحنا 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[1]. أما أجهزة الاستشعار النانوية فباستطاعتها أن تزرع في الدماغ لتمكن المصاب بالشلل الرباعي من الحركة والسير[2].

ومن الواضح أن هذه التقنية قد غيَّرت 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[3].

جدير بالذكر ، أنه خلال السنوات القليلة الماضية ، ونتيجة للتقدم السريع والمتقن في مجال بحوث تقنية النانو تم تحقيق طفرات مثيرة تمثلت في ابتكار أنواع متقدمة من أجهزة التوصيف تم توظيفها من أجل فهم وتحليل بنية وتركيب الحامض النووي DNA للإنسان والفيروسات على حد سواء. وأدى هذا بطبيعة الحال إلى معرفة سلوك الأمراض والفيروسات وميكانيكية حركتها وتنقلاتها داخل الجسم ومعرفة الطرق والحيل التي تسلكها لمهاجمة خلاياه، وذلك على مستوى النانومتر الواحد (جزء من مليار جزء من المتر)[4].

(1) David H Geho, Clinton D Jones, Emanuel F Petricoin and Lance A Liotta. Nanoparticles: Potential biomarker harvesters. Current opinion in Chemical Biology. 2006.

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

(3) http://www.hazemsakeek.com.

(٤) مجلة العربي ، مجلة شهرية ثقافية عربية كويتية مصورة. تصدرها وزارة الإعلام الكويتية ، طب النانو: سيمفونية القرن لقهر المرض والسرطان : محمد الإسكندراني، العدد ٦١٥ ، أكتوبر ٢٠١٠م.

المبحث الأول

تقنية النانو وإيصال الدواء إلى الأنسجة

حينما يفكر العلماء في مستقبل الدواء فإنهم يتخيلون شكلاً مغايراً تماماً عما ألفوه من أشكال الدواء التقليدية التي نعرفها ونستخدمها في حياتنا اليومية. ولعل ذلك يرجع إلى الوتيرة المتسارعة للتقدم العلمي في العديد من المجالات الجديدة التي ستؤثر بالضرورة على الدواء المستقبلي. وتعد تقنية النانو أحد أهم المجالات العلمية التي يعول عليها العلماء إحداث طفرات دوائية تغير من مفهوم التداوي والعلاج لكثير من الأمراض. وقد بدأت بوادر طب النانو في الظهور كأمل جديد ومستمر نحو صحة أفضل وحياة أطول لبني البشر.

ويعتبر توصيل الدواء (Delivery Drug) 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. 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[1].

وتأخذ طرق إيصال الدواء أهمية طبية في كونها تؤثر بشكل كبير في علاج المرض بطريقة فعالة وبتأثيرات 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[2]، 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

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

(2) Nathaniel G. Portneyl and Mihrimah Ozkan. Nano-oncology: drug delivery, imaging and sensing. Analytical and Bioanalytical Chemistry.2006; 384: 620-630.

النانو في تحسين هذه الطرق والتخلص من بعض التأثيرات الجانبية المرافقة للطرق الحالية المستخدمة في العلاج[1].

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 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[2]، وعليه فإن من المهم أن يتم إيصال الأدوية المضادة للسرطان إلى الأجزاء المصابة بدقة متناهية جداً للحصول على أقصى فائدة ممكنه من الدواء.

إن استخدام الجسيمات متناهية الصغر في الأنظمة الحيوية يشكل فرصة كبيرة للتطبيقات الطبية، شكل (٩) 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[3].

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[4].

(1) Rajni Sinha, Gloria J. Kim, Shuming Nie and Dong M. Shin. Nanotechnology in cancer therapeutics: bioconjugated nanoparticles for drug delivery. Molecular Cancer Therapeutics.2006.

(2) Mauro Ferrari: Cancer Nanotechnology: Opportunities and Challenges. Nature Reviews/Cancer. 2005.

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

(4) Salata OV. Applications of nanoparticles in biology and medicine. Journal of Nanobiotechnology.2004.

Obeikandl.com

تتعدد الأبحاث المتعلقة بطرق إيصال الدواء المبنية على تقنيات النانو ، حيث يعتمد بعضها 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 ما زال في مرحلة البحث والتطوير، والبعض الآخر انتقل إلى مرحلة التجرب على الحيوانات للتأكد من فعاليتها أثناء تجربتها على أنظمة حيوية مختلفة[1].

ويمكن لتقنية النانو أن تقدم حلول توصيل الدواء الجديدة في المجالات التالية[2]:

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 Polylactide – PLA و اللاكتيد المشترك مع الجليكوليد PLGA التي تستخدم الجزئيات 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 فإنه يجب أن يكون لها مساحة سطح أكبر من أجل نفس الحجم، وحجم مسام أصغر واستقرار محسّن ، وخواص بنيوية مختلفة، وهذا يمكن أن يحسن كل من مميزات الانتشار والتحلل لمادة التغليف، ويمكن أن تناسب بشكل أفضل تحديات توصيل الأدوية.

وتطور شركة Advectus life Sciences نظام توصيل دواء يستند إلى الجزيئات النانومترية من أجل علاج أورام الدماغ ، ويلتصق الدواء المضاد للورم Doxorubicin بجزيئة البوليميرالنانومتري PolyCyanoAcrylate مع٨٠ Polysorbate ، الدواء يحقن عن طريق الوريد وينقل عبر الدم، حيث يجذب ٨٠ Polysorbate البروتينات الدهنية في المصورة ويستخدم من قبل الدم الجاري لحمل

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

(2) Dewdney AK. Nanotechnology: wherein molecular computers control tiny circulatory submarines. Sci Am 1988.

الشحوم وهذا يقصد منه إنشاء تأثير تمويهي مشابه للكولسترول LDL الذي يسمح للدواء بالانتقال عبر حاجز الدم – الدماغ[1].

٢ . الحاملات الدوائية(Drug Carrier):

وهي الصنف الآخر من أنظمة التوصيل الدوائي شكل (١٠)، حيث تقدم تقنية النانو حلولاً مهمة ، 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 و dendrimers .

إن المادة النانومترية المستخدمة كمساعد لتوصيل الدواء مثل dendrimer هي جزيئة بوليمير مكتشفة من قبل Don Tomalia من شركة Nanotechnologies ، والباحثون في جامعة ميشيجان يستخدمون dendrimers للحصول على مادة جينية أو علاجات مدمرة للأورام، في خلية بدون قدح استجابة مناعية، وهذا ناتج عن الحجم الصغير لها، والبنية المتفرعة يمكن تصميمها لتحرر مركبات مرتبطة استجابة لجزيئات خاصة أو تفاعل كيميائي،إن الكرة الطبقية التي تدعى الغلاف النانومتري تم تطويرها من قبل Nanospectra من أجل توصيل الأدوية والغلاف النانو متري له طبقة ذهبية خارجية التي تغطي الطبقات الداخلية من السيليكا والأدوية 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

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

(Gene Expression)، ويفتح مجالاً كبيراً للتطبيقات المتعلقة بالعلاج المبنى على المورثات[1].

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 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 الخارجي 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[2].

٥. المركبات العضوية (Organic compounds):

تلعب المركبات مثل المتشجرات (Dendrimers) والحويصلات الدهنية (Liposomes) الحيوية دوراً كبيراً في إيصال الدواء، وتتميز هذه المركبات والأجسام بصلاحيتها لأن تعمل على إيصال الدواء وذلك لأن حجمها في حدود مقياس النانو ومتوافقة مع الأنظمة الحيوية[3].

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 آن واحد، مما يمكنها من حمل المركبات الدوائية المختلفة الذوبان، ومن ثم إطلاقه بمعدل مناسب للعلاج، ويمكن تعديل سطح هذه الحويصلات بربطها بمركبات ذات خصائص

(1) Jindol,v,r.etall: Carbon nanotubes production using arc ignition under magnetic field.j.nanotechnology& its application-2007-vol-2 no-1 (abstract).

(2) Alberto Bianco, Kostas Kostarelos and Maurizio Prato. Applications of Carbon nanotubes in drug delivery. Current openion in Chemical Biology. 2005.

(3) T.C. Yih and M. Al-Fandi. Engineered Nanoparticles as precise drug delivery systems. Journal of Cellular Biochemistry. 2006.

مميزة، مما يساعد في انتقالها خلال الأوعية الدموية والوصول إلى المكان المراد إيصال الدواء إليه[1].

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 (3GD+) لتوفير خاصية المادة المتباينة للاستخدام مع جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، وبالتالي يمكن تتبع مراحل علاج الورم والتخلص من الآثار الضارة للعلاج الكيميائي.

وزبدة القول : لابد من التأكيد أن ما تم من أبحاث في مجال استخدام النانو تحمل وعوداً طيبة 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 إلى 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 لطرق إيصال الدواء.
٨. تقليل تكاليف الدواء والاستفادة من طرق العلاج الحالية المتوفرة بتكلفة أقل.
٩. إمكانية استخدام الدواء المتوفر حالياً بعد تحسن طرق إيصاله دون الحاجة إلى إنتاج أدوية جديدة.

(1) 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.

المبحث الثاني

تطبيقات النانو في اكتشاف الأدوية والعقاقير العلاجية

تساهم تقنية النانو في اكتشاف العقاقير (Drug Discovery) المختلفة ، خاصة في مجال المضادات الحيوية ومضادات السرطان وغيرها ، وهي جزء من الحلول المتقدمة والجديدة لخفض زمن الاكتشاف والتطوير ، ومن الممكن أن تنخفض 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 تقريبا 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 تؤذى جسم الإنسان.

سوف تقضي هذه التقنية على سلالات البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحول دون تأثيره عليها مثل: Staph. aureus وPs. Aeruginosa حيث يقوم النانوبيوتك بثقب الجدار الخلوي للبكتيريا و 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[1].

(1) West JL, Halas NJ. Applications of nanotechnology to biotechnology. Curr Opin Biotechnol 2000;11(2):215–7.[Medline].

obeikandl.com

٢. مواد التعقيم والتطهير الطبي:

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 البكتريا، 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 ال (– O) وال (– OH) واللذان يحملان الإشارة السالبة التي تقتل البكتريا، و إزالة الروائح ، والمواد العضوية العالقة بالأسطح لمدة تصل إلى خمس سنوات بنفس الكفاءة[1]. وقد استخدم MVX في كبرى مستشفيات العالم لتعقيم غرف العمليات وغرف المرضى، وقد عالج العديد من حالات تلوث المستشفيات والأماكن المصابة بالجراثيم والأمراض المعدية.

وأجرت بعض الشركات العديد من الأبحاث العلمية المثيرة على الحبيبات النانوية لفلز الفضة لمعرفة مدى إمكانية توظيفه في مجال مقاومة العدوى وقتل الأنواع المختلفة من البكتيريا الضارة والفيروسات . وقد أشارت النتائج إلى أن الحبيبات البلورية لفلز الفضة لها قدرة مدهشة على قتل أنواع متعددة من البكتيريا الضارة والفيروسات والجراثيم . وذلك يرجع إلى تصغير تلك الحبيبات إلى أقطار تقل عن ١ نانومترات يعمل على زيادة كبيرة في مسحة السطح للحبيبات .

٣. آلات نانوية تصنع الدواء داخل جسمك:

في سبق علمي جديد تمكن فريق من الباحثين الدوليين من تطوير آلات نانوية قادرة على تصنيع مركبات دوائية داخل جسم الإنسان. حيث تمكن العلماء من تصنيع كبسولة نانوية دقيقة ذات قدرة على الاستجابة لمؤثر خارجي من أجل بدء تصنيع جزيئات دوائية بروتينية داخلها بطريقة تحاكي الطريقة التي يتم تصنيع تلك البروتينات بها داخل الكائنات الحية. ويعد هذا السبق ثورة جديدة من شأنها إحداث طفرة تمكننا من تصنيع الدواء داخل جسم الإنسان شكل (١١).

تمكن العالم الأمريكي "دانييل أندرسون" وفريقه البحثي من معهد ماساتشوستس للتقنية الأمريكي وجامعة بريتيش كولومبيا الكندية من تصنيع تلك الآلات النانوية المتطورة وقد قاموا بنشر النتائج التي توصلوا إليها في دورية " Nano Letters". هذه الآلات النانوية عبارة عن كبسولات مفرغة مصنوعة من مواد دهنية

(1) California Molecular Electronics Corporation (CALMEC). Available at: «http://www .calmec.com/». Accessed Sept. 26, 2000.

يقدر حجمها بحوالي ١٧٠ نانومتر. وتحتوي تلك الكبسولة النانوية على آلية تقوم بتصنيع جزيئات من البروتين ذات خصائص دوائية تشبه آلية تصنيعها داخل جسم الإنسان. تتكون تلك الآلية من أجزاء من الحمض النووي المحبوسة داخل قفص من مادة تتحلل ضوئياً ، بالإضافة إلى بعض الإنزيمات ، والأحماض الأمينية ، وأجسام الريبوسوم.

تعمل تلك الآلية كاستجابة لمؤثر خارجي عبارة عن شعاع ليزر فوق بنفسجي يقوم بتحليل القفص الذي يحبس أجزاء الحمض النووي ليتم تحريرها داخل الكبسولة، وعندئذ يتم نسخ ذلك الحمض النووي الدي أوكسي ريبوزي بواسطة إنزيمات النسخ إلى حمض نووي ريبوزي يتم ترجمته عبر الريبوسوم وبمساعدة إنزيمات أخرى إلى البروتين الدوائي المطلوب.

