JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)

ARTICLE
Vol.29; No.3. October-December | 2021

Nanotechnology and Its Applications in Disease Diagnosis, Drug Delivery, and Medical Imaging

Entidhar Jasim Khamees[1]

[1] Department of Physiology and medical physics, College of Medicine, University of Babylon intdher071@gmail.com

Corresponding author Email: intdher071@gmail.com.

Received: 1/11/2021 **Accepted:** 1/12/2021 **Published:** 1/12/2021

Abstract

Background
Nanotechnology is an exciting new field in science, with many possible applications in medicine. This article seeks to define the role of nanoparticles in medicine in terms of drug conduction, the applications of nanoscale and nanostructures are explained, as well as the classification of nanomaterials and methods of preparing nanoparticles in terms of applications of nanoparticles in drug delivery, and cancer. **Conclusion**: Also discussed the applications of various nanostructures in cancer treatment such as carbon nanotubes,

Key words:

nanotechnology, drug delivery, nanoscale assays, dendrites, nanocrystals, nanowires, quantum dots, etc.

Citation:
Entidhar Jasim Khamees[1]. Nanotechnology and Its Applications in Disease Diagnosis, Drug Delivery, and Medical Imaging . Journal of University of Babylon for Pure and applied science (**JUBPAS**). October-December, 2021. Vol.29; No.3: 196-206

JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)

ARTICLE
Vol.29; No.3. October-December | 2021

تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في تشخيص الأمراض، وتوصيل الأدوية، الطبي والتصوير

انتظار جاسم خميس[1]

[1]قسم الفسيولوجيا والفيزياء الطبية ، كلية الطب ، جامعة بابل intdher071@gmail.com

Corresponding author Email: intdher071@gmail.com.

Received: 1/11/2021 **Accepted:** 1/12/2021 **Published:** 1/12/2021

الخلاصة

تعد تقنية النانو مجالًا جديدًا مثيرًا في العلوم، مع العديد من التطبيقات الممكنة في الطب. تسعى هذه المقالة إلى تحديد دورتقنية النانو في الطب من ناحية التوصيل الدوائي.

هدف تم شرح تطبيقات المقياس النانوي والهياكل النانوية كذلك تم تصنيف المواد النانوية وطرق تحضير النانو من ناحية تطبيقات جسيمات النانو في توصيل الدواء، وبالأخص في علاج مرض السرطان.

الاستنتاجات والمناقشة: تم مناقشة أيضا تطبيقات النظم النانوية المختلفة في علاج السرطان مثل أنابيب نانو كربون، والمتشعبات، والبلورات النانوية، قذائف النانوية والأسلاك النانوية والنقاط الكمومية وما إلى ذلك.

الكلمات الدالة:

تكنولوجيا النانو، توصيل الادوية، مقايس النانوية، المتشعبات.

