

Lerneinheit

[Nanotechnologie in der Medizin]

Name der Autoren: Pavel Malůš, Jiří Kůs

Letztes Bearbeitungsdatum: [12. 12. 2021]

Das Thema

Erste Einführung

Die Nanotechnologie eröffnet der Medizin eine Reihe von Möglichkeiten, die bis vor Kurzem noch unvorstellbar waren. Sie revolutioniert unsere Herangehensweise an die Diagnose und Behandlung von geschädigtem Gewebe und verschiedenen Krankheiten. Wir können uns die einzigartigen Eigenschaften von Nanomaterialien zunutze machen, wie z. B. die große reaktive Oberfläche von Nanomaterialien, ihre hervorragende Durchlässigkeit durch die Zellmembran usw.

Nanoroboter erkennen Tumore, helfen bei der schonenden Entnahme kleinerer Gewebeproben und liefern präzise Mengen an therapeutischen Wirkstoffen direkt an den Ort des gesundheitlichen Problems im menschlichen Körper. Nanosilber hilft bei der Bekämpfung von Bakterien, die in den letzten Jahrzehnten eine Resistenz gegen Antibiotika entwickelt haben. Andere Nanostrukturen schaffen geeignete Bedingungen für die Online-Überwachung und Echtzeit-Diagnostik und nutzen elektronische Sensoren, um Ärzte zu benachrichtigen, wenn ein dringender medizinischer Eingriff oder eine Änderung der Medikation erforderlich ist. Im Vergleich zu früheren Verfahren können wir heute Nanofaserstrukturen einsetzen, um Verletzungen von Haut, Knochen und anderen menschlichen Organen besser zu behandeln, fehlendes oder beschädigtes Gewebe zu ersetzen und schwere Verletzungen zu lindern.

Praxisbezug - Hierfür wirst du diese Kenntnisse und Fähigkeiten einsetzen

In dieser Lerneinheit erfährst du mehr über die wichtigsten Entwicklungsrichtungen der in der Medizin eingesetzten Nanotechnologien sowie über die Möglichkeiten, die sich in Zukunft eröffnen werden. Gleichzeitig werden wir die Covid-19-Pandemie als Beispiel dafür nehmen, wie nanotechnologische Lösungen bei der Prävention von Atemwegserkrankungen in medizinischen Einrichtungen und anderswo helfen können.

Überblick über die Lernziele und Kompetenzen

In LO_Haupttrichtungen des Einsatzes von Nanotechnologien in der modernen Medizin_01 erfährst du, wie Nanomaterialien bei der Verabreichung von Medikamenten und der Diagnose vieler schwerer Krankheiten helfen, die Gewebezüchtung revolutionieren und einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung von Bakterien leisten können, die gegen Antibiotika resistent geworden sind.

In LO_Nanotechnologie während der Covid-19 Pandemie_02 erhältst du Informationen über die Vorteile nanotechnologischer Lösungen bei der Entwicklung von mRNA-Impfstoffen, über die einzigartigen Eigenschaften von Schutzausrüstungen mit einer Nanofasermembran, welche die Atemwege schützt und als Barriere fungiert, um die Ausbreitung von Atemwegserkrankungen zu verhindern, und über die Vorteile der photokatalytischen Luftreinigung von Mikroorganismen bei der Prävention von Infektionen.

In LO_Zukünftiger Einsatz von Nanotechnologien in der Medizin_03 lernst du die Grundlagen der Anwendung von Sensoren mit Nanoelektronik kennen. Wir führen dich in die erstaunliche Welt der Nanoroboter in der Medizin sowie in die zukünftigen Vorteile der Nanotechnologie bei der Regeneration und Stärkung des menschlichen Körpers ein.

Lernziele	Detailziele
LO_Haupttrichtungen des Einsatzes von Nanotechnologien in der modernen Medizin_01: Du wirst lernen wie Nanomaterialien bei der Verteilung von Medikamenten und der Diagnostik zahlreicher schwerer Krankheiten helfen können, die Gewebezüchtung revolutionieren und einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung von Bakterien leisten, die gegen Antibiotika resistent sind.	FO_Gezielte Verteilung von Medikamenten_01_01: Du lernst, wie du Geld für teure Medikamente sparst und gleichzeitig deren Nebenwirkungen reduzieren kannst. FO_Diagnostik_01_02: Du erfährst, in welchen Bereichen sich die Nanotechnologie in der Diagnostik auszeichnet und wie die neue Diagnostik die Genauigkeit der Chirurgie verbessert FO_Design von Gewebeersatzmaterialien_01_03: Du erfährst, warum Nanofaserstrukturen für die Heilung von Haut- und Knochenwunden geeignet sind FO_Nanopartikel gegen antibiotikaresistente Bakterien_01_04: Du kannst den Nutzen der Verwendung von Nanopartikeln aus Silber im Kampf gegen antibiotikaresistente Bakterien entdecken

