وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

الآفاق المستقبلية لاستخدام المواد النانوية في الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كورونا المستجد COVID-19

د.محمد هاشم البشير محمد[1]
قسم الفيزياء، جامعة وادي النيل، السودان
m.hashim8888@gmail.com

Abstract

Humanity looks forward to the vaccine that combats the emerging corona virus (COVID-19), and companies producing medical equipment are racing to produce materials that achieve protection against that new corona virus, which first appeared in Wuhan, China, on December 31, 2019. Scientific efforts are now focused on stemming the spread of the virus and reducing the risk of an increased threat from the COVID-19 virus through the use of sterilizers and social separation. But humankind needs other elements to stop the spread of this disease, so companies and research centers are racing to provide products that help fight the COVID-19 virus. This paper aims to shed light on the various nanotechnology products used to combat COVID-19 and their effectiveness in combating this pandemic, by retraining research aimed at producing nanomaterials that contribute to combating the virus. COVID-19. This paper is a narrative study and review conducted through research on the sites of companies producing medical materials based on nanotechnology and the inventory and inventory of nanomaterials used in the prevention, diagnosis and treatment of Corona virus COVID-19. SK COVID-19 The paper outlines the types of medical materials and equipment based on nanomaterials that are used to prevent COVID-19, such as masks, gloves, and disinfectants. The paper also demonstrated the contribution of nanotechnology to expediting the early diagnosis process and increasing the accuracy of diagnosis, using silica-coated nanoparticles that will enable us to perform 40,000 tests per day. The study also showed the future nanotechnology-based vaccines, which are seven in the clinical testing phase that are expected to combat the COVID-19 virus. This research shows that many nanotechnology products are used in the prevention, diagnosis and treatment of coronavirus, and the results showed that the nanomaterials used have shown high effectiveness in combating the COVID-19 virus.

[1]Future Prospects for the Use of Nanomaterials in the Prevention, Diagnosis and Treatment of the Emerging COVID-19 Virus
Dr. Mohammed Hashim Albashir\Department of Physics, Nile Valley University

المستخلص

تَتطلع البشيريّة إلى اللقاح الذي يُكافح فيروس كورونا المستجد COVID-19، وتتسابق الشركات المنتجة للأدوات الطبيّة إلى انتاج مواد تحقق الوقاية من ذلك الفيروس التاجي الجديد الذي ظهر لأول مرة في ووهان، الصين، في 31 ديسمبر 2019م. تتركز الجهود المبذولة علميًا الآن لوقف انتشار الفيروس والتقليل من خطر التّهديد المتزايد من فيروس فيروسCOVID-19 عبر استخدام المعقّمات والتباعد الاجتماعيّ.لكن تحتاج البشريّة إلى عناصر أخرى لوقف انتشار هذا المرض لذلك تتسابق الشركات ومراكز البحوث لتوفير منتجات تسهم في مكافحة فيروسCOVID-19.تَهدُف هذه الورقة إلى تسليط الضوء على منتجات تقنية النانو المختلفة التي تستخدم لمكافحة COVID-19 ومدى فعاليتها في مكافحة هذه الجائحة، وذلك عبرتقفي البحوث التي تَهدُف إلى انتاج مواد نانويّة تساهم في مكافحة فيروسCOVID-19.إنَّهذه الورقة عبارة عن دراسة ومراجعة سردية تمّت من خلال البحث على مواقع الشركات المنتجة للمواد الطبية المستندة على تقنية النانو واحصاء وحصر المواد النانوية المستخدمة في الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كورونا COVID-19 كما تعطي الورقة تصورًا لما يمكن أنْ تقدمه تقنية النانو في مكافحة فيروس كورونا COVID-19. بيّنت الورقة أنواع المواد والمعدات الطبيّة المستندة علىمواد نانويّة والتي تُستخدم في الوقاية من فيروس COVID-19 مثل الأقنعة والقفازات والمطهرات. كما بينت الورقة مساهمة تقنية النانو في تعجيل عملية التشخيص المُبكرّ وزيادة دقة التشخيص وذلك باستخدام جسيمات الحديد النانويّة المغلفة بالسيليكا التي ستمكننا من اجراء 40000 اختبار يوميًا.كما بينت الدراسة اللقاحات المستقبيلة المستندة إلى تقنية النانو وهي سبعة لقاحات في مرحلة الاختبار السريري و التي يتوقع أن تكافح فيروس COVID-19.تبيّن من هذا البحث أنَّ منتجات تقنية النانو عديدة وكثيرة وتستخدم في الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كرورنا وبينت النتائج أنَّ المواد النانوية المستخدمة أظهرت فعالية عالية في مكافحة فيروس COVID-19.

الكلمات المفتاحية: فيروس كورونا COVID-19، مواد نانوية، طب النانو، لقاح.

مقدمة

تقنية النانو هي حقلُ العلومِ التطبيقيةِ المتخصصُ بدراسة المـواد في المقياس بين 1-100 نانومتر، والتحكم فيها. إنّ التطور السريع لتقنية وعلوم النانو أدى إلى تقدم وتطور تقنيات أخرى خصوصًا المجال الطبيّ. هذا التطور والتقدم كان نتاج استخدام موادنانويّة مبتكرة، لها خصائص متميزة، نتيجة التحكم في حجم وترتيب الجسيمات المكونة لها (الاسكندراني،2010).

إنَّ التقدم الهائل الذي حدث في تقنية النانو حفّز الأمم المتحدة إلى الاهتمام بها، ورصد خطة للاستفادة من تطبيقاتها في المجالات المختلفة؛ فتقنية النانو تمكِّن من امتلاك الإمكانية لزيادة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

كفاءة التشخيص والعلاج(صالح،2015)، وتساعد في تنظيف البيئة والمحافظة عليها، وتحل العديد من المشاكل الصحيّة. كما أنّ تقنية النانو قادرة على تطوير القدرة على التشخيص والتصوير الطبي وبتكاليف منخفضة جدًا(سلامة،2009).

يُؤرَّخ لميلاد تقنية النانو بمحاضرة بعنوان (هنالك الكثير من الغرف في القاع) التي تحدث فيها العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان الى الجمعية الفيزيائية الأمريكية ففي عام 1959م عن أنَّ المادة عند مستويات النانو سيكون لها خواص مختلفة عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس (عبد القادر،2009)

إنَّ كلمة" نانو " مشتقة من الكلمة يونانية تعني "قزم". وواحد النانومتر هو حجم صغير جدًا يساوي جزء من مليار جزء من المتر الواحد (الاسكندراني،2010)، وفي الواقع هو نفس حجم كرة زجاجية صغيرة مقارنة بجسم بحجم الكرة الأرضية. وكذلك فان نانومتر واحد يساوي فقط عشر ذرات هيدروجين مرصوفة بجانب بعضها البعض طوليًا، و يعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم الماكرو(صالح،2015).