توفر تلك الآلات النانوية العديد من الفرص الجديدة في عالم الدواء. فهي ستمكننا من الاستغناء عن توصيل الدواء إلى الجسم عبر الفم أو بالطرق الأخرى ، حيث أن الدواء سيتم تصنيعه داخل الجسم عبر تلك المصانع النانوية ..!! بالإضافة إلى هذا سيتمكن الأطباء من التحكم في إطلاق الدواء وقت الحاجة فقط عبر التأثير بمؤثر خارجي أو داخلي تستجيب له تلك الآلات النانوية لتقوم بتنفيذ الأوامر المبرمجة على أدائها وإنتاج الدواء المطلوب.

كما تمكننا تلك الآلات من توصيل الدواء بشكل ذكي إلى الجزء المريض فقط من الجسم وعلى مستوى خلوي ، دون الحاجة إلى توسيع نطاق تأثير المركبات الدوائية على الجسم والإضرار بمناطق سليمة ؛ أي أن الدواء لن تكون له أي آثار جانبية تذكر.

إن دواء بهذه المواصفات هو غاية الأطباء والصيادلة في إيجاد دواء أكثر ذكاء يتلافى العيوب الموجودة في الأدوية المستخدمة في عصرنا هذا. وعلى الرغم من أن أمام تلك الآلات النانوية عدة سنوات تقصر أو تطول قبل أن تكون متاحة للاستخدام ، فإن هذا المفهوم الدوائي الجديد هو شرارة البدء لثورة من نوع آخر .. ثورة علمية دوائية للقضاء على الأمراض ولصحة أفضل لبني البشر[1].

(1) Nano Letters Journal - http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl2036047.

المبحث الثالث

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 و أكثر دقة[1].

ويمكن دمج جزيئات النانو المغناطيسية مع الأجسام المضادة المناسبة واستخدامها كعلامات 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 ثقوب النانو لتحليل الحمض النووي ، والتي تحول تسلسل وحداته مباشرة إلى إشارة كهربائية.

وفي خطوة جريئة تبشر بتطوير طرق حديثة لتشخيص العديد من الأمراض مثل الكبد والقلب والسرطان، مما يمهد للكشف عن إيجاد علاج مناسب يوقف انتشارها، أظهرت دراسة أمريكية حديثة أجريت علي الحيوانات، أن استخدام "النانو تيوب" أو الأنابيب الفائقة الدقة الكربونية في الأنسجة الحية، ليس له آثار سلبية مباشرة علي صحة الفرد.

وتتميز تلك الأنابيب الفائقة الدقة بخصائصها الكيميائية والضوئية الفريدة، فباستطاعتها أن تشع موجات ضوئية بطول موجي محدد، لذا فهي تجتذب اهتمام الكثير من الباحثين في مجال الطب الحيوي، حيث يتوقع أن تساهم في تحقيق إنجازات مميزة في المجالين التشخيصي والعلاجي.

(1) Dynan.W, ETALL :Understanding & reengineering nucleoprotein machines to care human disease. J. nanomedecine. Feb.vol 2008:3-no:1.

ويتكون هذا النوع من الأنابيب الفائقة الدقة أو ما يسمي Nanotube من مادة الكربون النقية، وهي تأخذ شكل أسطوانات مفرغة يصل قطر الواحد منها إلي واحد نانوميتر، أي واحد من مليون جزء من المليمتر، وهو ما يعادل عرض جديلة واحدة من جدائل الحمض النووي DNA.

وكان فريق ضم باحثين من جامعة رايس ومركز آي. دي. أندرسون للسرطان التابع لجامعة تكساس الأمريكية، أجري دراسة بهدف رصد تأثير استخدام أنابيب Nanotube الكربونية، علي أجسام الكائنات الحية، حيث تضمنت تجارب تعد الأولي من نوعها، والتي تتبع الباحثون من خلالها مسار تلك الأنابيب المجهرية في أجسام الحيوانات، من خلال فحص نسيج العضو الذي يتوقع أن تستقر فيه.

وبالبحث تبين أن الأنابيب قد استقرت في النسيج الكبدي بعد ساعة من حقن الحيوان بها، كما تبين أن بعض تلك الأنابيب قد ترسب في أجزاء من النسيج الكلوي، وهو ما توقعه الباحثون حيث يعتبر هذان العضوان مصفاة للدم.

ويمكن تلخيص التقدم في التشخيص الطبي 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 الإلكترونات ، ومعالجة الإشارات ، و أجهزة 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 الطبي 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 شكل (١٢).

وتشمل تقنيات التصوير أجهزة مختلفة لها أسسها الفيزيائية والهندسية، واستخداماتها الخاصة بها في التشخيص ومن تلك الأجهزة ما يلي:

١ . التصوير بالرنين المغناطيسي:

وهو من أهم الاستخدامات الرئيسة التي يمكن تطويرها بتقنية النانو؛ حيث تساعد تلك التكنولوجيا في زيادة كفاءة الصور ثنائية وثلاثية الأبعاد، ويصبح التباين بين الأنسجة الطبيعية وغير الطبيعية واضحاً في مراحله 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 التكنولوجيا 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 المستقبلة من النسيج،حيث تتأثر قيم هذه العوامل بالوضع التركيبي والفسيولوجي في الأنسجة الطبيعية عنها في حالة تكون الأورام،إلا أن التمييز بين قيم العوامل في الأنسجة الطبيعية في حالة المرض خاصة في مراحله الأولية 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 و إصابات 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.

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 جزئيات النانو التي تبدي ردود فعل مختلفة إزاء الترددات الموجية المختلفة الناشئة بطبيعة الحال عن اختلاف طول الموجة، وهو ما سيمكن 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[1].

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[2].

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 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 حساساً 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[3].

ج. الاختبارات الحيوية (Biochemical tests):

تستخدم الاختبارات الحيوية لتحديد وجود المرض ومسبباته ، وهي من الأساسيات المهمة في تحديد التغيرات الفسيولوجية الوراثية المصاحبة للأمراض المختلفة ، ويعوَّل عليها في اكتشاف الأمراض وتشخيصها في وقت مبكر ، وبربط الجزيئات الحيوية بجسيمات نانوية تصبح الاختبارات أكثر حساسية لأي تغير حيوي ،

(1) Drexler KE, Peterson C, Pergamit G. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. New York: William Morrow/Quill Books. 2009.

(2) 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.

(3) Drexler KE, Peterson C, Pergamit G. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. New York: William Morrow/Quill Books. 2009.

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.

إن طريقة جديدة لتشخيص تسمم الدم تعتمد على بطاقة في حجم بطاقة الائتمان بإمكانها أن تعطي نتائج لتحليل الدم في ساعة، ويعتمد هذا النظام على جسيمات النانو التي تتحرك أوتوماتيكياً عن طريق قوى مغناطيسية.

فبالرغم من أن تسمم الدم يعد الثالث من الأمراض المميتة في ألمانيا، إلا أنه يستهان به ، ففي هذه الدولة يموت سنوياً حوالي ٦٠,٠٠٠ شخص معظمهم من تعفن الدم، وهذه النسبة توازي تقريبا نسبة الموتى من النوبات القلبية. فقد أوضحت رابطة خبراء مرض تعفن الدم The Sepsis Nexus of Expertise أن المرضى الذين يصلون إلى غرفة العناية المركزة نسبة النجاة لديهم من هذا المرض تصل إلى ٥٠٪ فقط، وأن أحد أسباب ارتفاع معدل الوفيات من هذا المرض هو أن المرضى لا يعالجون بالشكل الصحيح و ذلك بسبب التأخر في تشخيص المرض، و ذلك لأن كلاً من الطبيب والمريض عليهم الانتظار لأكثر من ٤٨ ساعة للحصول على النتائج من المختبر.

أما في المستقبل، فهناك طريقة محمولة لتشخيص المرض، سريعة وأقل تكلفة، حيث يمكن تشخيص المرض حتى أثناء نقل المريض إلى المستشفى، و هذه الطريقة أطلق عليها MinoLab، وهي عبارة عن بطاقة بلاستيكية، حجمها حجم بطاقة ائتمان، يتم إدخالها في وحدة التحليل، والتي هي أصغر من دفتر الملاحظات. وهذا النظام يحقق نتائج سريعة في أقل من ساعة مما يمكّن الطبيب المعالج من وصف العلاج، وإنقاذ حياة المريض. وتعتمد هذه الطريقة على جسيمات ممغنطة تدخل إلى الخلايا المصابة في عينة الدم، وتسير بشكل أوتوماتيكي عن طريق تعرضها لقوى مغناطيسية، وفي نهاية العملية ، فإن التشخيص يتمك بواسطة مجسّات مغناطيسية[1].

الدكتور ديريك كوهليمير Dr. Dirk Kuhlmeier ،عالم في معهد فراونهوفر لعلاج الخلية وعلم المناعة، فسّر كيف يتم كل ذلك قائلاً:" بعد أن يتم أخذ عينة الدم، فإن جسيمات نانوية تربط نفسها بالخلية المستهدفة في عينة الدم من خلال جزيئات

(١) إنقاذ الأرواح باختبار لمرض تعفن الدم: أمل باسم ، مركز الترجمة العلمي http://physicsworld.com/cws/article.

ربط نوعية، ثم نقوم بتعريضها لمجال مغناطيسي بسيط مما يؤدي إلى نقل الجسيمات إلى البطاقة البلاستيكية على طول مسببا المرض وتحركها من خلال تفاعلات دقيقة مختلفة خلال الثغرات الموجودة، حيث تتم سلسلة من تفاعلات البلمرة. وهذه الطريقة تقوم بنسخ جزيئات DNA ملايين المرات. بعد عملية النسخ فإن جسيمات النانو تنقل مسببات المرض في DNA إلى ثغرات الكشف حيث يوجد نوع جديد من الرقائق الحيوية الممغنطة بإمكانها التعرف على مسببات المرض ومقاومات المضادات الحيوية". وأضاف:" تبدأ جميع التفاعلات من عملية تحضير العينة مروراً بعزل الجزيئات إلى عملية التوثيق بشكل أوتوماتيكي تام دون أي تدخل".

وهذا يعين أن عملية روتينية تتم بشكل أبسط بكثير من التحليل المختبري، وكذلك تقلل من خطر التلوث البكتيري الناجم عن البيئة، والتي قد تعطي إنذارات خاطئة. وهناك ميزة أخرى كما أوضح دكتور ديريك كوهليمير:" لم توفر هذه الطريقة الوقت فحسب، بعملية اتحاد جسيمات النانو مع السائل الدقيق micro-fluid. فالتصغير Miniaturization يعين أيضا أن نوفر على أنفسنا أجهزة مختبرية باهظة الثمن"[1].

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 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.

هـ- مغانيط نانوية لتنقية الدم:

يعمل الباحثون في مدينة زيوريخ بسويسرا على تطوير مغانيط نانوية شكل (١٣)، يمكنها أن تقوم في يوم من الأيام بسحب المواد الضارة من الدم. وقد تستخدم هذه

(١) إنقاذ الأرواح باختبار لمرض تعفن الدم: أمل باسم ، المرجع السابق.

التقنية لعلاج الأشخاص الذين يعانون التسمم الدوائي، والتهابات مجرى الدم، وبعض أنواع السرطان[1].

يتكون المشروع من جسيمات نانوية ممغنطة مغلفة بالكربون ومرصعة بأجسام مضادة للجزيئات التي يرغب الباحثون في تطهير الدم منها، مثل البروتينات الالتهابية كالـ «إنترلوكن»، أو المعادن الضارة كالرصاص؛ حيث يستطيع الباحثون من خلال إضافة المغانيط النانوية للدم، ثم تمرير الدم في جهاز غسيل الكلى أو أي جهاز آخر مشابه، تصفية المركبات غير المرغوب فيها.

وتقول إنجي هيرمان، وهي المهندسة الكيميائية التي تترأس فريق البحث في جامعة زيوريخ موضحة: «إن المغانيط النانوية تقوم بالتقاط المواد المستهدفة، ثم يقوم حاجز مغناطيسي بتجميع المغانيط النانوية المحملة بالسموم في خزان مباشرة قبل أن يعاد تدويرها، ويبقيها منفصلة عن الدم الذي تجرى إعادة تدويره».

وطبقا لدراسة نُشرت في مجلة «أمراض وغسيل وزرع الكلى» في فبراير ٢٠١١م، فقد تمكن الباحثون من إزالة ٧٥٪ من «ديجوكسين»، وهو دواء للقلب يمكن أن يكون قاتلا إذا تم تعاطيه بجرعات كبيرة مرة واحدة باستخدام جهاز لترشيح الدم؛ حيث قامت المغانيط النانوية بإزالة ٩٠٪ من الـ«ديجوكسين»، بعد انتهاء عملية التطهير، التي استغرقت ساعة ونصف الساعة.

وفي الاجتماع السنوي للجمعية الأميركية لأطباء التخدير، الذي عقد في أكتوبر ٢٠١١م، قدمت هرمان بيانات تظهر أن المغانيط النانوية قد تم تقبلها جزئيا من قبل الوحيدات والبلاعم، وهما نوعان من الخلايا المناعية؛ حيث يعتبر هذا دليلا مهما، من حيث المبدأ، لأي تطبيق محتمل لهذه التقنية في المستقبل في محاربة الالتهابات الخطيرة.

ويقول جون دوبسون، وهو مهندس طب حيوي في جامعة فلوريدا: إن إزالة السموم تعد أحد تطبيقات تقنية النانو (المثيرة للاهتمام حقاً)؛ حيث قامت مجموعته باستخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية كنوع من أجهزة التحكم عن بعد لمعالجة النشاط الخلوي، مثل تمايز الخلايا الجذعية «عند استخدام المواد الكيميائية يكون من الصعب إيقاف العملية بعد أن تبدأ، لكن التقنية المغناطيسية تمكننا من تشغيل وإيقاف العملية كيفما نرغب».