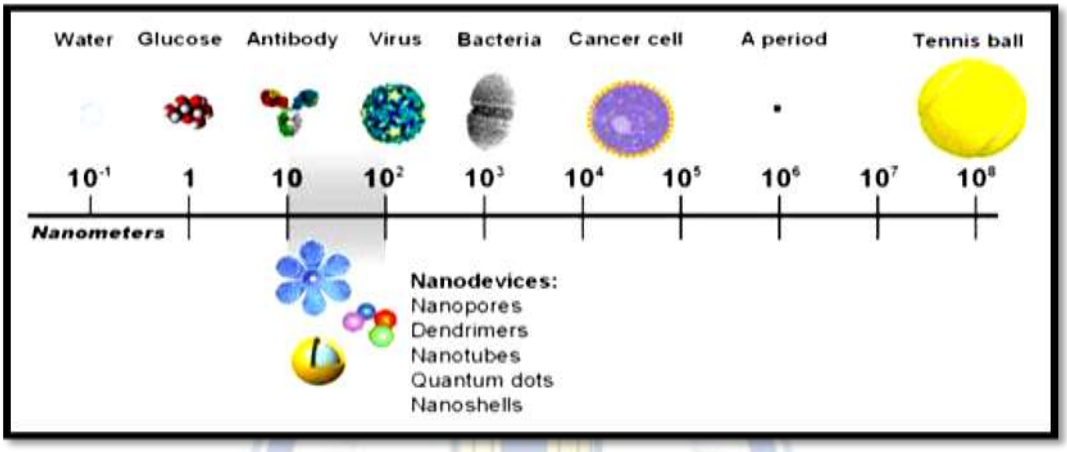
مقدمة

ان التقدم الحاصل في مجال تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في مجال الأدوية والمستحضرات الصيدلانية قد أحدث ثورة القرن العشرين. تقنية النانو هي دراسة البنية الصغيرة للغاية للمادة. كما يمكن تعريف تقنية النانو على أنها العلوم والهندسة المتضمنة في تصميم وتركيب وتوصيف وتطبيق المواد والأجهزة التي يكون تنظيمها الوظيفي الأصغر، في بُعد واحد على الأقل، على مقياس نانومتر أو واحد من المليار من المتر. البادئة "نانو" هي كلمة يونانية تعني "قزم" وتعني حجم صغير جدا أو مصغر جدا. تقنية النانو هي معالجة الذرات الفردية أو الجزيئات أو المركبات في هياكل لإنتاج مواد وأجهزة ذات خصائص خاصة. هناك استراتيجيتين مهمتين متبعتين في تصنيع المواد النانوية هي على النحو التالي تتضمن من الأعلى للأسفل ومن الاسفل للأعلى حيث تتركز عملية الانتاج من الأعلى الى الاسفل على تقليل حجم أي تقليل حجم البنى الكبيرة إلى أصغر بنية ممكنة مثل تطبيقات الفوتونات في الإلكترونيات النانوية وهندسة النانو، والتي تتضمن تغيير الذرات والجزيئات الفردية إلى بنيات نانوية , وتتناول تكنولوجيا النانو مواد يتراوح حجمها بين 1–100 نانومتر؛ ومع ذلك فمن الملازم أيضا أن هذه المواد يجب أن تظهر خصائص مختلفة مثل التوصيلة الكهربائية والتفاعلية الكيميائية والمغناطيسية والتأثيرات البصرية والقوة الفيزيائية. عن المواد

bulkالناتجة عن تصغير حجمها. تعمل تقنية النانو على المادة في أبعاد تتراوح بين (1–100 نانومتر)، وبالتالي يمكن استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات وإنشاء أنواع مختلفة من المواد النانوية والأجهزة النانوية تستخدم في مجال المواد الطبية.

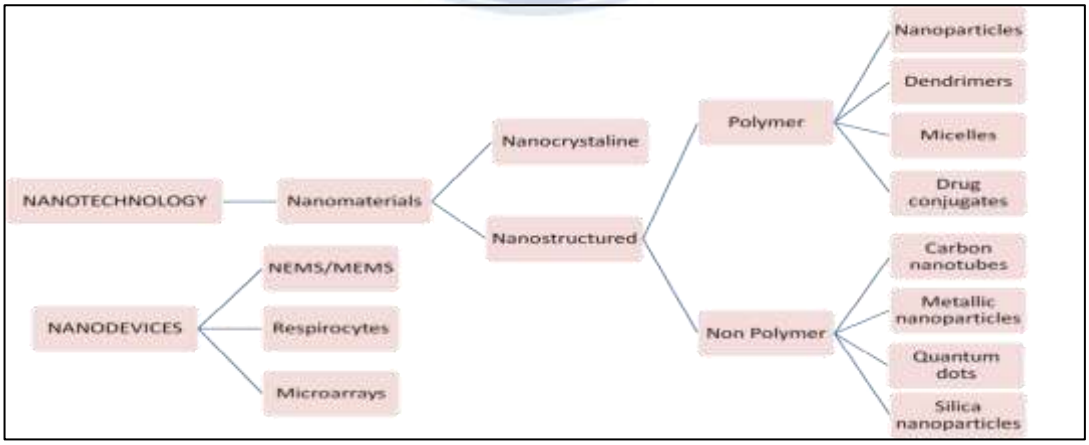
المقياس النانوي والهياكل النانوية (Nanoscale and Nanostructures)

المقياس النانوي هو الحيز الذي يتم فيه تحديد خصائص الأشياء الأكثر شيوعًا فوق مستوى الذرة. الأجسام بمقياس النانو لها بعد واحد على الأقل (الارتفاع والطول والعمق) الذي يتراوح بين (1–100 نانومتر) (الشكل 1).



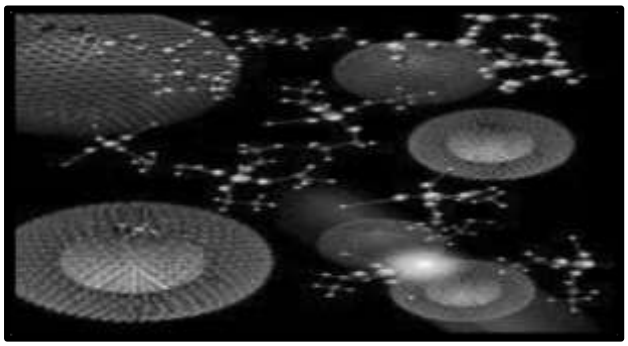
الشكل 1: المقياس النانوية والهياكل النانوية

لتفسير المختصر لنظام النانو الدوائي هو كما يلي: كما هو موضح في الرسم التخطيطي (الشكل 2)، تقنية النانو الدوائية تنقسم إلى نوعين أساسيين من الأدوات النانوية: المواد النانوية والأجهزة النانوية. ويمكن تصنيف هذه المواد الى المواد البلورية النانوية والمواد ذات البنية النانوية nanostructured materials حيث تتكون هذه من جسيمات نانوية , تشعبات(dendrimers) ,المذيلات (micelles), الاقتران الدوائي (drug conjugates) و وجسيمات نانوية معدنية، إلخ.