على الرغم من النطاق الصغير والدقيق من المادة الذي تعمل به تقنية النانو إلا أنَّ هذه التقنية أثبتت أنَّ لديها الكثير من القدرات في مجالات العلوم المختلفة. حيث استخدمت المواد النانوية في مجلات طبيّة متعددة في التشخيص والعلاج و الجراحةوطب الأسنان وأبحاث الخلايا العصبية، كما استخدمت في توصيل الدواء والكشف والتصوير الطبي وفي كل هذه المجالات كان أداء تقنية النانو مفيدًا جدًا للطب الحديث (Abou Neel,et al ,2015).

أثبتت المواد النانوية أيضًا فعالية كبيرة جدًا في مكافحة الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض و أثبتت فعالية في الكشف عن الفيروسات ومكافحتها. رغم ذلك هنالك مخاوف من مدى تأثيرها السلبي على جسم الانسان ومن المهم تقييم مدى أمان استخدامها على المدى الطويل(Amirjani,et al,2016).رغم هذه المخاوف تطورت واتسع استخدام المواد النانوية في الطب حتىالنسبة الكلية لمبيعات المواد الطبية المنتجة بواسطة تكنولوجيا النانو بلغت نحو 15% من اجمالي المبيعات الكلية للمواد والاجهزة النانوية (Zdrojewicz,et al,2015).

إن استخدام المواد النانوية في مجال الطب من أبرز المجالات البحثية التي تنال اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين، وذلك لأن تقنية النانو تسببت في تطورات جديدة في مختلف فروع العلوم. وقد أصبح الطب النانوي أحد أفرع الطب الحديث في السنوات الأخيرة وهو مجال يعنى بدراسة أثر الأبحاث المستندة على تقنية النانو النانو في مستقبل العلوم الطبية.

الغرض من هذه الورقة هو عرض قدرات وآفاق تقنية النانو في مجال الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كورونا كوفيد -19 وهي دراسة ومراجعة سردية تهدف إلى حصر المواد النانوية المستخدمة في الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كورونا كوفيد -19 كما تعطي الورقة تصوراً لما يمكن ان تقدمه تقنية النانو في مكافحة فيروس كورونا كوفيد -19.

مشكلة البحث

إنَّ استخدام تقنية النانو في الوقاية و تشخيص وعلاج COVID-19 يتطلب فهم دقيق لهذا الفيروس حتى يتمكن الباحثون من تحديد الهدف من المادة النانويّة التي يتم اعدادها. ولأنَّه لا يوجد الكثير من الباحثين الذين يعملون على الجسيمات النانوية التي يمكن أن تكافح الفيروسات (Kettley, Sebastian,2020) فنحن بحاجة إلى رصد وتجميع المواد النانوية التي يمكن أن تكفاح فيروس COVID-19لأن ذلك سيفح الباب لدراسات جديدة لانتاج مواد نانوية بمواصفات دقيقة تحقق الهدف المبتغى منها في مكافحة هذه الجائحة.

أهداف البحث

1. التعريف بمساهمة تقنية النانو في الورقاية والتشخيص والعلاج من فيروس COVID-19.
2. بيان الشركات المنتجة للمواد النانوية المستخدمة في مكافحة فيروس COVID-19.
3. توضيح آلية عمل لقاحات COVID-19. المتوقعة والمنتجة عبر مواد مستندة إلى تقنية النانو.
4. تسليط الضوء على الجسمات النانوية التي تستخدم في مجال تشخيص الاصابة بفيروس COVID-19

طريقة البحث

هذه الدراسة عبارة عن مراجعة سردية تمت بالرجوع إلى مواقع الشركات المنتجة للمواد الطبية المستندة على تقنية النانو ومواقع الاحصاء للمنتاجات النانوية وتم حصر المواد النانوية المستخدمة في الوقاية والتشخيص والعلاج من فيروس كورونا COVID-19 كما تم الرجوع إلى دراسات تم فيها استخدام المواد النانوية في مكافحة الفيروسات.

تعريف المواد النانوية وتصنيفها

تعريف المواد النانوية

تعرف مواد النانو بأنّها المواد التي لها بعدٌ واحدٌ على الأقل في سلم (النانومتر) أقل من (100nm) وتتراوح أبعاد مواد النانو بين عشرة ومائة نانو متر. ($1nm = 10^{-3}\mu = 10^{-9}m$). ومن الخواص الهامة للمواد المتناهية في الصغر أنَّ نسبة سطح المواد على حجمها أكبر من هذه النسبة في المواد العادية(الاسكندراني،2010) تصنف المواد النانوية إلى عدة أنواع كما يلي:

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

تصنيف المواد النانوية

أ. المواد النانوية أُحادية الأبعاد:

تشمل هذه الفئة جميع المواد التي يقل أحد مقاييس أبعادها عن 100 نانومتر. وسميت هذه الفئة بالمواد النانوية أحادية الأبعاد (أي التي لها بعد نانويّ واحد فقط) ومن أمثلة هذه المواد الرقائق أو الأغشية الرقيقةThin Layersو المواد النانويّة الموظفة في أعمال طلاء الأسطح Surface Nano coating التي تستخدم في طلاء أسطح المنتجات الفلزيّة بغرض حمايتها من التآكل والصدأ أو لمنع نمو البكتيريا عليها. أو الأفلام رقيقة السمك Thin Films المستخدمة في الوقاية من التلوث والتلف ومكافحة البكتريا(صالح،2015).

ب. المواد النانوية ثنائية الأبعاد:

يشترط في مجموعة هذه الفئة من المواد النانوية أن يقل مقياس بعدين من أبعادها عن 100 نانومتر. مثل الأنابيب أو الاسطوانات (Nanotubes)وأنابيب الكاربون النانوية والألياف النانوية والأسلاك النانوية (Nanowires) تمثّلنماذج مهمة لتلك الفئة من المواد (Asaka,et al,2006).

ت. المواد النانوية ثلاثية الأبعاد:

تمثّل الكريات نانوية الأبعادSpheres مِثل الحبيبات النانوية و مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة، أمثلة لهذه الفئة من المواد.وتقل في مقاييس أبعادها على المحاور الثلاثة X,Y, Z عن مائة نانوميتر. ومن الجدير بالذكر أنَّ هذه الفئة من المواد سواء أكانت على هيئة حبيبات أمْ مساحيق فائقة النعومة تتصدر قائمة الإنتاج العالميّ من المواد النانوية نظراً لتعدد استخداماتها خصوصاً في المجال الطبي(Bakhsh,et al,2017).