(١) مغانيط نانوية.. للقضاء على الأمراض في جسم الإنسان، جريدة الشرق الأوسط، الجمعة ١٨ صفر ١٤٣٣ هـ ١٣ يناير ٢٠١٢م، العدد ١٢٠٩٩.

ويقول تومسون ميفورد، وهو خبير في تقنية النانو في جامعة كليمسون: إن هذا النهج الجديد يعتبر نهجا واعدا؛ حيث إنه يلاحظ أن جسم الإنسان يعتبر بيئة عالية التأكسد، مما يضعف الخواص المغناطيسية لمادة الجسيمات الممغنطة، نتيجة لأكسدة الحديد، لكن فكرة طلاء المغانيط النانوية بالكربون، التي ابتكرها مجموعة الباحثين السويسريين، ربما كانت هي الحل الأمثل لمنع حدوث هذا التآكل، لكنه يقول، على الرغم من ذلك: إنه لم يتم التحقق بعد من مدى جدوى هذه الطريقة؛ حيث «يتمثل التحدي الحقيقي لهذه الطريقة الجديدة في التأكد من عدم إعاقة المغانيط النانوية للدورة الدموية، وعدم قيام الجهاز المناعي بمهاجمتها، وعدم تجمعها معا في كتلة واحدة»[1].

و- الأذن النانوية لسماع الفيروسات والبكتيريا:

الأذن النانوية - من اختراع د.جوشين فيلدمان Dr. Jochen Feldmann وزملائه من جامعة "لودفيش ماكسيميليان" في ميونيخ - عبارة عن جسيمات مجهرية "ميكروسكوبية" من الذهب لا يزيد قطرها عن ٦٠ نانومتر المسلط عليه شعاع الليزر، وهذه الأذن لها القدرة على سماع الأشياء الأكثر خفوتا مليون مرة أكثر مما نسمعه نحن بالأذن العادية ، ويعد هذا الاختراع بمثابة خطوة فعالة لفتح مجال جديد في الدراسات المجهرية الصوتية (Acoustic Microscopy) حيث يمكن دراسة الكائنات الحية باستخدام الأصوات التي تنبعث منها.

يتم الإدراك لهذه الموجات الصوتية عندما ينضغط الهواء من قبل موجات التضاغطات ، فتسافر هذه الموجات الصوتية للأمام والخلف محل الجزيئات التي تمر بها، وستقوم بتحديد الصوت وذلك لتقيس هذه الحركة ذهابا وإيابا ، وقد تم تطوير (Nano-microphone) بعد الأذن النانوية والتي تسمح للعلماء من الاقتراب أكثر من الكائنات المجهرية.

وهذه التقنية تمكنا من التعرف أكثر حول تغييرات التي تحدث في الخلايا والتي تؤدي لحدوث الأمراض، فمثلا على سبيل المثال كرات الدم الحمراء، تصبح أقل اهتزازا عندما تصاب بطفيليات الملاريا.

وتستطيع تلك الأذن النانوية استشعار الأصوات حتى سالب (-) ٦٠ ديسيبل، وبالتالي يعد أكثر الأجهزة حساسية للصوت والتي تقدر على كشف الموجات الصوتية

(١) مغانيط نانوية.. للقضاء على الأمراض في جسم الإنسان، جريدة الشرق الأوسط ، المرجع السابق نفسه.

عن أي جهاز آخر. كما يمكن ترتيب هذه الأذن في نسق ثلاثي الأبعاد لتستوعب الاستماع للميكروبات كالفيروسات والبكتيريا[1].

ولعل من أهم مزايا تلك الأذن النانوية :

- القدرة على استشعار حركة وتأثير الكائنات الدقيقة "البكتريا والفيروسات".
- إمكانية التعرف حول التغييرات التي تطرق على الخلايا المصابة بالأمراض.
- تستطيع الأذن النانوية سماع الأصوات حتى سالب (-) ٦٠ ديسيبل.

obeikandl.com

(1) www.dr-saud-a.com/vb/showthread.php?52676

المبحث الرابع

تطبيقات النانو في تشخيص 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 لأورام 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 ، وتحديدها بدقة ، ومن ثم القيام بالعلاج بشكل مباشر للتخلص من هذه الأورام السرطانية[1].

أولاً: التشخيص المبكر للسرطان وعلاجه:

يعد مرض السرطان من أشد الأمراض فتكا بالبشر إذ يشكل حوالي ١٣٪ من حالات الوفيات على مستوى العالم. وعلى ما يبذله الباحثون من جهد للحد من انتشاره والقضاء عليه، فإنه ما يزال سبباً من الأسباب الرئيسية للوفاة بحسب إحصائيات منظمة الصحة العالمية. وتتم معالجة المرضى المصابين بالسرطان بالتدخل الجراحي، والعلاج الكيماوي، والعلاج الإشعاعي[2].

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، و إمكانية استئصاله وعلاجه قبل أن يستفحل الأشكال (١٤-٢٠) ، وقد نُشرت حديثاً عدة أبحاث تبين مساهمة تقنية النانو في دفع عجلة التطور في التشخيص الطبي خاصة في مرض السرطان ، إلا أنه ينبغي التأكيد على أن هذه الأبحاث في مراحلها الأولى 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

(1) Nie, Shuming, Yun Xing, Gloria J. Kim, and Jonathan W. Simmons (2007) "Nanotechnology Applications in Cancer". Annual Review of Biomedical Engineering 9. doi:10.1146/annurev.bioeng.9.060906.152025. PMID 17439359.

(2) Schuster, M., Nechansky, A., & Kircheis, R. (2006). Cancer immunotherapy. Biotechnol J, 1(2), 138-147.

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[1].

* 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[2].

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

* استطاع العلماء تطوير جهاز فريد من نوعه يجمع بين تقنيات الفحص بأشعة الليزر والموجات الصوتية في آن واحد، للكشف عن الأورام الصغيرة في الثدي خلال بضع دقائق، وتحديد نوعها إذا كانت خبيثة أو حميدة.

ويعتمد هذا الجهاز على توجيهه لموجة محددة بأشعة الليزر للكشف عن تجانس الأنسجة ورصد الأورام التي لا يتعدى حجمها حجم رأس عود الكبريت، فيما تسمح الأشعة بموجات ذات ترددات أخرى بتحديد درجة خطورة الورم.

ومن خلال الدراسة التي أجريت علي الجهاز بمستشفي سان كارلو بوروميو في مدينة ميلان، اتضح أن الجهاز يستطيع التنبؤ بـ٩٣٪ من أورام البروستاتا، أما عن التجربة الأخرى والتي أجريت علي ٢٠٠ امرأة بالمعهد الأوروبي للأورام بميلان، فقد أظهرت أن الجهاز نجح بدقة في تحديد سرطان الثدي في ٦٦٪ من الحالات.

(1) Roco MC. National nanotechnology initiative. Available at:http:// www . nano . gov/ Accessed Sept. 26, 2000.

(2) Merkle RC. The molecular repair of the brain .Available at:http://www. merkle . com/cryo/techFeas.html "Accessed Sept. 26, 2009.

obeikandl.com

* استطاعت مجموعة من الباحثين تطوير تقنية لتصوير الخلايا السرطانية، وذلك باستخدام الخصائص الضوئية لمجسمات 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، و ستساعد 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.

* كما أكد باحثون بجامعة «بنسلفانيا» الأميركية في دراسة أجريت على حيوانات التجارب نجاحهم في التوصل إلى تقنية تعتمد على استخدام فقاعات بحجم النانو (Nano-Bubbles) تحتوي على جزيئات من الدهون يطلق عليها اسم (Ceramide-6) تستهدف خلايا سرطان الكبد بدقة عالية من دون التأثير على الخلايا السليمة، كما يمكنها أيضاً استهداف الأوعية الدموية الدقيقة المغذية للورم مما يؤدي إلى ضمور الورم كلياً أو جزئياً.

وأكد الباحثون عزمهم على تجربة التقنية الجديدة باستخدام الفقاعات النانوية التي أطلقوا عليها اسم «Cerasomes» كبديل للعلاجات الكيميائية شائعة الاستخدام حاليا لمعالجة سرطان الخلايا الكبدية في الإنسان[1].

ومما لاشك فيه أنه 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

(١) جريدة الشرق الأوسط ؛ تقنيات حديثة.. في تشخيص وعلاج سرطان الكبد: د. مدحت خليل ،الجمعة ٤ شوال ١٤٣٢ هـ ٢ سبتمبر ٢٠١١ م العدد ١١٩٦٦.

"لورا ليشاغا" مديرة المركز القومي للإلكترونيات الدقيقة بأسبانيا، وقد تم نشر هذه الدراسة في العام ٢٠٠٥م[1].

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 في باسادينا، تطوير أسلوب جديد عبر توظيف تقنية النانو لتعقب الخلايا السرطانية ويقوم في الوقت نفسه بوقف عمل جين محدد يساهم في نمو تلك الخلايا[2].

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 ببروتين يسمى ترانسفيرين تبحث عن مستقبل أو مدخل جزيئي في أنواع كثيرة مختلفة من الأورام.

وقد نشرت بعض الأبحاث التي أثبتت ارتباط 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، وفى المقابل فإن ١٥ ٪ من الرجال و ٥٣ ٪ 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[3].

---

(١) جريدة الشرق الأوسط جزء من هذه الدراسة في العدد الصادر يوم الخميس ١٤ رجب ١٤٢٦ هـ الموافق ١٨ أغسطس ٢٠٠٥ م، العدد رقم (٩٧٦٠).

(2) 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.

(3) Merkle RC. Nanotechnology and medicine. 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/ nanotech And Medicine.

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 وتحوله إلى حرارة، تكون كافية لقتل وتدمير الخلايا السرطانية دون الإضرار بالخلايا السليمة[1].

ويستخدم نانو الذهب كذلك في عملية تشخيص السرطان ، حيث يتغير لونه باختلاف حجم الجزيئات الخاصة به، ومن الملاحظ أن جزيئات الذهب في مستوي 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 المعملي[2].

وقد أجرى الباحثون بجامعة رايس بحثاً تحت إشراف البروفيسور "جينيفر ويت" حول استخدام قشور نانوية مقياسها ١٢٠ نانومتر ومطلية بالذهب لقتل الأورام السرطانية بالفئران. ويكون الهدف من استخدام تلك القشور النانوية الارتباط بالخلايا السرطانية من خلال توحيد وربط الأجسام المضادة أو الببتيد بسطح القشرة النانوية. وينتج عن تعريض تلك المنطقة المصابة بالورم السرطاني إلى الأشعة باستخدام أشعة الليزر تحت الحمراء والتي تخترق اللحم بدون تسخينه، تسخين الذهب بدرجةٍ كافيةٍ ليسبب موت الخلايا السرطانية[3].

(1) Shi X, Wang S, Meshinchi S, Van Antwerp ME, Bi X, Lee I, Baker JR Jr. (2007). "Dendrimer-entrapped gold nanoparticles as a platform for cancer-cell targeting and imaging". Small 3 (7): 1245–1252. doi:10.1002/smll.200700054. PMID 17523182.

(2) Loo C, Lin A, Hirsch L, Lee MH, Barton J, Halas N, West J, Drezek R. (2004). "Nanoshell-enabled photonics-based imaging and therapy of cancer". Technol Cancer Res Treat. 3 (1): 33–40. PMID 14750891.

(٣) المرجع السابق.

وفي إطار الجهود المبذولة للبحث عن وسائل حديثة للتشخيص المبكر لسرطان الكبد بأنواعه المختلفة، أكد باحثون بجامعة «براون» الأميركية في دراسة نشرت خلال شهر يونيو (حزيران) الماضي، في مجلة الجمعية الأميركية للكيمياء، نجاحهم في استخدام تقنية جديدة تعتمد على جسيمات الذهب بحجم النانو (النانو هو جزء واحد من المليار) Nano-Gold Particles مغلفة بمواد بوليمرية (Polymers) يمكن حقنها بالجسم لتمكن أجهزة الأشعة المقطعية أو الرنين المغناطيسي من تشخيص أورام الكبد بحجم دقيق جدا يصل إلى ٥ ملليمترات، مقارنة بالتقنيات المستخدمة حاليا والتي تستطيع تشخيص أورام الكبد فقط عندما يزداد حجمها على ٥ سنتيمترات[١].

وحديثاً ، قام Peter J. Sadler وشركاؤه في العمل في جامعتي ويرويك وأدنبرا وكذلك في مستشفى نينويل في دندي ، بتطوير مركب بلاتيني جديد مناسب لهذه الطريقة.

أثبتت مركبات البلاتين على أنها مستحضرات مضادة للأورام السرطانية. ومن أبرز المركبات البلاتينية مركب السيسبلاتين. ولكن أدوية البلاتين لها تأثيرات جانبية. ويأمل Sadler وآخرون أن هذه الآثار الجانبية يمكن أن تقلل باستخدام أدوية التنشيط الضوئي. وللحصول على دواء بآثار جانبية أقل طوروا مركب بلاتيني جديد يحتوي على مجموعتين من Azido (N3)، ومجموعتي هيدروكسيل (OH)، ومركبين بيريدين (Pyridine). في صورته الغير نشطة، فان المركب يظهر الاستقرار المطلوب، حتى في الجزيئات البيولوجية النشطة.