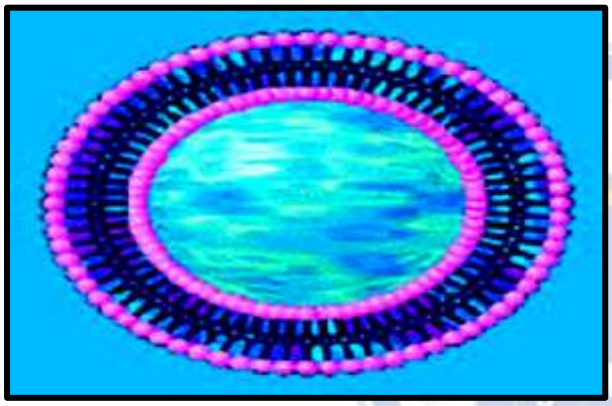
الشكل 2: رسم تخطيطي لأنواع مختلفة من أنظمة النانو الدوائية.

أنابيب النانو كربون: هي تراكيب نانوية أسطوانة الشكل، والمعروفة بمصطلح Buckytubs تستخدم في الطب الحيوي، وحجمها وشكلها لها خصائص فيزيائية فريدة. أنابيب النانو لديها بعض المزايا الخاصة في توصيل الأدوية الأخرى وأنظمة التشخيص بسبب خصائصها الفيزيائية الفريدة.



جسيمات نانوية معدنية: استخدمت جسيمات نانوية معدنية في توصيل الدواء، وخاصة في علاج السرطان وكذلك في أجهزة الاستشعار الحيوية. من هذه المعادن المختلفة، هي جزيئات الفضة والذهب النانوية هي من الدرجة الأولى ولها أهمية في الاستخدام الطبي الحيوي (الشكل 3).

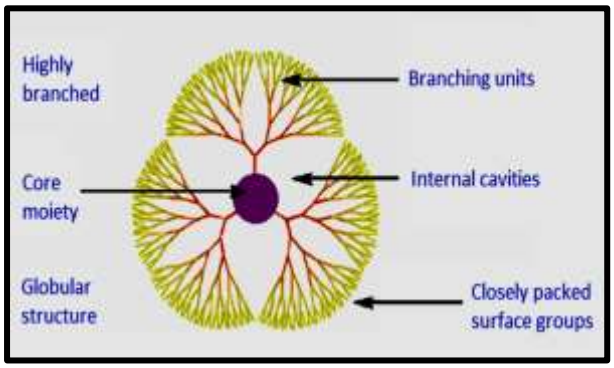
الشكل 3: الوظيفية السطحية لجسيمات نانو الذهب [2]



الجسيمات الشحمية: Liposome تم اكتشافها هذه على نطاق واسع وأكثر تطوير كناقلات نانوية لتوصيل الأدوية الجديدة والمستهدفة بسبب حجمها الصغير، الذي يتراوح من 50 إلى 200 نانومتر. تكون الجسيمات الشحمية في الغالب من دهون فوسفورية جافة، تتكون من حويصلات مغلقة كما في (الشكل 4). الجسيمات الشحمية متوافقة حيويا ومتعددة الاستعمالات وذات كفاءة جيدة ولها تطبيق واسع على المدى الطويل في الدورة الدموية والتوصيل السلبي والنشط للجينات والبروتين والببتيد.

الشكل 4: تركيب الجسيمات الشحمية [1]

تشعباتDendrimers : هي هياكل متشعبة للغاية تشبه الأشجار. تحتوي على ثلاثة مناطق على النحو التالي : الجزء الأساسي، والوحدات المتفرعة، وسطح معبأ كما في الشكل (5) له بنية كروية ذات تجاويف داخلية مسطحة حجمها أقل من 10 نانومتر. لها خصائص فيزيائية منها الاستطارة، والذوبان في الماء، وقدرتها على التغليف، تستخدم في بعض التطبيقات منها التوصيل الدواء, وفي توليد الجينات تضمن القدرة على توصيل قطع الحمض النووي إلى الأجزاء المطلوبة من الخلية, ومن تطبيقاتها تستخدم أيضا كأجهزة استشعار وكذلك بديل للدم (blood substitute أو الدم الاصطناعي) حيث يعرف على انه مادة تستخدم من أجل محاكاة وتقليد والقيام بوظائف الدم الحيوية, تستخدم أيضا المتشعبات كجسيمات نانوية حيث يتم إدخال أيونات المعادن إلى محلول متشعب مائي حيث يتم تصغير هذه المعادن الى احجام متناهية في الصغر ويتم تغليفها بواسطة التشعبات أي الاجسام المتغصنة وتسمى بالجسيمات النانوية المغلفة بالتشعب .