طرق تحضير المواد النانوية

يكمن الهدف في مختلف التطبيقات الطبية للمواد النانويّة، أن يكون المنتج ذا كفاءة عالية والمواصفات الفيزيائية والكيميائية المرافقة لموادالنانو كثيراً ما تحدد نوع وطبيعة الطريقة المستخدمة في التحضير، وهنالك تفاوت بين الطرق المتبعة اعتماداً على الكلفة الاقتصادية والقدرة الإنتاجية لكل طريقة. تمثل اختلافات الاستخدام والتطبيق للمواد النانوية المحضرة أيضا أساساً مهما في اختلاف طرقالتحضير. كما أنَّالطلب المتزايد على هذه المواد ومنذ النشأة الأولى لها أدى وبشكل مضطرد إلى التنوع في الأساليب لإنتاج هذه المواد ذات الإمكانات الفائقة على المستوى النوعيّوالكميّ ولاسيما في المجالات الصناعية (الالكترونات والاتصالات) والمجالات الطبية

(العلاجات المختلفة وصناعة البدائل الحيوية للإنسان).من أهم المميزات المشتركة لجميع الطرق التعامل بالمقياس الذري (ذرة تجاه ذرة أخرى) لغرض الوصول الى تصميم مدروس مسبقاً للحصول على نتائج مرغوبة. إنَّ اختلاف مقياس الحجم لكتلة المادة الواحدة يؤدي إلى اختلاف الفعالية الكيميائية، فكلما صغر المقياس ازدادت الفعالية الكيميائية نتيجة لزيادة التأثر الكيميائي لهذه المادة. على هذا الأساس فإنَّ علم النانو وتقنيات التحضير النانويّ في تسارع مضطرد وفقاً للمتطلبات المرحلية والانفجار التقنيّ العالميّ في مختلف القطاعات (Bakhsh,et al,2014).

إن حجم مواد النانو المتوخى يكون سبباً في نوعية التقنية المستخدمة لبناء دقائق النانو عند تصنيع مواد النانو في مجال الطب فإنَّ الحجم الصغير ليس هو الهدف النهائيّ فهناك خصائص و مظاهر أخرى تهم مصنعي المواد النانوية هي :حجم المواد شكلها وتوزيع أبعادها وتركيبها ودرجة التكتل **هناك طريقتان رئيسيتان لتصنيع المواد النانوية وهما كالآتي :**

أ-من القمة الى أسفل (Top – Down) : في هذه الطريقة يبدأ تكوين المادة النانوية من الأجسام الكبيرة بإزالة بعض مكوناتها و ذللك للحصول على مقاييس أصغر، بمعنى أنّها تبدأ بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتصغر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانويّ.

ب- من القاع الى الأعلى (Bottom-Up): و هي تتم بوضع المكونات الأصغر كالذرات والجزيئات المنفردة بعضها مع بعض لتكوين نظام أكبر و أكثر تعقيداً، وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية، وتتميز بصغر حجم النواتج (نانومتر واحد) (Zamanian,2014).

خواص المواد النانويّة

أ. الخواص الميكانيكيّة

تأتي الخواص الميكانيكيّة للمواد النانويّة على رأس قائمة الخواص المستفيدة من صغر حجم الحبيبات ووجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على اسطحها الخارجية، ويؤدي تصغير مقاييس حبيبات المواد إلى إكسابها المزيد من المتانة (Abiodun, Ajayi, Arigbede,2014).

ب. نقطة الانصهار

تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير أبعاد مقاييس حبيباتها، فعلى سبيل المثال فإنَّ قيمة نقاط انصهار فلز الذهب (يستخدم في علاج السرطان) تختلف باختلاف مقاييس أبعاد أقطار حبيباته، حيث تتناقص بتناقص اقطار تلك الحبيبات تناقصاً ملحوظاً لتقل إلى نحو 500 درجة مئوية عند تدني مقياس أقطار حبيبات الذهب إلى نحو 1.53 نانومتر، ويبرر علماء الفيزياء سبب تناقص قيم نقط انصهار المادة مع تناقص مقاييس حبيباتها إلى الزيادة الطارئة على مساحات أسطحها الخارجية واختلاف مواضع وترتيب ذرات فلز الذهب عما كانت عليه (الاسكندراني، 2010).

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

ت. الخواص البصريّة

وينعكس تصغير احجام حبيبات النانو على قدرة هذه الحبيبات لمقاومة التكسير الضوئيّ وجمعها بين انبعاث طيفيّ ضيّق المدى وطيف استثارة واسع المدى(سلامة، 2009).

ث. الخواص المغناطيسية

تعتمد القوة المغناطيسيّة اعتماداً كلياً على مقاييس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس وكلما صغرت تلك الحبيبات تتزايد مساحة أسطحها الخارجيّة وزادت قوة وفعاليّة المغناطيس وشدته. وتعد المواد النانويّة ذات الخواص المغناطيسية من أهم المواد التي تستخدم في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسيّ واجهزة التشخيص الطبي (عبد القادر ،2006).

ج. الخواص الكهربية

أثّر تناهي صغر أحجام حبيبات المواد النانوية وكثافتهابالإيجاب على الخواص الكهربيّة حيث جعلها تستخدم في أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية بمختلف الأجهزة الطبية الحديثة، مما مكّن من إنتاج أجهزة خفيفة الوزن عالية المواصفات التقنيّة وفي الوقت نفسه منخفضة التكلفة (Abou Neel, et al,2015).

تطبيقات المواد النانوية في مجال الطب

تُعد التطبيقات الطبيّة لتكنولوجيا النانو من أهمَّ التطبيقات المحتمل الحصول على مركبات نانوية تدخل إلى جسم الإنسان وترصد مواقع الأمراض وتحقن الأدوية (Marghalani, et al,2014) وتأمر الخلايا بإفراز الهرمونات المناسبة وترمم الأنسجة (Bakhsh, et al,2017).كما يمكن لهذه المركبات الذكية أنْ تحقن الأنسولين داخل الخلايا بالجرعات المناسبة[11] أوتدخل إلى الخلايا السرطانية لتفجرها من الداخل(Kanaparthy, Kanaparthy,2011) و تدعى عندئذ بالقنابل المنمنمة والتي استطاعت أن تطيل عمر الفئران من 43 يوم إلى 300 يوم (صالح، 2015).