يقول Sadler "نحن نأمل أن مركبات البلاتين المنشطة ضوئيا أن تكون علاج محتمل للسرطان الذي لم يتأثر بالعلاج الكيميائي مع مركبات البلاتين". "الأورام السرطانية التي طورت مقاومة ضد أدوية البلاتين يمكن أن تستجيب لهذه المركبات الجديدة."[٢].

رابعاً: نانو طبي للتخلص من السرطان

لقد استطاع علماء من مركز السرطان (ميموريان كيترنج) 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

(١) جريدة الشرق الأوسط ؛ تقنيات حديثة.. في تشخيص وعلاج سرطان الكبد: د. مدحت خليل ، العدد ١١٩٦٦، مرجع سابق.

(2) Peter J. Sadler, A Potent Trans-Diimine Platinum Anticancer Complex Photoactivated by Visible Light, Angewandte Chemie International Edition, http://dx.doi.org/ ... ie.201003399.

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 تعِش الفئران التي لم تتلقَّ العلاج أكثر من ٤٣ يوماً ، وتوجد في كل (ذرة) خلية (ألفا) ذات عناصر إشعاعية قادرة على إطلاق ثلاثة جزيئات ، وكل جزيء 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 مستنبَتة مختبرياً من مختلف الأنواع السرطانية التي تصيب الإنسان ، مثل أورام الثدي والبروستاتا، وسوف يتم تجربة الطريقة أولاً في مكافحة سرطان الدم بعد أن تأكد العلماء أن التجارب على الفئران سارت دون ظهور أعراض جانبية.

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 و إيصال 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 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[1].

(1) Sahoo SK, Labhasetwar V. Nanotech approaches to drug delivery and imaging. Drug Discov Today. 2003; 8 (24):111220.

سادساً: المساعدة في جراحة الأورام السرطانية:

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[1].

هذا بالإضافة إلى اختراع جون كانزيزس لآلة ترددات لاسلكية والتي تستخدم مزيجاً من الموجات اللاسلكية وجسيمات الكربون أو الذهب النانوية لتدمير الخلايا السرطانية. تتوهج الجسيمات النانوية لسيلينيد الكادميوم Cadmium Selenide (نقاط كمومية Quantum Dots) عندما تتعرض لإضاءة فوق بنفسجية. حيث تتسرب وتسيل إلى داخل الأورام السرطانية عندما يتم حقنها. ومن ثم يستطيع الجراح رؤية الورم المتوهج، ويستخدم ذلك التوهج كمرشدٍ له لإزالة الورم بدقةٍ أكبر[2].

سابعاً: رصد خلايا السرطان واكتشافها بدقة متناهية:

جهاز الكانتيلفير 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. و أجهزة النانو كانتيلفير 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[3].

ثامناً: تقنية النانو تغير الفلسفة العلاجية للسرطان:

جاءت فكرة العلاج المناعي للسرطان على ضوء نظرية نشوء السرطان بفعل الجهاز المناعي (Cancer Immunoediting). تفترض هذه النظرية أن نشوء

(١) مجلة الشرق الأوسط ، العدد رقم (٩٧٦٠) ، مرجع سابق.

(2) Shi X, Wang S, Meshinchi S, Van Antwerp ME, Bi X, Lee I, Baker JR Jr. (2007). "Dendrimer-entrapped gold nanoparticles as a platform for cancer-cell targeting and imaging". Small 3 (7): 1245–1252. doi:10.1002/smll.200700054. PMID 17523182.

(3) Zheng G, Patolsky F, Cui Y, Wang WU, Lieber CM. (2005). "Multiplexed electrical detection of cancer markers with nanowire sensor arrays". Nat Biotechnol. 23 (10): 1294–1301. doi:10.1038/nbt1138. PMID 16170313.

السرطان يمر بثلاث مراحل يلعب فيها الجهاز المناعي دورا محوريا يؤدي في النهاية إلى تمكن السرطان من الجسم.

المرحلة الأولى تسمى مرحلة الإبادة (Elimination) ويكون فيها الجهاز المناعي قادرا على أن يتعرف على خلايا السرطان ويميزها من خلايا الجسم الطبيعية فيقوم بالقضاء عليها.

إلا أن السرطان نظرا يبدأ في التكيف مع هذا الهجوم ويحاول أن لا يخسر المعركة أمام الجهاز المناعي، فيغير من خواصه الداخلية بحيث يزيل أسباب تعرف الجهاز المناعي عليه ويساعده في ذلك عدم انضباط أنظمته الجينية، وتبدأ من هنا المرحلة الثانية التي تسمى مرحلة الاتزان (Equilibrium)

والتي قد تمتد لفترة قد تصل أحيانا إلى عشرين سنة يكون فيها السرطان في حالة اتزان أو هدنة مع الجهاز المناعي، وخلال هذه الفترة يقضي الجهاز المناعي على خلايا السرطان إلا تلك الخلايا السرطانية التي استطاعت أن تحمي نفسها من الجهاز المناعي، فتدخل بعد ذلك في مرحلة الهروب (Escape).

وهي المرحلة الثالثة وفيها يتغلب السرطان على الجهاز المناعي بأن يكون قد طور إمكانياته للتخفي عنه بل ويقوم تثبيط قدرته على مكافحته، فينمو السرطان في هذه البيئة إلى أن يصل لدرجة التشخيص. وقد دعمت الأبحاث المخبرية والدراسات الإكلينيكية هذه النظرية لتصبح مع مطلع القرن الحادي والعشرين أساسا في فهم آلية نشوء السرطان وتصميم الاستراتيجيات العلاجية لمكافحته.

ينقسم العلاج المناعي للسرطان إلى فرعين رئيسيين:

١-العلاج التكميلي. (Passive Immunotherapy)

٢-العلاج التحفيزي. (Active Immunotherapy)

فأما النوع الأول فيقوم على إعطاء المريض مكونات مناعية نشطة لتتعرف على السرطان وتقضي عليه ، كالأجسام المضادة على سبيل المثال.

ولكن هذا النوع من المعالجة باهظ التكلفة ، وعيبه الرئيسي هو قصر عمر هذه المكونات المناعية مما يتطلب استمرارية في تزويد المريض بهذه المواد ، وهذا أمر شديد العسر والخطورة ، بل ومن المحتمل أن يفقد العلاج فاعليته مع الوقت[1].

أما النوع الثاني (العلاج التحفيزي) فقائم على تحفيز الجهاز المناعي المثبط أصلا في المريض وإعادة تأهيله لمكافحة السرطان والقضاء عليه.

ومن مميزات هذا الأسلوب في العلاج تمكين الجهاز المناعي من التصدي للسرطان على عدة جبهات وبمختلف الأوجه، مما يحقق فاعلية أكبر من الحال مع العلاج التكميلي الآنف الذكر[2]. ويدعى هذا العلاج التحفيزي بلقاحات السرطان ، وسميت بذلك لأنها الاستراتيجية نفسها التي قامت عليها اللقاحات المعروفة لتحفيز المناعة بغرض الوقاية من الأمراض. ولكن في لقاحات السرطان الهدف هو العلاج لا الوقاية ، لذا فإن هذا النوع من اللقاحات يحفز الجهاز المناعي في جسم المريض المصاب بالسرطان،ولا تعطى للشخص السليم ، أي أنها لقاحات تعيد تأهيل الجهاز المناعي للقضاء على السرطان الذي استطاع أن يتخفى عنه ويثبط عمله.

ومما يرغب كذلك في استخدام هذه اللقاحات على الطرق التقليدية لعلاج السرطان هو دقتها في الأداء وقلة الآثار الجانبية المترتبة عليها ، وكذلك إمكانية استمرارية مفعولها لأنها بتحفيزها للجهاز المناعي تمكنه من تكوين خلايا مناعية ذاكرة تظل متيقظة لنشوء السرطان فتقضي عليه قبل تفاقمه.

(1) Casadevall, A. (1999). Passive antibody therapies: Progress and continuing challenges. Clin Immunol, 93(1), 5-15.

(2) Neeson, P., & Paterson, Y. (2006). Effects of the tumor microenvironment on the efficacy of tumor immunotherapy. Immunol Invest, 35(3-4), 359-394.

obeikandl.com

المبحث الخامس

تطبيقات النانو في طب وجراحة العين والأذن

العلماء الأوروبيون يعملون على مشروعين لاستعادة قدرات الأذن والعين بالاستعانة بتقنية النانو، وذلك في إطار مشروع نانو إير ، ودريمز .

وفي فرنسا يعمل الباحثون على العين، لتوفير علاج يصحح البصر بمساعدة النانو تكنولوجي ، حيث يجري العمل على قرنية اصطناعية ، في إطار البرنامج الأوروبي "دريمز" وفي المختبر التابع لمعهد الأبحاث العلمية في باريس يتم التركيز على معدات بحجم النانو، التي تنقل معلومات كهربائية إلى القرنية. وعندما تغطى هذه الشرائح بعناصر نانو مصنوعة من الماس الاصطناعي ، يتم زرعها في العين المصابة وبفضلها يستعيد المريض جزءاً من قدراته البصرية.

*** شبكية العين الصناعية:**

بعض العلماء من جامعة بنسلفانيا (عامر زغلول و Kwabena Boahen) اقترحوا شبكية من السليكون شكل (٢١) قادرة على إحداث إشارات إلى العصب العيني التي بالتالي تكون رؤية عند الكفيف. و يمكن زرعها بسهولة داخل العين ويتم ربطها مع النهايات العصبية القبل والبعد التشابك العصبي. كما يمكنها فلترة معظم البيانات غير المرغوبة التي قد تؤثر على الصورة.

وهذه ليست التجربة الوحيدة حيث تم زرع شبكية مكونة من ٥٠ اليكترود ، وهو نظام مكون من نظاره يلبسها الشخص وتحتوي على كاميرا موصلة بجهاز يحتوي على معالج صغير بجانب إمكانية بث الصور لاسلكياً إلى الشبكية المزروعة.

وفي مجال البصريات ، تم صنع نظارات شمس مغطاة بطبقة من البوليمير المانع للانعكاس والخدش شكل (٢٢) معتمداً على تقنية النانو.

كذلك تستعمل الأغشية النانوية الرقيقة في تغشية العدسات العينية و ذلك لجعلها أقل جذباً للجراثيم و أقل قابلية للخدش ، كما تستعمل في تغشية مرايا السيارات و زجاج النوافذ حيث تجعلها أمتن و أقوى و قادرة على المحافظة على نظافتها لفترة أطول.

*** ليزر أحادي النمط من سلك نانوي مفرد:**

بالرغم من أن الليزر يكون بأحجام وأشكال متعددة، إلا أن واحد من أكثر تصميمات الليزر حداثة يعتبر شاذا بشكل خاص، حيث تم صنعه من سلك نانوي مفرد فقط شكل (٢٣). فمن خلال حجم السلك النانوي الصغير، وبساطته، فإن الليزر الناتج يمكن أن يستخدم كمصدر ضوء متماسك بمقياس نانوي في التطبيقات على الاتصالات البصرية، الاستشعار عن بعد ومعالجة الإشارات.

وقد لاحظ الباحثون الليزر في السلك النانوي المفرد على شكل نقطتين لامعتين من الضوء في كلا الطرفين للسلك النانوي. ووجدوا أنه للأسلاك النانوية التي تم ثنيها إلى حلقات، فإن الحلقات تعمل دور مرايا حلقية، وذلك لا يوفر فقط فجوات مزدوجة لاختيار الوضع، وإنما تزيد أيضا انعكاسية السلك النانوي وتقلل بداية عملية إنتاج الليزر. مجتمعة، فإن الانعكاس العالي والبداية المنخفضة ينتج عنهما فجوة ليزرية عالية الجودة في السلك النانوي.

بالإضافة إلى ذلك، فإن التغير في حجم الحلقات يسمح للباحثين بالتحكم في الطول الموجي لليزر. باستخدام مجسات الألياف، يمكن للباحثين التحكم بسهولة في حجم الحلقات. حيث وجدوا أن التناقص في حجم واحدة من الحلقات يؤدي على تغيير في الطول الموجي من خلال التقليل من المسار الضوئي للفجوة الليزرية.

ويأمل العلماء في أن ليزر السلك النانوي المفرد، بميزاته من حيث وضع الجودة العالي و عتبة الليزر المنخفضة، يمكن أن يعطي فرصا لتطبيقات عملية لليزر السلك النانوي[1].

*** صناعة عدسات أفضل بواسطة فقاعات الجرافين:**

من الممكن استخدام فقاعة صغيرة من الجرافين[2] لصناعة عدسة بصرية قابلة لتغيير البعد البؤري، هذا ما يسعى لتحقيقه علماء الفيزياء في بريطانيا، حيث تمكنوا من التحكم بانحناء مثل هذه الفقاعات عن طريق تطبيق جهد خارجي.

(1) http://www.physorg.com/news/2011-02-scientists-single-mode-laser-nanowire.html.

(٢) الجرافين هو عبارة عن صفيحة كربونية بسماكة ذرة واحدة فقط. كما يملك مجموعة واسعة من الخصائص الميكانيكية والإلكترونية الفريدة. فهي من حيث المرونة مرنة جدا بحيث يمكن تمديدها بنسبة تصل إلى ٢٠٪، وهذا يعني أن فقاعات ذات أشكال متعددة يمكن نفخها من هذه المادة. وهو يتفق مع حقيقة أن الجرافين شفاف للضوء، إلا أنه غير نافذ لمعظم السوائل والغازات، فبإمكاننا صنع مادة مثالية منه لاختراع عدسات بصرية ذات تكيف بؤري.