الشكل 5: تمثيل تخطيطي لتشعبات لنواة فروعها السطحية [3]

تصنيف المواد النانوية

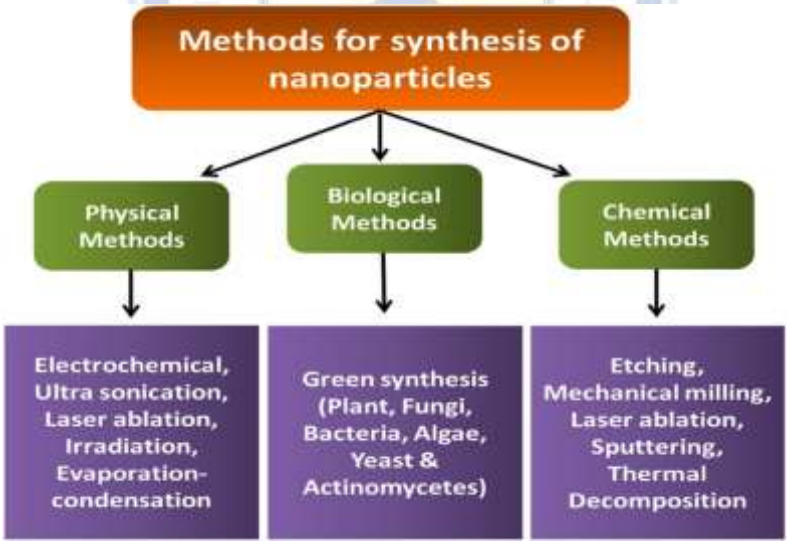
☒ يمكن تصنيف المواد النانوية من حيث الأبعاد إلى الفئات التالية:

مثلا

- **المواد النانوية ذات بعد واحد:** تشمل هذه الفئة جميع المواد التي يقل حجمها عن 100 نانومتر مثلا على المواد الرقائق والأغشية Thin Layers
- **المواد النانوية ثنائية الأبعاد:** يجب أن يكون المقياس ثنائي الأبعاد للجسيمات النانوية أصغر من 100 نانومتر في هذه الفئة من المواد النانوية تعتبر الأنابيب النانوية الكربونية والأسلاك النانوية، نماذج رئيسية لهذه الفئة من المواد.
- **المواد النانوية ثلاثية الأبعاد :**تشتمل المواد الثلاثية على كريات نانوية مثل الجسيمات النانوية ومساحيق المعادن ومواد السيراميك فائقة الدقة. أبعادها على المحاور الثلاثة X و Y و Z جميعها أقل من 100 نانومتر.

<u>طرق تحضير مواد النانو:</u>

غالبًا ما يتم تصنيع الجسيمات النانوية إما من أعلى إلى أسفل Top–down أو من الاسفل إلى الأعلى Bottom–up. يعتمد النهج من الأعلى إلى الأسفل على الطرق الميكانيكية لتقليل الحجم عن طريق تكسير المواد تدريجياً إلى هياكل نانوية، بينما يعتمد منهج Bottom–up على تجميع الذرات أو الجزيئات في البنية الجزيئية في نطاق المقياس النانوي [1].هنالك عدة طرق لتحضير جسيمات النانوية وهي طريقة الفيزيائية وطرق الكيميائية والطريقة البيولوجية كما موضح في الشكل (6).



شكل (6) الطرق المختلفة لتركيب الجسيمات النانوية المعدنية

ومعظم المصنعين يهتمون بالتحكم في:

1. حجم الجسيمات (particle size) فالحجم مهم عندما تتعامل مع المواد النانوية فمثلا السيليكون النانوي عندما يكون حجم الجزيئات 1 nm فإن السيليكون يشع أزرق بينما إذا كان حجم جزيئات السيليكون 3 nm فإنها تشع في المنطقة الحمراء وما بينها يشع أخضر على عكس المواد عندما تكون bulkفالحجم يكون غير مهم ولا تتغير خصائص المادة إذا اختلاف حجمها.
2. شكل الجسيمات (particle shape) فشكل الجسيمات (سداسي – كروي – ثلاثي ....) مهم جدا في المواد النانوية فعندما تتغير شكل الجسيمة تتغير معها خصائص المادة.
3. توزيع الجسيمات(size distribution) : فهو مهم جدا في تحديد خواص المواد هل التوزع منتظم أم غير منتظم أو هل هي مستقرة أم غير مستقرة.
4. تركيب الجسيمات (particle composition) .
5. درجة تجمع الجسيمات (degree of particle agglomeration).