يعرف الطب النانويّ بأنه مجموعة التقانات والأدوات التي تستند على تكنلووجيا النانو وتستخدم في المجالات الطبيّة المختلفة، وقد اتسع استخدام المواد النانوية في مجال الطب في الوقاية والتشخيص والعلاج وأصبح هنالك تقنيات طبية وأدوات طبية عديدة تستند إلى تقنية النانو حققت هذه الأدوات طفرات مثيرة في هذه المجالات. ويُعدّ الطب الوقائيّ احد أهم المجالات الطبية التي حقق فيه الطب النانوي انجازات كبيرة في مجال الكشف المبكر عن الأمراض و رصد الكاشفات الحيوية والأعراض المرتبطة والتي تُعد نذيراً ببدء حدوث تغيرات حيوية غير محمودة في

الجسم تؤدي غالبا الى تفشي أصابته في المرض. كما اتاحت تكنولوجيا النانو آفاقًا جديدة وإضافات فريدة لعمليات التشخيص المبكّر للسرطان من خلال فئة متقدمة من المواد تُعرف باسم البلورات النانوية التي يطلق عليها ايضًا أسم النقاط الكميّة لأشباه الموصلات (الكادميوم سيلينيد أو الكادميوم سلفيد وغيرهما) والتي يتم تحضيرها على هيئة حبيبات كروية الأشكال ذات أبعاد متجانسة تتراوح اقطارها بين 2 و 10 نانومترات (Verma, et al, 2010)

أثبتت المواد النانويّة فعاليّة كبيرة أيضًا في الوقاية من البكتريا والفيروسات والفطريات فقد بينت العديد من الدراسات فعاليّة بعض المواد النانويّة مثل الفضة النانويّة في مجال مقاومة العدوى (Kovvuru, Manjun, Babu, 2012) وقتل الانواع المختلفة من البكتيريا الضارة ومكافحة الفيروسات. وقد اشارت النتائج الى أنَّ الحبيبات البلورية لفلز الفضة لها قدرة مدهشة على قتل انواع متعددة من البكتيريا الضارة ووالوقاية من الفيروسات. وذلك يرجع الى تصغير تلك الحبيبات الى أقطار تقل عن 5 نانومترات مما يزيد في مساحة السطح للحبيبات (الاسكندراني، 2010).

ساهمت تقنية النانو في تطوير التشخيص والتصوير الطبي حيث استخدمت المواد النانوية المغناطيسيّة في تحسين التشخيص باستخدام الرنين المغنطيسيّ النوويّ وتحسين جودة التصوير الطبيّ (Freitas, Georgetown, 1999). كما استخدمت التقانة النانوية ايضًا في مجال العلاج لبعض الامراض المستعصية وأدت دورًا مهمًا في تطوير العديد من اللقاحات والادوات المستخدمة في العلاج فقد استخدمت دعامات القلب النانوية حيث استخدمت أنابيب الكربون النانوية في انتاج الدعامات التي تتمتع بمعاملات فائقة في المرونة والمتانة علاوة على عدم مقاومة الجهاز المناعي في الجسم لها (Asaka, et al,2006).

هذه الخصائص المميزة والواعدة للتقانة النانوية دفعت الشركات لانتاج مواد وادوات نانوية تستخدم في المجال الطبي،الجدول (1) يبين احصائيّة للمواد النانويّة المنتجة والمستخدمة في مجال الطب، كما يبين عدد الشركات المتنتجة للمواد النانوية الطبية في العالم والذي بلغ 349 شركة في 39 دولة.

الجدول(1) احصائية بالمواد النانوية المستخدمة في مجال الطب (Asaka, et al,2006)

عدد المواد النانوية الطبيّة	الأنواع	عدد الشركات المنتجة	عدد الدول المنتجة
1049	203	349	39

إنَّ الخليّة الحيّة مستودع لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى ريبوزومات ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر. وتعد الانزيمات آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات او جمعها حسب حاجة الخليه.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة أنْ تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية، ايصال الدواء اليها او إبادتها عندما تصبح مؤذية (Bakhsh, et al,2017).
وعلى الرغم من جميع ماذُكر فإن هنالك العديد من الصعوبات التي تحتاج للمزيد من البحث، من أهمّها إمكانية الوصول إلى طرق رخيصة لتحضير مواد نانوية مختلفة بشكل تجاري لاستخدامها في التطبيقات المختلفة. كما أنّ هناك صعوبة أخرى وهي أن تكون المواد النانوية المنتجة آمنة حيوياً وليس لها ضرر على جسم الإنسان.

استراتيجية استخدام المواد النانويّة في مكافحةفيروس COVID-19

مع انتشار فيروس كورونا التاجي المستجد، تتزايد الجهود لإيجاد طريقة لمحاربة هذا الفيروس، ومن بين النتائج العلميّة التي تم الحصول عليها في هذا الاتجاه أنَّ استخدام المواد النانوية أحد الاستراتيجيات المثيرة للاهتمام، بحيث أصبحت هناك الآن إنجازات واقعيّة في بلدان مختلفة تم فيها استخدام المواد النانوية لمحاربة الفيروس. إنَّ الوقاية عبر اللقاحات وعلاج بالأدوية هما استراتيجيتان متاحتان لمكافحة أيّ عدوى جرثومية، بما في ذلك فيروس COVID-19 . ويمكن لتقنية النانو، باعتبارها تكنولوجيا ناشئة ومتطورة وذات خصائص فريدة، أن تسهم في مكافحة فيروسCOVID-19 كورونا المستجد.

يبلغ متوسط حجم هذه الفيروسات حوالي 125 نانومتر ولها غلاف فيروسي viral envelope وجينوم RNA مفرد .ينتقل الفيروس بين البشر والحيوانات وينتقل إلى البشر من مجموعة متنوعة من الحيوانات، بما في ذلك الجمال والقطط وربما الخفافيش.

تحتوي فيروسات كورونا على أربعة أنواع من البروتينات: spike (s)، envelope (E)، membrane (M) و nucleocapsid (N) حيث يلعب بروتين S المرتبط بغشاء الفيروس دورًا مهمًا في ربط الخلية المضيفة ودخولها، لذلكفإن استهداف هذا البروتين بأدوية ومثبطات مختلفة هو وسيلة لمحاربة هذا النوع من الفيروسات لذلك تتركز أغلب البحوث والاجتهادات للباحثين في مجال تقنية النانو على هذا الاتجاه؛ لأنّ المواد النانوية المختلفة، خيار جيد للتفاعل مع الفيروسات ومنعها من دخول الخلية بسبب ارتفاع نسبة سطحها إلى حجمها (Guangyu, et al, 2020).