فبالاستناد إلى أدوات هذا الاكتشاف يمكننا إيجاد استخدامات لها في أنظمة التكيف البؤري، كمحاولة محاكاة لكيفية عمل العين البشرية.

مثل هذه العدسات تستخدم في كاميرات الهواتف النقالة وكاميرات الويب وفي النظارات الطبية ذات التركيز البؤري ، وهذه العدسات تكون مصنوعة عادة من بلورات سائلة شفافة أو سوائل.

من حيث المبدأ بإمكاننا صنع بصريات متكيفة باستخدام طرق أبسط بكثير من تلك المستخدمة في الأجهزة الحالية . ولقد قام كل من Andre Geim وKonstantin Novoselov الذين اشتركوا عام ٢٠١٠ م في جائزة نوبل لاكتشاف الجرافين ، ببناء أجهزة صغيرة تظهر كيف يمكن استخدام الجرافين في النظم البصرية التكيفية .

عندما لا يستطيع الهواء الهروب من تحت الجرافين ، فبطبيعة الحال ستتشكل فقاعة مادية، هذه الفقاعات مستقرة بشكل كبير ويتراوح قياسها بين بضع عشرات من النانومتر إلى عشرات من الميكرومتر في القطر .تبين أن الفقاعات بإمكانها أن تعمل عمل عدسات ذات تكيف بؤري، حيث قام الفريق بصناعة أجهزة ذات أقطاب كهربائية من التيتانيوم والذهب ووصلها بالفقاعات في ترتيب يشبه الترانزستور. بهذه الطريقة تمكن الباحثون من تطبيق جهد كهربائي كبوابة على هذا الأعداد. ثم حصلوا على صور بصرية مجهرية عندما ضبطوا الجهد من الـ -٣٥ فولت إلى +٣٥ فولت، فكما كان متوقعا شاهدوا شكل الفقاعات يذهب إلى مزيد من الانحناء والتقوس إلى التسطح نتيجة لتغيير في الجهد .

في الواقع يمكن صنع عدسات عن طريق ملء فقاعات الجرافين بسائل ذو قرينة انكسار عالية ،أو كما يقول الباحثون من خلال تغطية هذه الفقاعات بطبقة مسطحة من هذا السائل .

*** معالجة ضعاف السمع:**

وهذا جهاز آخر صنع من أجل معالجة ضعاف السمع وهو عبارة عن جهاز تتم زراعته في قوقعة الأذن ويقوم بتحريك عظمة السندان مما يؤدي إلى حس العصب السمعي مما يؤدي إلى السمع وهذا الجهاز موصول بالخارج بميكروفون ومعالج ميكروي شكل (٢٤).

المبحث السادس

تطبيقات النانو في طب وجراحة الأسنان

تحسن التقنية النانوية من تصنيع المواد الصبغية البديلة للجسم مثل الزرعات السنية من خلال تغليف المنتج بجسيمات نانوية ذات تماسك مع العظيم المحيط وبشكل أكبر من المعتاد و بذلك يتم تفادي التخلخل لاحقًا كما أنها أكثر قبولاً حيويًا. كما أن التطور في الهندسة النانوية الحيوية تسعي إلى تطوير مركب الهيدروكسي أباتيت من أجل التعويض العظمي و إصلاح النقص و التشوهات العظمية.

١ . التطبيقات السنية في مجال التخدير الموضعي:

يتم حقن ربوتات 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 الربوتات إلى اللب عندها يمكن للطبيب التحكم بها لإيقاف الحساسية السنية في السن المراد علاجه. وبعد إنهاء المعالجة السنية، يتم إعطاء أمر للربوت لإعادة الإحساس، وإلغاء التحكم بالسيالة العصبية ومن ثم الخروج من السن بطريق مشابه للدخول[1].

٢ . علاج الحساسية السنية:

يمكن أن تنتج عن تغير الضغط الهيدروديناميكي المنتقل إلى اللب، وهذا يعتمد على حقيقة أن الأسنان ذات الحساسية السنية(العاجية) تملك سطح أكثر كثافة بالقنيات العاجية ب ٨ مرات وبقطر أكبر بمقدار الضعف من تلك في الأسنان غير الحساسة[2].

وتأتي مهمة الربوتات في القيام بشكل انتقائي ودقيق لإغلاق هذه القنيات بالمشاركة مع مواد حيوية، تقدم للمريض علاج سريع ودائم[3].

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 كومبوزيت، وفي

(1) Baum BJ, Mooney DJ .The impact of tissue engineering on dentistry. JADA. 2000.

(2) 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.

(3) 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.

المواد الحاوية على أنابيب نانوية من الكربون يتم استخدام روبوتات نانوية في مجال المعالجة التقويمية يمكنها أن تؤثر مباشرة على النسج الداعمة ، لتسمح بإجراء الحركات السنية بشكل أسرع وبدون ألم خلال دقائق إلى ساعات[1].

٤ . تسريع علاج عدوى اللثة مع نانوفيبر:

وجد خبراء هندسة الغزل والنسيج في جامعة أصفهان للتكنولوجيا وسيلة لعلاج التهابات اللثة من خلال إنتاج شبكة من نانوفيبر بطريقة إلكترواسبينينج (Electrospinning) للإفراج عن الأدوية لعلاج أمراض اللثة.

إن شبكة من نانوفيبر المدروسة في هذا البحث تم الحفاظ على مظهرها لينة ومرنة تماماً طوال فترة الإفراج عن الأدوية. هذا هو أيضاً سبب لانخفاض درجة حرارة بوليكاپرولاكتون مقارنة مع درجة حرارة الجسم ، والتي تمكن شبكة نانوفيبر أن يكون لها شكل مطاطي في ٣٧ درجة مئوية وهذه الحقيقة يمكن أن تسهل استخدام مثل هذه الشبكات في علاج جيوب اللثة نتيجة لالتهابات اللثة.

فبإمكان المريض أن يذهب إلى الطبيب المختص مرة واحدة فقط لإدخال الجهاز في جيب اللثة ، وليس هناك حاجة لإخراج الجهاز في وقت لاحق ، وهذا سوف يقلل من التكلفة والوقت ، ويزيد من انطباق الجهاز إلى حد كبير.

ووفقا للبحث فإن إطلاق الأدوية الخاضعة للرقابة من شبكه نانوفيبر إلكترواسبون يستمر لمدة ١٩ حتى ٢٣ يوماً ، في حين كانت أطول فترة أعلن عنها في مختلف نظم إطلاق الأدوية المراقبه من هذا العقار لعلاج أمراض اللثة هي ١٤ يوماً[2].

(1) 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 periodontal regeneration. Periodontol 19. 40.

(٢) وقد نشر هذا البحث بالتفصيل في مجلة European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics ، المجلد. ٧٥ ، ص ١٧٩ - ١٨٥ ، ٢٠١٠ . السيدة مائدة زماني ، الحاصلة على درجة الماجستير في هندسة الغزل والنسيج.

المبحث السابع

تطبيقات النانو في الجراحة العامة وجراحة الأوعية الدموية

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 والباحثون في جامعة (كارنكي ملون) من إنتاج محرك نانوي يكون في إمكانه التجوال بكل سهولة في الأوعية الدموية داخل الجسم شكل (٢٥). وهذا الابتكار يعتبر نقطة عطف مهمة في مجال محركات النانو أو المحركات الدقيقة جداً، حيث يمكن توجيهها إلى أنسجة معينة داخل الجسم.

ويمكن ملاحظة ومتابعة عمل الأجهزة النانوية داخل الجسم باستخدام أشعة الرنين المغناطيسي[1]، خاصةً لو كانت تم تصنيع مكوناتها باستخدام ذرات الكربون (١٣) ١٣C atoms بدلاً من نظير الكربون (١٢) الطبيعي natural 12C isotope of carbon، حيث أنه لا توجد لحظة صفرية مغناطيسية ذرية للكربون (١٣) C١٣. حيث سيتم أولاً حقن الأجهزة النانوية الطبية إلى داخل الجسم البشري، ثم ستذهب إلى محل عملها بعد ذلك داخل عضوٍ محددٍ أو كتلة نسيجٍ معينةٍ. وسيتحكم الطبيب بالتقدم، وسيتأكد أن الجهاز النانوي الطبي قد وصل إلى هدفه ووجهته المحددة بالمنطقة المخصصة للعلاج. كما أن الطبيب سيكون حينئذٍ قادراً على مسح منطقةٍ كاملةٍ من الجسد، وسيرى في ذلك الوقت الجهاز النانوي وهو ملتف

(1) Freitas RA Jr .Exploratory design in medicalnanotechnology: a mechanical artificial red cell. Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol 2008; 26 (4): 411–30. Available at: www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocytes.html.

حول هدفه (كتلة ورم أو أي شيءٍ آخر) ومن ثم يستطيع التأكد أن ذلك الإجراء كان موفقاً[1].

٢. نانوروبوت مساعد في العمليات الجراحية:

قامت شركت (كورفس) بصناعة محولات مرئية (روبوت صغير) بحجم النانومتر يُستخدم كمساعد في العمليات الجراحية الخطرة، ويمكن التحكم فيه بواسطة جهاز خاص مما يساعد في إنجاح العملية بكفاءة وبدقة متناهية، وهي أفضل من الطرق التقليدية وتقلل من المخاطر كثيراً.

وتدور الآن مناقشات مستفيضة تشمل طرح سيناريوهات متعددة حول كيفية إدخال تلك الغواصات النانونية النانو روبوت Nanorobots أو النانو بوتس Nanobots إلى داخل الجسم البشري وعن موقف الأجسام المضادة Antibodies منها. هل سيتم طلاؤها Coating بطبقات نانونية السُمك Nanolayer تتوافق بيولوجيا مع الجسم لضمان عدم مقاومته لها ؟ وما نوع وسمك تلك الطبقات المُقترح استخدامها؟، هل ستقوم تلك الروبوتات النانوية بتعقب الفيروسات وإصلاح خلايا الجسم من خلال تشفيرها عن طريق وضع برامج خاصة على شريحة إلكترونية نانونية Nanochip يتم تثبيتها عليها، أم هل سيتم توجيهها والتحكم في مسارها وأدائها من الخارج بواسطة أجهزة التحكم ؟ ولكن السؤال الأكثر أهمية هو المتعلق بمصير تلك المركبات النانونية بعد الانتهاء من مهامها، وعن كيفية إخراجها من الجسم. هناك الكثير والكثير من الحوارات والمناقشات العلمية المهمة والشائقة. وعلى الرغم من صعوبة تلك المناقشات واصطدامها بعدم المعرفة في كثير من الأحيان، فإنه من المنتظر أن يتم طرح الجيل الأول من النانو روبوت قبيل عام ٢٠٢٥م[2].

٣. لحام اللحم :

كما استخدم في جامعة رايس (لحام اللحم) بهدف دمج قطعتين من لحوم الدجاج إلى قطعةٍ واحدةٍ. حيث دمجت القطعتين من لحم الدجاج بالتلامس ، من خلال تقطير سائلٍ أخضرٍ 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

(1) Freitas, Robert A. Jr. (2005). "Current Status of Nanomedicine and Medical Nanorobotics". Journal of Computational and Theoretical Nanoscience 2: 1–25. doi:10.1166/jctn.2005.001.

(٢) مجلة العربي ، مجلة شهرية ثقافية عربية كويتية مصورة. تصدرها وزارة الإعلام الكويتية ، طب النانو: سيمفونية القرن لقهر المرض والسرطان : محمد الإسكندراني، العدد ٦١٥ ، أكتوبر ٢٠١٠م.

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 بدقةٍ متناهيةٍ وبصورةٍ تامةٍ.

٤. دعامات القلب النانوية :

يلجأ الجراحون إلى استخدام ما يسمى بالدعامات ،وذلك بغرض فتح وتوسيع شرايين القلب المصابة بضيق شديد في مساحة مقطعها نتيجة التراكم المستمر لطبقات الكوليسترول على جدرانها الداخلية والذي يحول دون سريان الدم المحمل بالأوكسجين .

وتلك الدعامات عبارة عن أنابيب صغيرة أسطوانية الشكل مصنوعة من فلزات حرة ، تركب في الشريان المصاب بصورة دائمة مما يسمح بمرور الدم من خلاله بالإضافة إلى أن تلك الدعامات الفلزية تحول دون تراكم طبقات الدهون على الجدران الداخلية للشرايين مما يمكن الشرايين من بناء أنسجة جديدة لسطحها الداخلية وعلى الرغم من وجود العديد من المشاكل التي تترتب على استخدام تلك الدعامات مثل حدوث تلوث في الدم أو جلطة أو نزيف ، فإن خطرها يتمثل في رفض الجهاز المناعي لمادة الدعامة الفلزية ومقاومتها بصورة دائمة مكونا ندبا تتراكم على الجدران الداخلية للشريان وبالتالي تعيق سريان الدم بداخلها .

وقد ساهمت تقنية النانو مساهمة كبيرة في إيجاد حلول علمية للتغلب على تلك المشاكل ، من خلال تغطية أسطح أنابيب الدعامات بطبقات نانوية رقيقة السمك من البوليمرات .أيضاً توظف أنابيب الكربون النانوية في إنتاج الدعامات التي تتمتع بمعاملات فائقة في المرونة والمتانة . هذا بالإضافة إلى عدم مقاومة الجهاز المناعي في الجسم لها[1].

٥- في جراحة التجميل :

أوضحت دراسة حديثة كيفية استخدام مادة "النانو تكنولوجي" في تطوير زراعة ثدي أكثر أماناً وكبديل لمادة السليكون المطاطية التي تتسبب في العديد من التعقيدات الصحية.