تطبيقات النانو في الطب

يعتبر الطب النانوي مجالًا جديدًا نسبيًا من العلوم والتكنولوجيا. من خلال التفاعل مع الجزيئات البيولوجية ضمن نطاق النانو، تعمل تقنية النانو على توسيع مجال البحث والتطبيق. يمكن فهم تفاعلات الأجهزة النانوية مع الجزيئات الحيوية في كل من الوسط خارج الخلية وداخل الخلايا البشرية. تسمح العملية ضمن نطاق النانو باستغلال الخصائص الفيزيائية المختلفة عن تلك التي لوحظت على نطاق صغير مثل نسبة الحجم / السطح. وتشمل هذه التطبيقات الملصقات البيولوجية الفلورية، وإيصال الأدوية والجينات، والكشف الحيوي عن مسببات الأمراض، والكشف عن البروتين، وفحص بنية الحمض النووي، وهندسة الأنسجة، وكشف الورم، وفصل وتنقية الجزيئات والخلايا البيولوجية،

1-<u>توصيل الدواء :</u>

في تقنية النانو، تُستخدم جسيمات النانو لتوصيل الأدوية الخاصة في هذه التقنية، يتم استخدام جرعة الدواء المطلوبة وتقليل الآثار الجانبية بشكل كبير حيث يتم ترسيب العامل النشط في المنطقة المرضية فقط وباختصار يوصى بشدة استخدام هذه الطريقة حيث يمكن أن يقلل من التكاليف والألم للمرضى. وهكذا فإن مجموعة متنوعة من جسيمات النانو مثلالتشعبات والمواد النانوية المسامية التي تستخدم هذا التطبيق. كما يوصى باستخدام الايونات الغروية التي تم الحصول عليها من البوليمرات المشتركة التكتلية لتغليف الأدوية حيث ينقلون جزيئات الدواء الصغيرة إلى الموقع المطلوب. كذلك استخدام الأنظمة الكهرو ميكانيكية النانوية لتحرير الدواء الفعال. حيث وجد ان لجزيئات الحديد النانوية أو جسيمات الذهب النانوية تطبيقات مهمة في علاج السرطان. تقلل هذه الطريقة من استهلاك الدواء ونفقات العلاج، مما يجعل علاج المرضى فعالا من حيث التكلفة. تتكون الأدوية النانوية المستخدمة في توصيل الدواء من جسيمات أو جزيئات ضمن مقاييس النانو والتي يمكن أن تحسن من التوافر الحيوي للدواء. ولتحقيق أقصى قدر من التوافر البيولوجي في أماكن محددة من الجسم وعلى مدى فترة من الزمن، يتم الاستهداف الجزيئي بواسطة أجهزة هندسية نانوية مثل الروبوتات النانوية[2]. يمكن تحسين الخصائص الدوائية والعلاجية

للعقاقير عن طريق التصميم السليم لنظم إيصال العقاقير، وذلك باستخدام الجسيمات النانوية القائمة على الدهون والبوليمرات[3].

يعطي الجدول 1 معلومات مفصلة حول الدراسات المختلفة التي أجريت حول تطبيقات الأدوية النانوية في توصيل الدواء.

المؤلف الأول ، العام	مادة نانوية	الخصائص	التطبيقات	المصدر
Serp et al, 2003	Nanoparticles with a diameter of 50 to 100 nanometers	Move more easily into tumors.	Oncology treatment	[4]
SERJAY SIM and NYET KUI WONG 2021,	Polymers	High precision.	Drug-carrying devices made of nanobiological materials.	[5]
Ghosh et al, 2003	Nanocapsules	Increased localized drug retention.	Release of drugs under strict control.	[6]
Christopher Loo ,AL 2004	Metal nanoshells	Nanoshells possess highly favorable optical and chemical properties for biomedical imaging and therapeutic applications	the use of absorbing nanoshells in NIR thermal therapy of tumors	[7]
Giuseppe Prencipe, al,2009	Perfluorocarbon	carbon nanotube suspensions that are exceedingly stable	Imaging of angiogenesis, cancer metastases and blood clots.	[8]
Vimbela al. 2017	Metal nanomaterials	magneto-optical response characteristics and antibacterial property		[9]
Fakhara Sabir , al, 2021	carbon nanotubes		Nanodiagnosis and Nanotreatment of Cardiovascular Diseases	[10]

تتضمن تقنية النانو في الطب تطبيقات للجسيمات النانوية قيد التطوير حاليًا، بالإضافة إلى أبحاث ذات نطاقات أطول تتضمن استخدام الروبوتات النانوية المصنعة لإجراء إصلاحات على المستوى الخلوي (يشار إليها أحيانًا باسم طب النانو).

2- تقنية النانو في التصوير والتشخيص:

يعد تشخيص المرض من أهم الخطوات في عملية الرعاية الصحية. التصوير في الجسم الحي هو تقنية غير جراحية تحدد العلامات أو الأعراض داخل الأنسجة الحية للمريض، دون الحاجة إلى الخضوع لعملية جراحية [11]. يمكن تحديد توزيع الدواء والتمثيل الغذائي له من خلال تتبع الحركة. حيث يتم صبغ الخلايا من قبل العلماء لتتبع حركتها في جميع أنحاء الجسم. تتوهج هذه الأصباغ بواسطة ضوء ذي طول موجي معين. تم استخدام علامات الانارة لصبغ أعداد مختلفة من الخلايا. هذه العلامات هي نقاط كمومية مرتبطة بالبروتينات التي تخترق أغشية الخلايا. نتيجة لذلك، يتم تحديد الأحجام بحيث يتألق تردد الضوء المستخدم في تكوين مجموعة من النقاط الكمومية، ويستخدم في جعل مجموعة أخرى متوهجة. وبالتالي يمكن إضاءة كلا المجموعتين بمصدر ضوء واحد.