استراتيجية استخدام المواد النانوية في الوقاية من COVID-19

تقترح بعض البحوث استخدام الجسيمات النانوية في حصر وتجميد ومنع هذه الفيروسات من مهاجمة الخلايا المضيفة.حيث تمكن باحثون من تطوير جزيء نانوي يبعد الفيروسات التاجية عن الهواء، وتتميز هذه المواد النانوية بأنها قابلة للتحلل وغير سامة. كما نجح فريق بحثي في

ألمانيا في اعداد مادة نانوية تكافح الفيروس عبر تغليف فيروس COVID-19؛ هذا التغليف يمنع الفيروس من إصابة الخلايا المضيفة. ومن مميزات هذه المادة أنها تهاجم الفيروس فقط عندما يكون قد أصاب خلايا الرئة (Ledger,2020).

أيضاً برزت المطهرات المستندة على تقنية النانو والتي أثبتت فعالية في التعقيم. الجدول (2) يبين أبرز المواد النانوية المستخدمة كمعقمات لمكافحة جائحة كورونا.

الجدول (2): المعقمات النانوية المنتجة لمكافحة كوفيد

المادة النانوية	مطهّر	معقّم اليدين	تعقيم بخاخ
فضة النانويّة	9	3	3
ثاني أكسيد التيتانيوم النانويّ	3	0	0

مع تفشي الفيروس التاجي المستجد برزت الحاجة الماسة إلى أقنعة الجهاز التنفسي لذلك تسارعت الشركات في انتاج اقنعة جهاز تنفسي تستند على تقنية النانو. الجدول (3) يبيّن بعض المنتجات النانوية المستخدمة في أقنعة الجهاز التنفسي.

الجدول (3): اقنعة الجهاز التنفسي المستندة على تقنية النانو:

اسم المنتج	المادة النانوية المستنده عليها	اسم الشركة المنتجة
YAMASHIN-FILTER CORP	الياف النانو	YAMASHIN Nano Filter ™
Metamasks	الياف النانو	nano-coco-carbon ™
Nanopoli Nanofiber	الياف النانو	ReSpimask®
SonoMask	طلاء نانوي	.Sonovia Ltd
X.TiO2 Inc	ثاني أكسيد التيتانيوم	(XTI) introduces XTITM ACTIVE-NANO FACEMASK
Directa Plus PLC	الجرافين	i.e., G+® graphene

في الآونة الأخيرة، بيّنت بعض الدراسات أنَّ النقاط الكمية CQDs بمتوسط حجم 10 نانومتر يمكن أن تمنع بشكل كبير دخول أغشية الفيروسات إلى الخلايا المستهدفة من خلال التدخل في البروتينات، حيث تتم إضافة هذه المادة النانوية إلى مستنبت الخلية قبل وأثناء الإصابة بالفيروس، ووجد أنَّ معدل تلوث الخلية بالفيروس انخفض بشكل كبير. الشيء المثير للدهشة هو أنّه عندما تمت إضافة هذه المواد النانوية إلى بيئة الخلية بعد 5.5 ساعة من اتصال الخلية بالفيروس كان لها تأثير رادع جيد على الجيل التالي من الفيروسات. وتتميز CQDs بمتوسط

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020-ISSN 1858-859X

حجم 10 نانومتر بأنها ذات ذوبان عالي في الماء وهذا ماجعلها خيارًا ناجحًا لهذا الغرض لأنّها تدخل الخلية بسهولة ثم تقوم بتعطيلإشارات إعادة إنتاج جينوم الفيروس (Harrington,2020).

استخدام المواد النانوية في الكشف عن فيروس COVID-19

تُعد قِلّة كواشف فيروس كورونا المستجد أحد التحديّات الماثلة في مواجهة هذه الجائحة، خاصّة مع اتساع رقعة انتشار المرض في افريقيا وعدد من الدول الفقيرة. إنَّ التأخر في الكشف عن الاصابة بالمرض، يعني زيادة معدلات انتشار المرض؛ لذلك نحن بحاجة لكواشف تُمكنّنا من اختبار أكبر عدد من الأشخاص في وقت وجيز وبدقّة عالية. لذلك أتجهت أنظار الباحثين إلى تكنلوجيا النانو لاستخدام المواد النانوية لتسريع اجراء التشخيص بناءً على الشفرة الوراثية للفيروس وتوفير أجهزة تعطي نتائج دقيقة في وقت قصير وبتكلفة قليلة.

اتجهت الأبحاث إلى استخدام الشفرة الوراثية كوسيلة للكشف عن الفيروس وتسعى هذه المشاريع إلى تطوير كواشف تكون دقيقة وتمكن من اجراء فحص لعدد كبير من الاشخاص في وقت قليل ويتوقع أنْ تسهم تكنولوجيا النانو في هذا المضمار حيث بيّنت العديد من الدراسات فوائد استخدام المواد النانوية في مجال استخلاص الجزئيات الحيوية بدقة عالية في زمن وجيز(Guangyu, et al, 2020).

جسيمات الذهب النانويّة

يتم إجراء معظم الاختبارات للكشف عن فيروس COVID-19 باستخدام مجموعات تعتمد على تفاعل سلسلة البوليميراز (PCR), يعتمد هذا الإجراء الحساس على تكرار الحمض النووي الريبي للفيروس من عينة لعاب المريض. لكن مع زيادة عدد المرضى وانتشار المرض وتفشي الفيروس، لا يوجد ما يكفي من القوى العاملة لإجراء الاختبار بهذه الطريقة. لذلك،برزت الحاجة إلى طرق تشخيصية جديدة. تم استخدام مواد نانويّة لتسريع عملية الكشف عن الفيروس وقد استخدم بعض الباحثين جسيمات النانوية الذهبية لتطوير ماسح يمكنه تحديد تسلسل الحمض النووي الريبي المحدد لفيروس Covid 19وربطه بجزيئات الذهب النانوية. وتميزت هذه الطريقة بتقليل معدل الخطأ في النتيجة ويمكن لهذا الماسح التمييز بين الانواع المختلفة للفيروسات التاجية من عائلة الكورونا (Harrington,2020).

جُسيمات أُكسيد الحديد النانويّة المغلَّفة بالسيليكا

أثبتت الجسيمات النانويّة المغناطيسيّة فعاليّة في عزل وتنقية الحمض النووي الريبي من العينات البيولوجية وهي الخطوة الأكثر أهميّة في العديد من التطبيقات البيولوجية والطبية الحيوية،

وتوفر هذه الطرق المسندة على المواد النانوية المغناطيسية الكثير من العناء اذا تم مقارنتها مع الطرق التقليدية المعقدة التي تستخدم في عزل الحمض النووي. سيكون التحكم في تحضير الجسيمات النانوية بطرق مختلفة عاملاً مهماً في تطوير عزل الحمض النووي حيث أنَّ المواد النانوية تستمد فعاليتها من صغر حجمها ومساحتها سطحها الكبيرة و تلعب تفاعلات الجزيئات البيولوجية مع السطوح أهمية كبيرة في التكنولوجيا الحيوية.أظهرت بعض المواد المغناطيسيّة النانويّة قدرة عالية على استخلاص وتنقية الجزيئات الحيوية بما في ذلك الحمض النووي الريبي والحمض النووي والبروتينات والإنزيمات والجزيئات الصغيرة العضوية. ومن هذه المواد أكسيد الحديد المغلف بالسيليكا (Ghaemi, Maryam ,Absalan,2014).