وحوالي ٧٥٪ من السيدات اللاتي أجرين عمليات استئصال الثدي يخترن الخضوع لعملية إعادة بناء الثدي، وكان الخيار الوحيد المتاح لهؤلاء السيدات يعتمد

(1) M. Sherif El-Eskandarany, Journal of Nanoparticles, Vol.2 (2009) pp14-22.

obeikandl.com

على استخدام السليكون المطاطي بالرغم من أنه لا توجد أداة علاجية تثبت أنها ١٠٠٪ آمنة أو مؤثرة، إلا أن هناك نسبا عالية بين هؤلاء المرضى يعانون معدلات عالية من التعقيدات الطبية تنتج عن استخدام السليكون في زراعة الثدي بما في ذلك زيادة حالات الأمراض المنتظمة وبعض الأشكال المتعددة للأمراض النفسية.

وقام الباحث جوديث سوسكاس من جامعة أكرون الأمريكية بتحليل حلات زراعة الثدي من جانب العلم المادي لتحديد ما يمكن أن يثير مشاريع النانو تكنولوجي تطورات مستقبلية للوصول لزراعة آمنة للثدي.

بل وفي مجال أدوات التجميل ، أمكن صنع مضادات لأشعة الشمس(Sunscreen) ؛ معتمداً على استخدام الجسيمات صغيرة الحجم من ثاني أكسيد التيتانيوم شكل(٢٦) الذي يعطي حماية تدوم أكثر من الكريمات العادية كما أنه لا يعطي للجلد لون المادة حيث أنه صغير الحجم جداً[١].

(١) المرجع السابق.

obeikandl.com

المبحث الثامن

تطبيقات النانو في تشخيص وعلاج مرض السكري

أولاً : في التشخيص:

تمكن باحثون في جامعة ستوني بروك Stony Brook University من تطوير مجس نانوي جديد قد يحدث ثورة في عالم الطب الشخصي حيث سيجعل من الممكن تشخيص ومراقبة مرض ما لحظياً بمجرد التنفس لمرة واحدة في جهاز صغير محمول باليد.

بحث جديد بعنوان مجس نانوي لقياس مستوى الأسيتون في النفس نشره الناشرون العلميون الأمريكيون في أكتوبر ٢٠١٠م في منشورات المجسات.

هذا المجس هو عبارة عن أداه تشخيص للنفس لمراقبة الأمراض أو عمليات الأيض والتي يمكن أن تستخدم لفحص مستوى الكوليسترول أو السكر وحتى سرطان الرئة[1].

إذا أصبح من الممكن قياس الغازات التي تشير إلى وجود الأمراض بسهولة فإن هذا سوف يمكن الأفراد من مراقبة حالتهم الصحية بأنفسهم ؛كما سيسهل عملية مراقبة بعض الأمراض مثل مرض السكري.

حالياً، تتم مراقبة مستوى السكر من خلال قياسه في الدم ولكن الطريقة الجديدة تمكن الأفراد من فحص أنفسهم ببساطة حيث أن كل ما هو مطلوب منهم هو التنفس مرة في هذا الجهاز الجديد.

يوجد في النفس أكثر من ٣٠٠ مركب البعض منها تم اعتماده كمؤشر للإصابة بمرض معين. الطريقة الوحيدة التي يمكن من خلالها الاستفادة من هذه المؤشرات هو من خلال استخدام مجسات خاصة حساسة لكل غاز بعينه.

ولكي يتم الكشف عن مرض معين، يجب تحديد المجس الخاص به. على سبيل المثال، إن كان أكسيد النيتروجين غاز ذو علاقة بمرض الأزمة الصدرية فإن

(١) يعرف سرطان الرئة بالقاتل الصامت والذي يتم الكشف عنه عادة في المراحل المتأخرة ولكن على خلاف ذلك فمن الممكن التعرف على بعض العلامات في النفس والتي تعتبر من الإشارات المبكرة للمرض.

obeikandl.com

ما نحتاجه هو مجس حساس لغاز أكسيد النيتروجين. وإذا كان غاز الأسيتون مهم لمرض السكري فنلجأ لاستخدام مجس حساس لغاز الأسيتون[1].

هذا البحث يعتبر الآن في المرحلة النهائية السابقة لاستخدامه طبياً لتشخيص مرض السكري.

ثانياً: في العلاج:

تم أخيراً النجاح في تصنيع حساسات عضوية Biosensors متناهية الصغر تستشعر حدوث أي انخفاض حاد في مستوى نسبة الجلوكوز بالدم.وتُجرى الآن تجارب تطوير هذه الحساسات بحيث يتم إضافة خزانات صغيرة تحتوى على جرعة من الأنسولين يتم حقنها إلى داخل الجسم من خلال إبرة تتصل بالخزان فتقوم بضخ الجرعة الملائمة بناء على إيعاز من الحساس. ويمثل نجاح تلك التجارب أملاً كبيراً يتعلق به مئات الملايين من البشر المصابين بالداء السكري[2].

وفي هذا المجال طورت باحثة في جامعة (إلينوى) 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[3].

ثالثاً : في الوقاية من المضاعفات:

كذلك قامت إحدى الشركات المتخصصة في صناعة الأحذية بوضع ألياف نانوية من فلز الفضة بداخل الحذاء وذلك من أجل منع فطريات القدم والبكتريا من النمو في أثناء فترة ارتداء الحذاء ويمثل هذا المنتج أهمية كبيرة لمرضى الداء السكري الذين يعانون بصورة دائمة من التقرحات والالتهابات بالقدم ، تمنع الإصابة بالعدوى البكتيرية التي قد تؤدي إلى عواقب وخيمة تتمثل في حدوث غرغرينا بالقدم[4].

---

(1) http://www.physorg.com/news205436500.html. تمت الترجمة بواسطة د. حازم فلاح سكيك

(٢) مجلة العربي ، مجلة شهرية ثقافية عربية كويتية مصورة. تصدرها وزارة الإعلام الكويتية ، طب النانو: سيمفونية القرن لقهر المرض والسرطان، المرجع السابق .

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

(4) R. L. jones. Soft Machines: Nanotechnology and Life. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004.

المبحث التاسع

تطبيقات النانو في هندسة الأنسجة وإصلاح الخلايا

تبشر البحوث الجديدة بأدوات بحثية و وسائل تشخيصية أفضل من سابقتها من خلال استخدام التقنية النانوية.

١ - هندسة الأنسجة:

تمثل الأنسجة التالفة إشكالية رئيسة في معالجتها وإصلاحها، ومن المفيد أن تقنية النانو تستطيع أن تساعد في عملية إعادة تصنيع أو إصلاح الأنسجة التالفة؛ فهندسة الأنسجة شكل (٢٧) 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[1].

٢ - تقنية النانو والخلايا الجذعية:

والآن مع التقدم في تقنية النانو فإن بعض العلماء يعتقدون أن الدمج ومزاوجة علم تقنية النانو مع أبحاث الخلايا الجذعية ، سوف يساعد العلماء وبشكل كبير في فهم كيفية توجيه الخلايا الجذعية والتحكم في مصيرها لصنع أنسجة بشرية شكل (٢٨) مما قد يؤدي إلى اكتشاف طرق للتشخيص والوقاية ولعلاج أمراض البشرية ككل ، وبالفعل كانت هناك محاولات عديدة في هذا المجال ، ومثال ذلك ما قام به علماء في جامعة (Northwestern) الأمريكية، حين قاموا بدمج مركبين عن طريق تقنية النانو (amphiphiles+hyaluronic acid) مما أدى إلى صنع مركب (Biopolymer)، موجود أصلا في مفاصل وغضاريف الإنسان ، وكان هذا المركب على شكل تكيس يمكنه تجميع نفسه على شكل غشاء إذا حقن في مفصل الإنسان ، بعد ذلك تم حقن الخلايا الجذعية داخل هذا التكيس الذي استخدم كناقل للخلايا الجذعية ؛ أدخلت الخلايا الجذعية بواسطته إلى مفاصل مصابة لأحد المرضى وكانت النتائج مبشرة.

٣- مكائن تعمير 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 تعمير الخلايا التالفة ،حيث ستعتمد تقنية إصلاح الخلية على نفس المهام التي أثبتت الأجهزة الطبيعية أنها قادرة على أدائها.

(1) https://12345-proxy.appspot.com/knol.google.com.

obeikandl.com

فالوصول إلى الخلية أصبح ممكناً نتيجة أن علماء الأحياء استطاعوا غرس الإبر داخل الخلايا بدون قتلها.

ولقد طور باحثون في Lawrence Berkeley National Laboratory منظاراً يوفر صور ضوئية عالية الدقة لخلية حية، وقد يستخدم في توصيل الجينات أو البروتينات أو الأدوية العلاجية أو نقل أي مواد أخرى بدون إحداث أي أضرار للخلية. يعتمد المنظار الضوئي على أسلاك نانوية يمكن أن تستخدم أيضا في المجسات البيولوجية وفي دراسة الخواص الكهربية للخلية الحية[1].

ومن ثم أصبحت الأجهزة الجزيئية قادرة على دخول الخلية. وكذلك، أظهرت كل التفاعلات الحيوية الكيميائية Biochemical Interactions الخاصة أن الأنظمة الجزيئية تستطيع التعرف على الجزيئات الأخرى باللمس، وكذلك تستطيع بناء وإعادة بناء كل جزيء داخل الخلية، كما أنها قادرة على تفريق الجزيئات المصابة والتالفة. وفي النهاية أثبتت الخلايا التي تحل محل القديمة أن الأنظمة الجزيئية تجمع كل نظام وجد بالخلية. ومن ثم، فمنذ أن أدارت الطبيعة العمليات الأساسية المطلوبة لأداء عملية إصلاح الخلية على المستوى الجزيئي، فإنه في المستقبل، يمكن بناء الأنظمة القائمة على الأجهزة النانوية والتي عندها القدرة على دخول الخلايا، والإحساس بالفروق بين الخلايا المريضة عن تلك الخلايا الصحية السليمة ومن ثم القيام بالتعديلات المرغوبة في البنية الهيكلية[2].

ومن ثم ستصبح آلات إصلاح الخلية قادرة على إصلاح كامل الخلايا من خلال عمل أو إصلاح هيكل بعد هيكل. ثم العمل بعد ذلك خليةٍ بعد خليةٍ ثم نسيجٍ بعد نسيجٍ على التسلسل، ومن ثم سيتم إصلاح كامل الأعضاء. وفي النهاية، من خلال العمل على عضو بعد عضو، فسيتم استعادة الصحة لجسم الإنسان. وهذا يؤدي إلى إعادة إصلاح الخلايا التالفة والتي وصلت لنقطة عدم القدرة على التفاعل بعد ذلك، ذلك بسبب قدرة وكفاءة الآلات الجزيئية على بناء الخلايا من الخدش. نتيجةً لذلك، تعد آلات إصلاح الخلية آلات خالية من العقارات والأدوية، حيث تعتمد على إستراتيجية الإصلاح الذاتي بمفردها.

(١) مجلة الفيزياء العصرية العدد ١٠ / ٢٠١٢.

(٢) رقائق بيولوجية نانوية.. لعلاج خلايا الجسم المتضررة : د. أحمد الغمراوي ، جريدة الشرق الأوسط ،الأحد ٥ ربيع الثاني ١٤٣١ هـ - ٢١ مارس ٢٠١٠م. العدد ١١٤٣٦.

المبحث العاشر

تطبيقات النانو في علاج أمراض الكلي

علم أمراض الكلى النانوي (Nanonephrology): هو فرع من فروع طب النانو يعنى بـ :

١- دراسة تكوين بروتينات الكلى على المستوى الذري.

٢- التصوير بتقنية النانو لدراسة العمليات الحيوية التي تحدث في خلايا الكلى.

٣- استخدام جزيئات النانو في علاج أمراض الكلى .

كما أن عملية تصنيع واستخدام المواد والأجهزة على المستوى الجزيئي والذري والتي تستخدم لتشخيص وعلاج أمراض الكلى تعد من مجالات علم أمراض الكلى النانوي والتي ستلعب دوراً فعالاً علاج المرضى الذين يعانون من أمراض الكلى في المستقبل. هذا بالإضافة إلى أن الإنجازات المتقدمة في مجال علم أمراض الكلى النانوي ستُبنى على الاكتشافات في تلك المجالات السابق ذكرها والتي توفر معلومات نانوية حول الآلية الجزيئية الخلوية والمدمجة في عمليات الكلى الطبيعية بالإضافة إلى الحالات المرضية المختلفة. ومن خلال تفهم واستيعاب الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبروتينات والجزيئات الماكرو الأخرى على المستوى الذري بالعديد من الخلايا المختلفة بالكلى ، يمكن تصميم مدخلات علاجية جديدة لتتنافس في علاج أمراض الكلى الرئيسية. وتعد الكلى الصناعية النانوية هدفاً يحلم العديد من الأطباء بتحقيقه. وستسمح الإنجازات الهندسية النانوية المتقدمة بتصنيع الروبوتات النانوية التي يمكن برمجتها والتحكم فيها والتي تهدف إلى تنفيذ وإنجاز إجراءاتٍ علاجيةٍ وبنائية داخل الكلى البشرية على المستويات الخلوية والجزيئية شكل (٢٩). كما أن تصميم الهياكل النانوية والمتوافقة مع خلايا الكلى والتي يكون لها القدرة على إجراء العمليات في الحيوية in vivo بصورةٍ سالمةٍ آمنةٍ يعد أيضاً هدفاً مستقبلياً يرجى تحقيقه. وهنا يجب ملاحظة أن القدرة على توجيه الأحداث على المستوى النانوي الخلوي لها الكفاءة والقدرة على تحسين حياة المرضى الذين يعانون من أمراض الكلى.