يعطي الجدول 2 معلومات مفصلة حول الدراسات المختلفة التي أجريت على الجسيمات النانوية المستخدمة كعوامل تباين في المجال الطبي الحيوي.

الجسيمات النانوية	تطبيقات	المصادر
الكربون المشبع	تصوير تكوين الأوعية الدموية ، النقائل السرطانية والجلطات الدموية.	[8]
جسيمات أكسيد الحديد النانوية	كعوامل تباين في التصوير بالرنين المغناطيسي.	[12]
الفوليرين	يستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي لتعزيز التباين.	[13]
النقاط الكمومية	التصوير الخلوي المحدد.	[14]
جسيمات السيليكون	مغلفة بطبقات موصلة لتعزيز التصوير بالرنين المغناطيسي.	[15]
جسيمات الذهب	الموجات فوق الصوتية. الأشعة السينية / الأشعة المقطعية.	[17][16]

3-تقنية النانو وعلاج السرطان

نظرا لصغر حجم الجسيمات النانوية يمكن أن تكون ذات فائدة كبيرة في علم الأورام، وخاصة في التصوير. ويمكن استخدام جسيمات النانو، مثل النقاط الكمومية، مع خصائص الحبس الكمومي، مثل انبعاث الضوء الذي يمكن ضبط حجمه، بالاقتران مع التصوير بالرنين المغناطيسي، لإنتاج صور استثنائية من مواقع الأورام يمكن استخدامها بالتزامن مع التصوير بالرنين المغناطيسي، لإنتاج صور استثنائية لمواقع الأورام. وبالمقارنة مع الأصباغ العضوية، فإن الجسيمات النانوية أكثر سطوعًا وتحتاج إلى مصدر ضوء واحد للإثارة. وبالتالي فإن استخدام النقاط الكمومية الفلورية يمكن أن ينتج صورة تباين أعلى وبتكلفة أقل من الأصباغ العضوية المستخدمة

كوسائل تباين. لكن النقاط الكمومية عادة ما تكون مصنوعة من عناصر سامة جدا. تمتلك جسيمات النانو خاصية خاصة لنسبة مساحة السطح إلى الحجم، والتي تسمح لمجموعات وظيفية مختلفة بالارتباط بالجسيمات النانوية وبالتالي الارتباط بخلايا ورم معينة. وعلاوة على ذلك، فإن الحجم الصغير للجسيمات النانوية من 1 إلى 100 نانومتر يسمح لها بالتراكم بشكل تفضيلي في مواقع الأورام حيث تفتقر الأورام إلى نظام الصرف الليمفاوي الفعال. يمكن تصنيع جسيمات نانوية متعددة الوظائف تكشف وتصور، ثم تعالج الورم في علاج السرطان في المستقبل. وتستخدم أسلاك النانو لإعداد رقائق اختبار أجهزة الاستشعار، التي يمكن أن تكشف عن البروتينات والمؤشرات الحيوية الأخرى التي تخلفها الخلايا السرطانية، وتكشف السرطان وتجعل تشخيصه ممكنا في المراحل المبكرة من قطرة واحدة من دم المريض[18] يعتمد توصيل الدواء بتقنية النانو على ثلاث حقائق:

1. تغليف فعال للأدوية.
2. التسليم الناجح للأدوية المذكورة إلى المنطقة المستهدفة من الجسم.
3. الإطلاق الناجح لهذا الدواء.

واستخدمت قشرة النانوية Nanoshell قطرها 120 نانومترا، مطلية بالذهب لقتل أورام السرطان في الفئران بواسطة الأستاذة جنيفر في جامعة رايس. تستهدف قشرة النانو هذه للارتباط بالخلايا السرطانية عن طريق الأجسام المضادة أو الببتيدات المترافقة مع سطح القشرة النانوية. مساحة الورم تشعع بالليزر تحت الأحمر الذي يسخن الذهب ويقتل الخلايا السرطانية[7][19].

يتم استخدام جزيئات الكادميوم Selenide Nano في شكل النقاط الكمومية في الكشف عن أورام السرطان لأنه عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية، ستتوهج هذه الجزيئات. يقوم الجراح بحقن هذه النقاط الكمومية quantum dots في أورام السرطان ويمكن أن نرى الورم المتوهج، وبالتالي يمكن بسهولة إزالة الورم[20].