اجريت دراسة تم فيها استخدام جسيمات أكسيد الحديد النانويّة المغلفة بالسليكا لاستخلاص شفرة وراثية لفيروس (زيكا) وقد بيّنت هذا الدراسة فاعالية جسمات أكسيد الحديد النانوية المغلفة بالسليكا لاستخلاص الشفرة الوراثية بدقة عالية وبتكلفة أقل 100 مرة من الطرق التقليديّة الأخرى. وقد بيّنت الدراسة أنَّ تغليف الجسيمات النانوية بالسيليكا يسرع من امتزاز جزيئات الحمض النووي الريبي وتعد هذه الطريقة مميزة لأنها تسرع من الفحص وبالتالي يستحسن استخدامها في الاختبارات التشخيصية ذات الأعداد الكبيرة (Alex, et al, 2018). بعد جائحة كورونا استخدم باحثون من قسم الطب السريري والجزيئي بمؤسسة NTNU بالنرويج، استخدموا أكسيد الحديد المغلف البسيليكا لتطوير طريقة اختبار الكشف عن فيروس كرورنا المتسجد.

تقوم فكرة الاختبار المطور على خاصية انجذاب الحمض النووي الريبي لأكسيد الحديد النانوي المغلف السيليكا، واستخدامه لاستخلاص الحمض النووي الريبي من محلول يحتوي على عينة من المريض. يحتوي المحلول على مواد تكسر الفيروس حتى يمكن استخراج مادته الوراثية. وقد أعطت هذه الطريقة نتائج مذهلة ويتوقع أن يشرع في استخدامها بالنرويج وستتمكن هذه الطريقة المستندة على استخدام الجسيمات المغناطيسية النانوية من اجراء 40000 اختبار يوميًا (Bazilchuk,2020).

ويتوقع الباحثون أن تسهم هذه الطريقة في توفير أجهزة دقيقة تمكن الأطباء من تشخيص الاصابة في وقت وجيز كما يتوقع أن تسهم في تقليل تكلفة الفحوصات. سارعت بعض الشركات إلى انتاج كواشف تستند على تقنية النانو موضحة في الجدول (4).

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

الجدول (4): كواشف فيروس Covid-19 المستندة على تقنية النانو:

اسم الجهاز	المادة النانوية المستخدمة	المؤسسة او الشركة المتجة
Magnetic nanoparticles-based detection test	silica-coated iron oxide nanoparticles	Norwegian University of Science and Technology (NTNU)
Quick-response Lateral-flow Test	Nanorods	Sona Nanotech Inc., Mologic Ltd, and SureScreen Diagnostics Ltd

استراتيجية تقنية النانو في انتاج لقاحات فيروس COVID-19

تتدافع بعض شركات التكنولوجيا الحيوية للاستفادة من التكنولوجيا النانوية، بمساعدة الناقلات النانوية والجسيمات النانوية، في تطوير لقاح للفيروس التاجي الجديد بالاعتماد على مناهج مختلفة، والتي يتم اختبارها جميعًا في التجارب السريرية. اتجهت بعض الأبحاث إلى البروتينات الشوكيّة الموجودة على سطح الفيروس، وهي التي يسخدمها الفيروس للالتصاق بالخلية والاندماج فيها، وهو الجزء المسؤول عن تحفيز الجهاز المناعي لانتاج الاجسام المضادة لمقاومته، تسعي هذه الأبحاث لاستخلاص هذا البروتين، ومحاولة انتاج هذا البروتين عبر ادخاله في جينوم كائنات دقيقة مثل البكتيريا او الخميرة، ليتم استخدامه كمحفز للنتاج المواد المضادة في جسم الانسان (Ghaemi, et al,2014).

مشاريع بحثية أخرى اتجهت لشفرة التعليمات الوراثية منها مشروع جامعة اوكسفرود الذي رصدت له اربعة ملائين دولار، يهدف هذا المشروع إلى اختراق التعليمات الوراثية للفيروس والتي يتبعها لاعادة تكوين نفسه (Ledger,2020). افرزت هذه الابحاث إلى انتاج عدد من اللقاحات الآن في طور الاختبار السريري موضحة في الجدول (5) الذي يبين اسم اللقاح والمادة النانوية المستخدمة. ويتوقع أن تبرز هذه الاختبارات نائج مبهرة في مكافحة الفيروس.

الجدول (5) لقاحات فيروس COVID-19 المستندة على مواد نانويّة:

اللقاح	اسم المنتج	المادة النانوية المستد عليها اللقاح	مرحلة تطور اللقاح
mRNA vaccine	mRNA-1273	Lipid nanoparticles (LNP) الجسيمات الدهنية	مرحلة التقييم السريري
Viral Vector Based Vaccine	Ad5-nCoV	Nanoscale viral vector النانو بمقياس ناقل فيروسي	مرحلة التقييم السريري
Viral Vector Based Vaccine	COVID-19 Janssen Vaccine	Nanoscale viral vector النانو بمقياس ناقل فيروسي	مرحلة التقييم السريري
Protein Subunit Based Vaccine	NVX-CoV2373	التجميع الذاتي لجزيئات بروتينية نانوية	مرحلة التقييم السريري
Protein Subunit Based Vaccine	1c-SApNP vaccine platform technology	التجميع الذاتي لجزيئات بروتينية نانوية	مرحلة التقييم السريري
Molecular clamp stabilized Spike protein	Molecular clamp platform	التجميع الذاتي لجزيئات بروتينية نانوية	مرحلة التقييم السريري
DNA Based Vaccine	GV-MVA-VLPTM	التجميع الذاتي للجسيمات الشبيهة بالفيروس داخل الخلايا	مرحلة التقييم السريري

إنّ المواد النانوية التي يمكن استخدامها تتطلب شروط أهمها نسبة النقاوة العالية كما يجب أن تكون المواد المستخدمة لهذا الغرض متوافقة حيويًا ففي حالة عدم توفر هذا الشرط سنكون بحاجة إلى آلية لطرد المادة المستخدمة واستبعادها من جسم الإنسان بعد وقت قصير من القضاء على الفيروس. قد تتسبب هذه العملية أضرار جسيمة.لذلك يتطلع العلماء إلى مواد نانوية متوافقة حيوياً لاتتسبب في ضرر آخر وتسهم في مكافحة فيروسCOVID-19 .