المبحث الحادي عشر

تطبيقات النانو في طب وجراحة العظام

نجح علماء كلية طب جامعة ما ساشوستس الأمريكية في تطوير مستزرعات عظام (Orthopedic Implants) ذكية يمكن تشكيلها حسب حالة الإصابة أو مكان الإصابة .

ومن المعروف أن المواد التي يصنع منها المستزرعات تعتبر من أهم المشاكل التي تواجه الجراحين حيث أنه تصنع من السيراميك الهش أو البوليمرات القوية شكل (٣٠) و التي لا يمكن تشكيلها في أشكال معقدة و التي غالبا ما تنتج عن الجروح و الإصابات كما أنها تحتاج لأجهزة تثبيت معدنية الأمر الذي يتطلب إجراء أكثر من عملية جراحية لتركيبها و إزالتها .

و طور العلماء مستزرعات جديدة تتكون من جزيئات النانو بالقلب تتأثر بالحرارة و لها صفات أنسجة الجسم .و من أهم صفات المستزرعات الجديدة إمكانية تنشيطها و تشكيلها عند تعريضها للحرارة تبعا لمكان الجرح قبل إجراء الجراحة و وتصغيرها بحيث لا يتم إحداث إلا جرح بسيط لإدخال المستزرعات ثم بعد إدخال المستزرع يتم تعريضها للحرارة مرة أخرى لتعود إلى الشكل المصمم من البداية و ذلك خلال ثواني معدودة .

وتتكون المستزرعات الجديدة من مواد عضوية قابلة للتحلل بالجسم (Biodegradable) لذا فإنها لا تحتاج إلي عمليات جراحية أخرى لإزالتها كما انه من الممكن تحميلها بالعقاقير المناسبة لتسريع عملية نمو العظام .

و يقوم العلماء حالياً بإجراء الاختبارات على حيوانات المعامل و في حال نجاحها فأنهم سيبدأن بإجراء الاختبارات السريرية على البشر .

*** ألياف نانو لتعزيز نمو غضاريف الركبة:**

نجح علماء جامعة نورث ويسترن الأمريكية في تطوير جل (Gel) يتكون من ألياف نانو (Nanofiber) يعزز نمو الغضاريف بالمفاصل المتضررة و بدون الحاجة لعوامل نمو و التي قد تكون باهظة الثمن .

ومن المعروف أن الطريقة المتبعة حاليا (Microfracture) تقوم على إحداث ثقوب بالعظام الملاصقة للغضاريف المتضررة و ذلك للسماح بنمو أوعية دموية جديدة و هو ما يساعد على نمو الغضاريف مرة أخرى .

ولكن معظم الغضاريف المنتجة نتيجة طريقة (Microfracture) تتكون من نوع (Type I Collagen) و هو ما يجعلها تشبه الأنسجة الناتجة عن الإصابات والجروح .

أما الطريقة الجديدة فتقوم على استخدام الجل المكون من ألياف نانو حيث يتم حقنه بالمفصل المتضرر من اجل تنشيط الخلايا الجذعية بالنخاع العظمي و إنتاج الكولاجين من نوع (Type II Collagen) و هو ما يؤدي لإصلاح الغضاريف بالمفصل شكل (٣١).

ويقول العلماء أن (Type II Collagen) هو البروتين الرئيسي بالغضاريف المفصلية (Articular Cartilage) و هو عبارة عن نسيج رابط ابيض و أملس يغطي أطراف العظام عند التحامها بالمفصل[1].

وأجرى العلماء اختبارات على حيوانات المعامل باستخدام الجل الجديد حيث أظهرت النتائج نجاح الطريقة الجديدة في علاج المفاصل بشكل أكثر كفاءة مقارنة بالطريقة الحالية (Microfracture) .

*** استخدام تكنولوجيا رائدة في تصنيع سقالات العظام :**

إن الهدف الرئيسي من العمل البحثي هو اختلاق البنية الأمثل المكونة للعظم عبر تقنيات هندسة الأنسجة و للحصول على هذا الهدف سقالة خلايا الجذعية و الوسيطة الحاوية على أبعاد النانو / ميكرو تم إجراء التحقيق من فعاليتها و نشاطتها .

وفي ممارسات هندسة الأنسجة ، والسقالة المستخدمة يجب أن تكون مماثلة للمصفوفة الخلوية الإضافية من الأنسجة المستهدفة. في هذا الصدد ، لقد تم توليف سقالات الهيدروكسيل فى ابعاد الميكرو و النانو لحمض اللبولي أكتيك الأباتيت. مركب من المواد المذكورة يقدم الخواص الميكانيكية الأكثر ملاءمة ويوفر الاتصالات المعززة المكونة للعظم. الفضل لأبعاد نانو مترية من جزيئات هيدروكسيل الأباتيت

(1) www.hamst7oob.com .

التى تم تطبيقها ، فى غضون ذلك سقالة التى تم إنتاجها؛ لديها تتشابه قريبا من نظيرتها الطبيعية[1].

*** توليف سقالات العظام عن طريق سيراميك النانو:**

لقد تم تصنيع نوع من سقالة الخزف ذات البنية النانومترية باستخدام عظام الأبقار باستخدام طريقة منخفضة التكلفة من خلال جهود الباحثين في جامعة أصفهان للتكنولوجيا.

وهذا البحث يقدم أسلوباً جديداً ، منخفض التكلفة ، وطريقة اقتصادية لتوليف نوع من سقالات العظام القيمة التى تستخدم في الصناعة الطبية وهندسة الأنسجة.

ومن القيود الملزمة لزرع المسامى تكمن فى لزوم المسام على أن قطرها يساوي ما لا يقل عن ١٠٠ ميكرومتر للسماح الشعيرات توفير الدم للأنسجة الضامة النامية.و من الملاحظ ان أنسجة الاوعية الدموية لا تظهر فى المسامات التي يقل قطرها عن ١٠٠ ميكرومتر.

السيراميك فوسفات الكالسيوم ثنائية الطور التي تضم وجهين من هيدروكسيباتيت و بتا تري الكالسيوم هو اختيار جيد لاستبدال الأضرار بالعظام؛ حيث يمكن استخدام المنتجات المذكورة في الصناعة الطبية وتطبيقات هندسة الأنسجة وحشو تلف العظام[2].

*** تحسين الخواص الميكانيكية لسقالات العظام:**

حالياً أساليب العلاج الأولي للعظام مثل الزراعة الدائمة يتم استبدالها بالمواد المستدامة بيئياً والقابلة للتحلل. لذا فإن الموضوع الجديد من "هندسة الأنسجة والعظام" جنبا إلى جنب مع تقنية النانو جعل من الممكن الاقتراب من الهيكل الطبيعي للعظم .

ولقد تمت دراسة الطرق المختلفة لخلط اثنين من البوليمرات وإنتاج السقالة. وأخيراً ، لمزيد من التحقيقات تم اختيار أسلوب هجين من "الصب و التجفيف من خلال التجميد" لتوليف مركب متناهي في الصغر الطبقى.

(١) وقد تم نشر تقارير مفصلة عن هذا العمل البحثي في مجله مواد العلوم والهندسة C ، مجلد ٢٩ ، صفحات ٩٤٢-٩٤٩ ، ٢٠٠٩ و المجلة الايرانية في التكنولوجيا الحيوية ، مجلد ٨ ، صفحات ٢٣٤-٢٤٢ ، ٢٠١٠.

(٢) ونشرت تفاصيل هذه الدراسة في Materials Letters ، حجم ٦٤ ، صفحات ٩٩٣-٩٩٦ ، ٢٠١٠.

نجح الباحثون في جامعة أصفهان للتكنولوجيا في اختراع طريقة جديدة لإنتاج سقالة لها تطبيقات في هندسة النسيج العظمي. والسقالة هى بنية بمركب متناهي في الصغر مصنوعة من جيلاتين وهيدروكسيباتيت.

ومن أجل إنشاء مركب متناهي في الصغر ثلاثى الأبعاد (D-٣) ، قطعت الطبقات التى تم توليفها وتمسك جنباً إلى جنب مع كمية صغيرة جداً من حل جيلاتين نقي. فى نهاية المطاف ، ثم يتم تغميس بنية مركب متناهي في الصغر تم الحصول عليها في حل جلوتار ألدهيد Glutar aldehyde من أجل زيادة قوتها. و فيما بعد ، تم تجفيف المواد المتوجه وأعدت لاختبارات مختلفة. ولعل الاستفادة من هذا البحث ، هو إمكانية إنتاج السقالات مع بنية مسامية متجانسة و مراقبه في الوسط والسطح لتجارب مختلفة[١].

*** تقليص الأعراض الجانبية لزراعة العظام:**

نجحت شركة تقنية الخلايا الجذعية في إيران في الآونة الأخيرة بتركيب السقالات المناسبة للنسيج العظمي مما يقلل الآثار الجانبية لزرع العظام عبر تقنية الغزل الكهربائي (Electrospinning).

إن إعداد السقالة لديها ألياف النانو من أقطار متساوية تقريبا وعيوب شكلية صغيره. ونتيجة لذلك ، فالسقالات التي تم توليفها عرضت القوة الميكانيكية العالية وأيضا عززت التوافق مع الخلايا الجذعية.وتتألف السقالة من ثلاثة أجزاء البوليمر منفصلة وأيضاً قسم غير عضوي. لتعزيز تأثير الجزء العضوي والحصول على بيئة أكثر واقعية للظروف الطبيعية، كانت هيدروكسيباتيت النانوية ([Ca5(OH)(PO4)3]x) وقعت بين ألياف النانو من خلال أسلوب الحل. وكانت الجسيمات هيدروكسيباتيت النانوية المستخدمه هي نشطة بيولوجيا ، و ذات تأثير في اتجاه العظام . هذه الجسيمات النانوية لديها مورفولوجيا مكعبة بلورية ذات أبعاد أقل من ٢٠٠ نانومتر.

ساهم وجود البلورات النانوية هيدروكسيباتيت داخل مركب عظمي لعملية التنوي الثانوية خلال تمعدن العظام إلى حد كبير ، والتي قدمت نسبة الطاقة العالية لتشكيل ماده الأباتيت.

بعد إعداد المحاليل الحيوية والمعلقات ، عقب عملية الغزل الكهربائي بعناية والسقالات نانو ألياف (Nanofibrous) المتنوعة مع نسب المحتويات المختلفة من

(١) وقد نشر هذا البحث بالتفصيل في مجله مركب البوليمر، Polymer Composite المجلد. ٣١، صفحات ٢١١٢-٢١٢٠، ٢٠١٠.

obeikandl.com

البوليمر/ المواد غير العضوية لقد تم توليفها لاستخدمها في وقت لاحق لإجراء الدراسات في المختبر.

ومن الجدير بالذكر أن السقالات المقترحة متفوقة على تلك التقليدية التي قدمتها هندسة الأنسجة لأنها تزيل الحاجة إلى جراحة إضافية لإزالة الغرسات[1].

obeikandl.com

(١) يتم نشر مزيد من التفاصيل عن هذا العمل البحثي في مجله IPJ، المجلد ١٩، صفحات ٤٥٧-٤٦٨، ٢٠١٠.

المبحث الثاني عشر

تطبيقات تقنية النانو في الغذاء الصحي

يُطلَق مصطلح "الغذاء النانوي أو Nanofood " على الغذاء الذي استعمل في إنتاجه أو في أي مرحلة من مراحل إنتاجه تقنية النانو ، و بعبارة أخرى هو الغذاء الذي يتم استخدام تقنية النانو في زراعته أو معالجته أو تغليفه. وحالياً يعتبر التغليف أحد أكثر التطبيقات العملية لتقنية النانو حيث يتم فيها استعمال جسيمات النانو طين"Nanoclay" في صنع أغلفة بلاستيكية قوية وخفيفة ومقاومه للحرارة وقادرة على منع الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من الدخول و إفساد الأطعمة ، وإضافة إلى ذلك يتم تطبيق تقنية النانو أيضاً لصنع تغليف خاص مقاوم للمكروبات والبكتيريا[1].

ويتوقع خبراء صناعة الأغذية أن تؤثر تقنية النانو تأثيرًا كبيراً ،وبطرق عديدة في المنتجات الغذائية و حياة المستهلك ، سواء بشكل مباشر أم غير مباشر. ولقد أخذت الشركات العالمية بناصية الاستثمار في هذا المجال، مثل شركة "جنرال ميلزGeneral Mills"، و"بيبسيكو Pepsico"، و"كامبيلز Campbells" و"كرافت للأغذية Kraft foods "وغيرها[2].

ولقد أنشأت شركة كرافت المتخصصة في الأغذية اتحاد لأقسام البحوث العلمية لاختراع مشروبات لا لون لها ولا طعم مبرمجة ؛ فقريباً يمكننا شراء مشروب لا لون له و لا طعم يتضمن نانو جزيئات للطعم و اللون عندما نضعه في الميكروويف على تردد معين يصبح لدينا عصير ليمون ،وعلى تردد آخر يصبح هو نفسه عصير تفاح ، وتسمى هذه الأنواع من الأغذية بالأغذية الجذابة Interactive Food والتي يتم فيها تغير الغذاء وفقاً للحاجة ؛ والمبدأ في هذه الأغذية أن بها الآلاف من كبسولات النانو والتي تحتوي على محفزات للنكهة واللون أو عناصر تغذية مضافة مثل الفيتامينات والتي تكون سائدة في الغذاء وتحرر فقط عند رغبة المستهلك .