استخدم جسيمات النانو في العلاج الديناميكي للسرطان، حيث يتم إدراج الجسيم داخل الورم في الجسم وهو مضاءة مع ضوء الصورة من الخارج تمتص الجسيمات الضوء وإذا كان من المعدن، فسيتم تسخينه بسبب الطاقة من الضوء. يتم إنتاج جزيئات الأوكسجين عالية الطاقة بسبب الضوء الذي تتفاعل كيميائيا وتدمير خلية الأورام، دون الرد مع خلايا الجسم الأخرى.[21].

فيما يلي ملخص لتطبيقات النظم النانوية المختلفة في علاج السرطان:

- **أنابيب نانو كربونيةCarbon nanotubes:** قطرها 0.5-3 نانومتر وطولها 20-1000 نانومتر، تستخدم للكشف عن طفرة الحمض النووي واكتشاف البروتين الحيوي المرض[22].
- **Dendrimers:** التي يقل حجمها عن 10 نانومتر مفيدة في إطلاق الدواء المراقب، وكعوامل تباين الصورة.[23]
- **البلورات النانويةNano crystals** ، بحجم 2-9.5 نانومتر تسبب تحسين تركيبة الأدوية ضعيفة الذوبان ووضع علامات لعلامة سرطان الثدي HeR2 على سطح الخلايا السرطانية.[24]
- **جسيمات النانو Nanoparticles** بحجم 1-100 نانومتر وتستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي وعوامل تباين الصور بالموجات فوق الصوتية ولتوصيل الدواء المستهدف كمحفزات للتخلل وكمراسلات لموت الخلايا، وتوليد الأوعية الدموية[25].

- **قذائف النانوية Nanoshells** : تستخدم في التصوير الخاص بالورم، والاستئصال الحراري للأنسجة العميقة.
- **الأسلاك النانوية Nanowires**: مفيدة للكشف عن المؤشرات الحيوية للبروتين المرضي، وكشف طفرة الحمض النووي وكشف التغيير الجيني.
- **النقاط الكمومية Quantum dots** : يمكن أن تساعد بحجم 2–9.5 نانومتر، في الكشف البصري عن الجينات والبروتينات في النماذج الحيوانية وفحوصات الخلايا، وتصوير الورم والعقدة الليمفاوية.

الاستنتاجات

وهكذا، استنتج أن، تكنولوجيا النانو أو تصنيع الأنظمة والأجهزة على المستوى الجزيئي، هو مجال علمي متعدد التخصصات يخضع لتطوير سريع. يمكن تتبع نشأة تكنولوجيا النانو إلى التقدم الثوري عبر الطب والاتصالات لذلك زادت المواد النانوية من مساحة السطح وتأثيرات مقياس النانو، وبالتالي تستخدم كأداة لتقدم الأدوية، التصوير الطبي الحيوي وأجهزة الاستشعار البيولوجية التشخيصية. تتميز المواد النانوية بخصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية فريدة مقارنة بنظائرها الأكبر. يمكن لخصائص المواد النانوية أن تؤثر بشكل كبير على تفاعلاتها مع الجزيئات والخلايا الحيوية، وذلك بسبب حجمها وشكلها وتركيبها الكيميائي وبنيتها السطحية وشحنتها وقابلية ذوبانها وتكتلها. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام جسيمات النانو لإنتاج صور استثنائية لمواقع الأورام؛ وقد تم استخدام الأنابيب النانوية الكربونية أحادية الجدار كناقلات توصيل عالية الكفاءة للجزيئات الحيوية إلى الخلايا. وهناك مستقبل مشرق جدا لتكنولوجيا النانو، بدمجها مع التكنولوجيات الأخرى.

Conflict of interests.

There are non-conflicts of interest.

References.

[1] P. Khandel, R. K. Yadaw, D. K. Soni, L. Kanwar, and S. K. Shahi, Biogenesis of metal nanoparticles and their pharmacological applications: present status and application prospects, vol. 8, no. 3. Springer Berlin Heidelberg, 2018.

[2] A. Cavalcanti, B. Shirinzadeh, M. Zhang, and L. C. Kretly, “Nanorobot hardware architecture for medical defense,” Sensors, vol. 8, no. 5, pp. 2932–2958, 2008, doi: 10.3390/s8052932.

[3] T. M. Allen and P. R. Cullis, “27. QikProp, v,” 38. M. S. Lesn. Today’s Chem. Work, vol. 16, no. 2001, p. 2994, 2002, [Online]. Available: http://science.sciencemag.org/.

[4] C. M. and K. P. C. nanotubes and nano‐ Serp P and 2003. fibers in catalysis. Appl Catal 253: 337‐358, “Carbon Nanotubes and Nanofibers in Catalysis,” Appl. Catal. A, vol. 253, no. 2, pp. 337–358.

[5] S. Sim and N. K. Wong, “Nanotechnology and its use in imaging and drug delivery (Review),” Biomed. Reports, vol. 14, no. 5, 2021, doi: 10.3892/br.2021.1418.

[6] K. Toosi, “基因的改变NIH Public Access,” Bone, vol. 23, no. 1, pp. 1–7, 2014, doi: 10.1016/j.nano.2010.08.002.Curcumin.