منتجات نانوية تستخدم حاليا في مكافحة فيروسCOVID-1

تسابقت الشركات في انتاج معدات تسهم في مكافحة فيروسCOVID-1 وفي الجدول (6) بيان بابرز المعدات النانوية المستخدمة في مكفاحة جائحة فيروس كورونا المستجد وتبين توزيع الشركات المنتجة على الدول مما يبين اهتمام متعاظم من الدول باستخدام تقنية النانو في مكافحة هذه الجائحة.الجدول

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

(6) أدوات نانوية تستخدم في في مكافحة فيروس COVID-1 :

المادة النانويّة/ رقم المنتج	نوع المعدات الطبية	الشركة المنتجة	بلد الانتاج
Cu Nanoparticle / Nanopowder50-8	نسيج مضاد للفيروسات	Promethean Particles Ltd	المملكة المتحدة
Au Nanoparticle /Nanopowder CAS : 7440-57-5	Coronavirus detection C OVID-19 detection أدوات الكشف	NanoComposi x	الولايات المتحدة الأمريكية
NanoSepticبلورات	Disinfectant مطهر	NanoTouch Materials, LLC.	الولايات المتحدة الأمريكية
Titanium dioxide TiO2 Nanoparticle /Nanopowder CAS 13463-67-7	Disinfectant مطهر	Nanotech Surface	ايطاليا
TiO2 (Titanium Dioxide), Silver Zeolite	Respiratory Mask	MVX Prime Ltd.	بيريطانيا
self-assembling protein nanoparticle	COVID-19 vaccine لقاح	Ufovax, LLC	الولايات المتحدة الامريكية
self-assembling protein nanoparticle	COVID-19 vaccine لقاح	Viroclinics Xplore	هولندا
Au Nanoparticle /Nanopowder CAS 7440-57-5	COVID-19 Rapid Test Cassette	SureScreen Diagnostics Ltd	بريطانيا
Au Nanoparticle /Nanopowder CAS 7440-57-5	COVID-19 point-of-need diagnostic test	Mologic Ltd	بريطانيا
Nanofiber	HIFYBER FACE MASK	Açık Kart Bilgi Teknolojileri	تركيا
Nanofiber	Nanofiber-based Face Mask	Kim Il-Doo Research Institute	كوريا الجنوبية
nano-polymer nano-polymer	Medical scanner and sanitizer	123.Design	الولايات المتحدة الأمريكية

المادة النانويّة/ رقم المنتج	نوع المعدات الطبية	الشركة المنتجة	بلد الانتاج
Nanopore	MinION sequencer Genome sequencer	Oxford Nanopore Technologies Ltd	بريطانيا
Ag Nanoparticle /Nanopowder CAS 7440-22-4	Hand Sanitizer NANO SILVER sanitizer	SHEPROS SDN. BHD.	ماليزيا
Nano filters	HVAC/Air-conditioning cleaner	Mack Antonoff HVAC	الولايات المتحدة الأمريكية
nano-fibers	Air Purifier	Turn-Key Environmental Consultants	الولايات المتحدة الأمريكية
Nano filters	HEPA filter	Philips	بريطانيا
Nano filters	Air Purifier	AAVI Technologies Co.	فينلندا
CuO Nanoparticle /Nanopowder CAS 1317-38-0	Respiratory Mask	RESPILON Group s. r. o.	التشيك
Nano filters	Respiratory Mask	Profit Royal Pharmaceutical Limited	الصين
Diamond C Nanoparticle /Nanopowder CAS 7782-40-3 Applications	Respiratory Mask	Master Dynamic Limited	الصين
Au Nanorod CAS Number 7440-57-5	Detection Kit	Sona Nanotech Inc.	كندا
Protein Nanoparticle /Nanopowder	لقاح COVID-19	Inc. ،Novavax	الولايات المتحدة الامريكية

نتائج البحث

تتضح من هذا السرد عدة نتائج نلخصها فيما يلي:

1. وجود اهتمام كبير بالمواد النانوية التي يمكن أن تستخدم في تشخيص و علاج فيروس-COVID 19.
2. اتجاه العديد من الشركات المرموقة لانتاج مواد نانوية تكافح فيروس COVID-19 مما يدل على الجدوى الاقتصادية لهذه المواد.
3. بينت الدراسة فعالية استخدام المواد النانوية في الوقاية من الفيروس عبر تغليف فيروس -COVID 19؛ هذا التغليف يمنع الفيروس من إصابة الخلايا المضيفة.
4. أوضحت الدراسة المطهرات المستندة على تقنية النانو والتي أثبتت فعالية في التعقيم.
5. استخدام المواد النانويّة يسهم في تسريع عملية الكشف عن الفيروس وبينت الدراسة تطوير ماسح يمكنه تحديد تسلسل الحمض النووي الريبي المحدد لفيروس Covid 19باستخدام جزيئات الذهب النانوية. يتميز هذا الماسح بتقليل معدل الخطأ في النتيجة ويستطيع التمييز بين الانواع المختلفة للفيروسات التاجية من عائلة الكورونا.
6. أسهمت تقنية النانو في تطوير كاشف لفيروسCovid 19 مستند على استخدام الجسيمات المغناطيسية النانوية يمكن باستخدام هذا الكاشف من اجراء 40000 اختبار يوميًا.
7. تسعي العديد من الأبحاث لاستخدام تقنية النانو لانتاج بروتين و ادخاله في جينوم كائنات دقيقة مثل البكتيريا او الخميرة، ليتم استخدامه كمحفز للنتاج المواد المضادة في جسم الانسان.
8. بينت الدراسة اهتام بعض المشاريع البحثية المسندة إلى تقنية النانو التي تهدف إلى اختراق التعليمات الوراثية للفيروس والتي يتبعها لاعادة تكوين نفسه.

الخلاصة

تبيّن هذا البحث أن تقنية النانو تعد بحلول قيّمة لأزمة COVID-19 حيث يمكن استخدام الجسيمات النانوية المختلفة في الوقاية والتشخيص والعلاج و القضاء على مجموعات الفيروسات التاجية وفيروس COVID-19 على وجه الخصوص، وذلك من خلال الاستفادة من قدراتها على حصر وتجميد واختراق ومنع هذه الفيروسات من مهاجمة الخلايا المضيفة. وتبيّن من الدراسة أنَّ الفهم الدقيق لهذا الفيروس سيسهم في تحديد الهدف من المادة النانوية وتحسين جودتها وسبل اعدادها ومواصفات انتاجها.