(1) Weiss J., Takhistov, P., and McClements, D.J. (2006). Functional Materials in Food Nanotechnology. J. Food Sci. 71 R107-R116.

(2) Chau C-F., Wu S-H. and Yen G-C. (2007). The development of regulations for food nanotechnology. Trends Food Sci. Technol. 18 269-280.

وتعمل العديد من شركات الأغذية على تصميم أغذية "ذكية" أو " تفاعلية " تتغير طبقاً للذوق الشخصي للأفراد فتغير اللون و الطعم و المكونات الغذائية حسب الطلب أو لمنع تأثير بعض المركبات التي تتسبب في الحساسية لدى البعض[1].

ومن بين الإيجابيات المهمة لاستخدامات تقنية النانو في الصناعات الغذائية هو التقليل من النفايات الناجمة عن المصانع الغذائية ومالها من أضرار على الصحة والبيئة.

بالإضافة إلى توظيف تقنية النانو في مجال حفظ المنتجات الغذائية السابقة الإعداد أو الطهي، فهي تستخدم أيضًا في حفظ المواد الغذائية الطازجة مثل اللحوم بأنواعها، الفواكه والخضراوات و المخبوزات و منتجات الألبان والوجبات الطازجة السابق إعدادها وذلك عن طريق تغليفها بأفلام رقيقة من البلمرات الشفافة التي لا تزيد سماكتها على ٥ نانومتر، حيث يُدمج بها حبيبات أو أنابيب نانوية تعمل على غلق مسامها بهدف منع وصول الرطوبة إلى الغذاء الطازج الموجود داخل العبوة.

(١) مجلة العربي ، مجلة شهرية ثقافية عربية كويتية مصورة. تصدرها وزارة الإعلام الكويتية ،التغذية وتكنولوجيا النانو: الطعام على الطريقة النانوية : محمد الإسكندراني، العدد ٦٢٥ ، ديسمبر ٢٠١٠م.

obeikandl.com

المبحث الثالث عشر

تطبيقات طبية واعدة

يقول الباحثون بأنه من الممكن استخدام آلات من جزيئات نانوية لإعادة بناء الأعضاء التالفة ، كما أنها تقوم بتعديلات تجميلية أو توفر للناس أعضاء كاملة جديدة قادرة على القيام بوظائف معززة وقوية بصورة دراماتيكية، وطبقاً للباحثين فإنه من الممكن تجديد الأطراف المفقودة والعيون والأذن المعطوبة وإعادتها إلى حالتها السابقة وربما يتم تحسينها لتعمل بصورة أفضل مما كانت عليه.

في الحقيقة يعتقد الباحثون الطبيون أن أجهزة النانو بحجم الجزيئات من الممكن أن تقوم بتقوية نظام المناعة باصطياد وتعطيل البكتيريا والفيروسات غير المرغوب فيها.. كما يحلم الباحثون بمضخات نانوية تسبح في دم المرضى وتقوم بتنظيفه من خلايا(H.I.V) المصابة.

ورغم أن تقنية (النانو) أساساً تقنية للبناء إلا أن إحدى فوائد النانو الفريدة تنبع من قدرتها على تحقيق (التدمير المستهدف) في جسم الإنسان... ولأن جسم الإنسان عرضة للسرطان والأمراض المعدية فهو يحتاج إلى ميكانيكية تستطيع تحطيم العناصر الخطرة مثل البكتريا وخلايا السرطان والفيروسات أو الطفيليات... ويعتقد البعض أن تلك الأجهزة الصغيرة من الممكن أن تعالج الجسم من تلك الأمراض ، فمثلاً فيروس الهربس يعزل جيناته داخل(D.N.A) الخلية المضيفة. إن جهاز تقنية النانو لإصلاح الخلية والمجهز بحاسب آلي وذراع ربوتي دقيق ، يقوم بقراءة ال(D.N.A) الخاص بالخلية ويزيل الجين الإضافي الذي يتسبب في الهربس دون أي تأثير على التكامل الوراثي للخلية المضيفة.

وسوف تلعب تقنية النانو دورًا رئيسيًا في التئام جروح ما بعد العملية... وبكل بساطة ستساعد آلات إصلاح القلب شكل (٣٣)، على إنتاج عضلات جديدة بإعادة تنظيم ميكانيكية التحكم في الخلايا... وسوف تتم مساعدة ضحايا السكتة الدماغية لتجديد أنسجة المخ حتى تلك التي كان بها تلف كبير.

والهدف النهائي هنا ليس معالجة المرض فقط ولكن للإبقاء على صحة الإنسان مدى حياته... وسوف يظهر ذلك عندما يتحقق فهم متكامل حول تركيبة الجزيئات للأنسجة الصحيحة.. وبعد ذلك ستكون لدينا المعرفة الكافية لرسم أي تركيبة لخلية

قلبية متعافية أو تركيبة لخلية كبد متعافية ونقل البيانات الصحيحة حول جزيئات وخلايا وأنسجة ذلك العضو إلى الجهاز المتناهي في الصغر.

وبينما نقترب من العصر النانوي الجديد فقد تقدم الاكتشافات الدوائية حلولاً أفضل لتليف الرئة الكيسي.. وأحد تلك الأدوية قد يمنع الستازبروتين الذي ينتجه مريض تليف الرئة الكيسي من الهجوم على أنسجة الرئة... ودواء آخر التي بقيت من خلايا المناعة الميتة مما يسمح للجسم باستخدام ميكانيكية ذاتية للنظافة (D.N.A) يذيب (DNASE) وذلك لتنظيف السوائل المترسبة الرقيقة. ويعتقد الباحثون أنهم يستطيعون السيطرة بصورة فعالة أكثر على هذا المرض المخيف بإيقاف إنتاج ذلك المخاط الكثيف من مصدره. وقد اكتشف أن سبب تليف الرئة الكيسي خلل وظيفي في الخلايا يحثها على ضخ الصوديوم بكمية زائدة مما يقود لخروج الماء خارج المخاط... والمخاط المتبقي سائل كثيف للغاية يتسبب في قتل المريض... والآن تم اكتشاف دواءين يعالجان ذلك الخلل الوظيفي في الخلايا، والخلايا التي تم إصلاحها لا تنتج الأملاح ولا يتكون المخاط الكثيف في جسم المريض.

ولكن التقنية الواعدة لعلاج تليف الرئة الكيسي لن تكون العلاج بالدواء بل بالجينات الوراثية. فقد اكتشف باحثان«Fransis Colenis» و Lap Chi» «Tsoy جين تليف الرئة الكيسي في الكروموزوم 7 في صيف عام1989 م. والتحدي الآن هو نقل صيغ صحيحة من ال(D.N.A) إلى رئتي مريض تليف الكبد.

*** النانو ضد الشيخوخة:**

إن الاعتلال الرئيسي في الشيخوخة بما في ذلك مرض الخرف المبكر (الزهايمر) ووهن العظام من الممكن إخضاعه للهندسة الوراثية عند الولادة أو في فترة من فترات الحياة

وتعتبر المؤسسة الطبية - بصورة متزايدة - أن الشيخوخة مرض يجب التغلب عليه... وقد تحقق تطور مذهل في إطالة فترة الحياة من خلال أدوية وتغذية أفضل وظروف صحية أحسن للمعيشة.

والآن سوف تبدأ تقنية النانو عصراً جديداً في الصراع ضد الشيخوخة .. ويعتقد كثير من المراقبين أن آلات إصلاح الخلايا سوف تستطيع تحسين وظيفة الخلية طالما أن

تركيبة الخلايا الرئيسية ليست بها عيوب .. ورغم أنها لا تستطيع خلق خلايا جديدة ، لكنها تستطيع بالتأكيد تجديد الخلايا الموجودة.

وعندما نتأكد من أن تأثير الشيخوخة بما في ذلك العظام الهشة والجلد المجعد والتئام الجروح ببطء والذاكرة الضعيفة والعلامات الأخرى للشيخوخة ناتجة عن عدم ترتيب للخلايا والجزيئات كما ينبغي ، يمكننا أن نتصور أن آلة نانوية ببرنامج صحيح تستطيع إعادة تنظيم تلك التركيبات بحيث نتمكن من إعادة الصحة إلى حالة الشباب والمحافظة عليها[1].

(١) تقنية النانو في إيصال الأدوية : عبد الرحمن أحمد زريق ، إشراف أ.د/ مفيد ياسين، المرجع السابق.

obeikandl.com

المبحث الرابع عشر

رؤية إستراتيجية لتفعيل دور النانو في الطب

لا يزال حال العالم العربي من بحوث تقنيات النانو، نفس حاله من البحوث في المجالات الأخرى إن لم يكن أسوأ .ولا يختلف اثنان في أن ثمة فجوة كبيرة لا تزال في اتساع بين المستوى التقني في عالمنا العربي،و بين دول العالم المتقدم صناعياً.ولعل من أقصر الطرق لتقليص هذه الفجوة بعد الجدية في العمل و صدق النية هو التعاون المثمر مع كل الدول التي سبقتنا في المضمار نحو الصالح الإنساني المشترك[1].

وما تزال الغالبية العظمى من تطبيقات تقنية النانو في طور الخيال العلمي أو التجريبي و بحاجة لجهود جبارة للدفع بها إلى العالم التطبيقي و تكمن أهم الصعوبات في:

١- التصنيع التجاري لمواد التقنية النانوية و العامل الاقتصادي.
٢- التوافق الحيوي و مدى فعالية المواد النانوية.
٣- قضايا اجتماعية مثل القبول العام و الأخلاقيات و القوانين و أمان الإنسان.

وبالرغم من التحديات التي تواجه مستقبل تقنية النانو في الطب ؛ إلاَّ أن تقنية النانو تعتبر مبشرة في تغيير مفهوم العلاج الطبي و العناية الصحية عن طريق:

١- طرق مبتكرة لتشخيص الأمراض و الوقاية منها.
٢- الاختيار العلاجي المناسب للعديد من الأمراض.
٣- تحرير الأدوية النوعي و علاج السرطان و العلاج الوراثي.

وعلى الرغم من أن تقنية النانو تعتبر و كأنها خيال علمي إلا أنها واعدة و ستشهد في السنوات القادمة العديد من الأطباء النانويين الذين يعالجون الأمراض و يكشفونها بشكل مباشر من خلال الدخول إلى الجسم البشري... و لعلهم يكونون بديلاً عن الأطباء الحاليين..!!

ولتشكيل رؤية إستراتيجية وطنية طويلة المدى ذات مراحل محدده تعتمد مبدأ التدرج لنقل وتوطين التقنيات متناهية الصغر، وتدريب العلماء و الباحثين و طلبة الدراسات العليا للقيام بمتطلباتها انطلاقاً من مبدأ التدرج و وضوح الرؤية. والتي يمكن تلخيصها في المراحل الأربعة التالية:

(١) صحيفة الاقتصادية الإلكترونية، العدد ٥٩٦٦ ،الأربعاء ٢٦ صفر ١٤٣١ هـ الموافق ١٠ فبراير ٢٠١٠م.

١ - **المرحلة التعاونية**: مع جميع المؤسسات التعليمية و البحثية و الصناعية العالمية في تقنيات النانو و اكتساب المهارات الأولية وتكوين الملاك التقني الفني القادر على التعامل معها من خلال عمليات مشاريع بحثية مشتركة .

٢ - **المرحلة الاستيعابية**: و من المفترض أن تكون أيضاً بالتعاون و الشراكات العلمية و التصنيعية مع الجامعات و المؤسسات البحثية و الشركات لكن على مستوى الندية بالاعتماد على القدرات المحلية التي تم تطويرها في المرحل السابقة .

٣- **المرحلة التطورية الذاتية**: والتي تعتمد سياسة المبادرات التقنية النانوية المحلية وتطوير التقنيات و المنتجات بمضارعة التقنيات و المنتجات العالمية وبما يتلاءم والاحتياجات المحلية بناء قدرات الملاك التقني المحلي والتي تم تدريبه وتهيئته لهذه المرحلة في المرحلتين السابقتين ، وهذا لا يعني أبداً الاستغناء عن القدرات العالمية بل على العكس تماماً إذ لابد من الاستفادة من القدرات العالمية المتميزة بشكل فردى(التعاقد الفردي)كلما دعت الحاجة إلى ذلك .

٤ - **المرحلة الإبداعية**: وهى نتاج طبيعي للمراحل السابقة حيث سينشأ جيل تقني ذاتي القدرة وافر الإمكانات و معزز بمنظومة معامل ومختبرات ومصانع تقنيات النانو إضافة إلى وجود تحديات تقنية محلية في حاجة ملحة إلى التطوير والتحسين مما يدفع عجلة الإبداع والابتكار التقني معتمداً في ذلك آلية الأبحاث والتطوير محلياً[1].

إنها مجرد محاولة لاستشراف المستقبل، قد لا يصح لاحقاً بعض جوانبها ، ولكن قد يحمل المستقبل من التحولات ما يتجاوز كل تقدم ؛ أَلَمْ يفعل المستقبل ذلك أكثر من مرة في الماضي ؟!!

(١) جريدة المدينة: نحو رؤيـة إستراتيجية لتفعيل تقنيات النانو بالمملكة العربية السعودية :سامي سعيد حبيب، مدير مركز التقنيات متناهية الصغر ، جامعة الملك عبد العزيز ، السبت ٢٣ / ٢ / ١٤٢٩ هـ.