[7] C. Loo et al., “Nanoshell-Enabled Photonics-Based Imaging and Therapy of Cancer,” Technol. Cancer Res. Treat., vol. 3, no. 1, pp. 33–40, 2004, doi: 10.1177/153303460400300104.

[8] G. Prencipe et al., “NIH Public Access,” vol. 131, no. 13, pp. 4783–4787, 2010, doi:

10.1021/ja809086q.PEG.
[9] G. V. Vimbela, S. M. Ngo, C. Fraze, L. Yang, and D. A. Stout, "Antibacterial properties and toxicity from metallic nanomaterials," Int. J. Nanomedicine, vol. 12, pp. 3941–3965, 2017, doi: 10.2147/IJN.S134526.
[10] F. Sabir et al., "Nanodiagnosis and nanotreatment of cardiovascular diseases: An overview," Chemosensors, vol. 9, no. 4, 2021, doi: 10.3390/chemosensors9040067.
[11] C. Medina, M. J. Santos-Martinez, A. Radomski, O. I. Corrigan, and M. W. Radomski, "Nanoparticles: Pharmacological and toxicological significance," Br. J. Pharmacol., vol. 150, no. 5, pp. 552–558, 2007, doi: 10.1038/sj.bjp.0707130.
[12] I. Fernández-Barahona, M. Muñoz-Hernando, J. Ruiz-Cabello, F. Herranz, and J. Pellico, "Iron oxide nanoparticles: An alternative for positive contrast in magnetic resonance imaging," Inorganics, vol. 8, no. 4, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/inorganics8040028.
[13] E. A. Waters and S. A. Wickline, "Contrast agents for MRI," Basic Res. Cardiol., vol. 103, no. 2, pp. 114–121, 2008, doi: 10.1007/s00395-008-0711-6.
[14] A. Polotsky, "基因的改变NIH Public Access," Bone, vol. 23, no. 1, pp. 1–7, 2008, doi: 10.1016/j.addr.2008.03.015.Bioconjugated.
[15] P. Wunderbaldinger, L. Josephson, C. Bremer, A. Moore, and R. Weissleder, "Detection of lymph node metastases by contrast-enhanced MRI in an experimental model," Magn. Reson. Med., vol. 47, no. 2, pp. 292–297, 2002, doi: 10.1002/mrm.10068.
[16] L. A. Dykman and N. G. Khlebtsov, "Gold Nanoparticles in Biology and Medicine: Recent Advances and Prospects," in Acta Naturae, vol. 3, no. 2, 2011, pp. 34–55.
[17] X. Nie, Libo; Liu, Fuhua; Ma, Peng; Xiao, "Applications of Gold Nanoparticles in Optical Biosensors," J. Biomed. Nanotechnol., vol. 10, no. 10, pp. 2700–2721, 2014.
[18] G. Zheng, F. Patolsky, Y. Cui, W. U. Wang, and C. M. Lieber, "Multiplexed electrical detection of cancer markers with nanowire sensor arrays," Nat. Biotechnol., vol. 23, no. 10, pp. 1294–1301, 2005, doi: 10.1038/nbt1138.
[19] E. J. K. Al-Taee and H. R. Humud, "The effects of photodynamic therapy using green laser and glutathione-capped-gold nanoparticles on cancer cells (MCF-7 cell line)," Indian J. Public Heal. Res. Dev., vol. 10, no. 8, pp. 2378–2383, 2019, doi: 10.5958/0976-5506.2019.02220.4.
[20] V. Biju, T. Itoh, A. Anas, A. Sujith, and M. Ishikawa, "Semiconductor quantum dots and metal nanoparticles: Syntheses, optical properties, and biological applications," Anal. Bioanal. Chem., vol. 391, no. 7, pp. 2469–2495, 2008, doi: 10.1007/s00216-008-2185-7.
[21] S. Sortino, "Light-Responsive Nanostructured Systems for Applications in Nanomedicine," vol. 370, pp. 169–202, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-22942-3.
[22] V. Georgakilas, D. Gournis, V. Tzitzios, L. Pasquato, D. M. Guldi, and M. Prato, "Decorating carbon nanotubes with metal or semiconductor nanoparticles," J. Mater. Chem., vol. 17, no. 26, pp. 2679–2694, 2007, doi: 10.1039/b700857k.
[23] T. Garg, O. Singh, S. Arora, and R. S. R. Murthy, "Dendrimer- a novel scaffold for drug delivery," Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res., vol. 7, no. 2, pp. 211–220, 2011.
[24] A. D. Gupta, "A Review on Recent Advancement of Cancer Therapy using Nanoparticles," Biochem. Mol. Biol. Lett., vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2017.
[25] T. M. A. Niveditha, "Applications of nanomedicine- Overview," Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Technol. ISSN2454-132X, vol. 5, no. 1, pp. 336–338, 2019.