أوضحت الدراسة الاسهام الكبير لتقنية النانو في حل مشكلة الكواشف عن فيروس COVID-19 ولذلك من خلال باستخدام خواص الشفرة الوراثية لفيروس كورونا المستجد مما جعل تسريع عملية الكشف ودقتها ممكنة مع تقنية النانو. بينت الدراسة اهتمام الباحثين بالبروتينات

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ الخرطوم
كلية الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
مجلة الوسيلة للعلوم والتكنولوجيا
العدد (9) 21 يونيو 2020 ISSN 1858-859X

الشوكيّة الموجودة على سطح الفيروس، و التي يسخدمها الفيروس للالتصاق بالخلية والاندماج فيها، وتسعى هذه الدراسات استهداف هذه البروتينات بالمواد النانوية سواء لتغليفها ومنعها من الالتصاق بالخلية أو استثارة الجهاز المناعي لتوليد مضادات. كما سعت العديد من الابحاث لاستخدام تقنية النانو لاختراق التعليمات الوراثية للفيروس والتي يتبعها لاعادة تكوين نفسه.

حصرت الدراسة العديد من المواد والمعدات النانوية المستخدمة في مكافحة جائحة كورونا كما بينت اللقاحات المرشحة والتي تستند على تقنية النانو والتي يتوقع أن تسهم في حل نهائي لهذه الجائحة.

المراجع

الاسكندراني، محمد شريف (2010)، تكنولوجيا النانو نحو غد أفضل، **سلسة عالم المعرفة**،الكويت.

سلامة، صفات (2009)، النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل كبير، **الدار العربية للنشر**- الرياض.

صالح، محمود محمد سليم (2015)، تقنية النانو وعصر علمي جديد، **مدينة الملك عبد العزيز- اللملكة العربية السعودية.**

عبد القادر، محمد (2006)، تكنولوجيا الكربون، **دار النشر للجامعات**- القاهرة.

Abiodun-Solanke, I., Ajayi, D.,& Arigbede, A. (2014), "Nanotechnology and its application in dentistry". **Annals of medical and health sciences research**, 4(Suppl 3), S171-S177.

Abou Neel, E. A., Bozec, L., Perez, R. A., Kim, H.-W.,& Knowles, J. C. (2015). "Nanotechnology in dentistry: Prevention, diagnosis, and therapy". **International Journal of Nanomedicine**, 10, 6371-6394.

Alex H. F. Lee, Steven F. Gessert, Yutao Chen, Nikolay V. Sergeev, Babak Haghiri.(2018), "Preparation of iron oxide silica particles for Zika viral RNA extraction". **Heliyon 4**, e00572. doi: 10.1016/j.heliyon.2018. e0057

Amirjani, A., Hafezi, M., Zamanian, A.,Yasaee, M., & Osman, N. (2016). "Synthesis of nano-structured sphene and mechanical properties optimization of its scaffold via response surface methodology". **Journal of Advanced Materials and Processing,** 4(2), 56-62.

Asaka, Y., Miyazaki, M., Takamizawa, T., Tsubota, K.,& Moore, B. K. (2006). "Influence of delayed placement of composites over cured adhesives on dentin bond strength of single-application self-etch systems". **Operative Dentistry**, 31(1), 18-24.

Bakhsh, T. A., Al-Zayer, M., Al-Sahwan, N., Al-bahrani, Z., Bakry, A.S., Jamleh, A.O., Abbassy, M. (2017). "Comparative SEM observation of

silver-nitrate at resin-dentin interface: Nanoleakage study". **Oral Health and Care**, 2(2), 1-5.

Bazilchuk, Nancy(2020), "From thousands of tiny magnetic balls to 150,000 COVID-19 tests per week", **norwegianscitech news**.

Feynman R.(1961) "There's plenty room at the bottom. Miniaturization. **New York: Reinhold**; 1961. 282-96.

Freitas RA., Jr.Georgetown,(1999) "Nanomedicine: Basic Capabilities", **Landes Bioscience**, 345-50.

Ghaemi, Maryam &Absalan, Ghodratollah.(2014), "Study on the adsorption of DNA on Fe3O4 nanoparticles and on ionic liquid-modified Fe3O4 nanoparticles". **Microchimica Acta**. 181. 10.1007/s00604-013-1040-

Guangyu, QiuZhibo, GaiYileTao, JeanSchmittGerd, A. Kullak-UblickJingWang,(2020),"Dual-Functional Plasmonic Photothermal Biosensors for Highly Accurate Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Detection",***ACS Nano*** https://doi.org/10.1021/acsnano.0c02439

Harrington, John(2020),"Directa Plus highlights bacteriostatic properties of its grapheme" ,**proactiveinvestors**.

Kanaparthy R, KanaparthyA.(2011), "The changing face of dentistry: Nanotechnology". **Int J Nanomedicine**. 27/6, 99-804.

KETTLEY, SEBASTIAN, (2020), "Coronavirus cure: Groundbreaking nanoparticles could wipe out COVID-19 infections – claim", **express,**PUBLISHED: 14:50, Fri, Mar 6, 2020www.express.co.uk.

Kovvuru SK, Mahita VN, Manjun BS, Babu BS.(2012), "Nanotechnology: The emerging science in dentistry". **J Orofac Res**. 33/2, 16-26.

Ledger Insights, (2020),US firm combines nanotechnology, blockchain for COVID-19 immunity passports, **ledger insights**.

Marghalani, H., Bakhsh, T., Sadr, A.,& Tagami, J. (2014). "Ultra-structural characterization of enamel-resin interface using FIB-TEM technology". **Journal of Adhesion Science and Technology**, 28(11), 1005-1019.

Sanjna N, Bhuminathan S, MuthuvigneshJ.(2011), "Upsurge of nanotechnology in dentistry and dental implants". **Int J Multidiscip Dent**. 8/1, 264

Verma SK, Prabhat KC, Goyal L, Rani M, Jain A. (2010),"A critical review of the implication of nanotechnology in modern dental practice". **Natl J Maxillofac Surg**. 41/4.

Zamanian, A. (2014). "Fabrication of a novel nanostructured calcium zirconium silicate scaffolds prepared by a freeze-casting method for bone tissue engineering". **Ceramics International**, 40(10, Part B), 16107-16114.

Zdrojewicz Z, Waracki M, Bugaj B, Pypno D, CabałaK.(2015) "Medical applications of Nanotechnology". **Advances in Hygiene and Experimental Medicine**. 69/11, 1196-1204.