<p>LO_Nanotechnologie in der Covid-19-Pandemie_02: Du erhältst Informationen über die Vorteile der Nanotechnologie bei der Entwicklung von mRNA-Impfstoffen, über die einzigartigen Eigenschaften von Schutzausrüstungen mit einer Nanofasermembran, welche die Atemwege schützt und als Barriere gegen die Ausbreitung von Atemwegserkrankungen wirkt, und über die Vorteile der photokatalytischen Luftreinigung von Mikroorganismen bei der Infektionsprävention.</p>	<p>FO_Nanotechnologische Lösung für die Entwicklung von mRNA-Impfstoffen_02_01: Du erfährst mehr über die Eignung von Nanopartikeln als Impfstoffmedium sowie über die Verwendung von Nanopartikeln bei der Entwicklung von SARS-CoV-2 mRNA-Impfstoffen.</p> <p>FO_Atemschutzprodukte mit Nanofasermembran_02_02: Du wirst sehen, warum Nanofasermasken Viren besser abfangen als herkömmliche Masken.</p> <p>FO_Photokatalytische Entfernung von Mikroorganismen aus der Luft_02_03: Du erfährst, wie die photokatalytische Nanobeschichtung sich selbst und die Umgebungsluft von organischen Verunreinigungen, einschließlich Mikroorganismen, reinigt</p>
<p>LO_Zukünftiger Einsatz von Nanotechnologien in der Medizin_03: Du lernst die Grundlagen der Anwendung von Sensoren mit Nanoelektronik kennen. Wir führen dich in die erstaunliche Welt der Nanoroboter in der Humanmedizin ein sowie in die zukünftigen Vorteile der Nanotechnologie bei der Regeneration und Stärkung des menschlichen Körpers.</p>	<p>FO_Sensoren mit Nanoelektronik_03_01: Du wirst die Vorteile der Nanosensorelektronik in der Medizin und die neuesten Trends bei ihrer Anwendung kennenlernen</p> <p>FO_Nanoroboter_03_02: Du hast die Möglichkeit, Mikroroboter mit Nanorobotern zu vergleichen und ihre Vorteile und Kontrollmethoden zu entdecken;</p> <p>FO_Regeneration und Stärkung des menschlichen Körpers_03_03: Du erfährst, wie die Nanomedizin das menschliche Leben verlängern kann und ob es vorteilhaft ist, die Nanotechnologie zur Verbesserung bestehender menschlicher Fähigkeiten einzusetzen.</p>

- ## Hauptrichtungen des Einsatzes von Nanotechnologien in der modernen Medizin

Gezielte Verteilung von Medikamenten

Dank der Nanotechnologie kann medizinisches Fachpersonal mit Hilfe von Nanopartikeln Medikamente an eine bestimmte Stelle im Körper bringen. Auf diese Weise wird die Menge der benötigten Medikamente erheblich reduziert und gleichzeitig die Nebenwirkungen verringert. Zunächst wird das Medikament eingekapselt, dann an den Zielort im Körper gebracht und schließlich freigesetzt. Nanopartikel können die Zellmembran durchdringen. Der sichere Eintritt in die Zellen ist ein wichtiger Schritt, um eine hohe therapeutische Wirksamkeit zu erzielen. Die Behandlung wird dann durch ein bestimmtes Signal ausgelöst, z. B. durch ein Magnetfeld, aktivierende Lichtstrahlen einer bestimmten Wellenlänge usw. Die Verabreichung von Arzneimitteln mit Hilfe der Nanotechnologie ist derzeit die dominierende Richtung der Nanoentwicklung in der Medizin.

Definition

Nanopartikel

Nanopartikel werden gemeinhin als Partikel mit einem Durchmesser von 1 bis 100 Nanometern definiert. Partikel dieser Größe können die Zellmembran durchdringen - sie unterliegen daher strengen Sicherheitsvorschriften. Während die Fähigkeit von Nanopartikeln, die Zellmembran zu durchdringen, in vielen Bereichen als Nachteil angesehen werden kann, kann sie in der medizinischen Behandlung mit großem Erfolg eingesetzt werden.

Beispiel

Siliziumdioxid kann in einer Krebszelle eine katastrophale Produktion von Sauerstoffradikalen auslösen, die zum Absterben der Zelle führt. Das Wissenschaftlerteam unter der Leitung von Dalton Tay von der Nanyang Technological University, Singapur, beschichtete Siliziumdioxid-Nanopartikel mit einem Durchmesser von 30 Nanometern mit L-Phenylalanin - einer der essenziellen Aminosäuren, die der menschliche Körper nicht selbst herstellen kann, aber benötigt. Wir müssen Phenylalanin daher über die Nahrung aufnehmen, in der Regel über Fleisch oder Milchprodukte. Auch für Tumorzellen ist Phenylalanin essenziell, weshalb sie es gerne aufnehmen. Mit Phenylalanin erhalten sie jedoch auch einen Siliziumdioxid-Nanopartikel als "trojanisches Pferd". Die neu geschaffenen Siliziumdioxid-Nanopartikel mit Phenylalaninmolekülen zielen ausschließlich auf die Tumorzellen ab, ohne dass ein externer Aktivierungsimpuls erforderlich ist. Sie töteten etwa 80 % der aggressiven Brust-, Haut- und Magentumorzellen.

Diagnostik

Die Nanotechnologie bringt empfindliche und extrem genaue Diagnoseinstrumente hervor. Die geringe Größe von Nanopartikeln birgt Eigenschaften, die für die Bilderzeugung, insbesondere in der Onkologie, sehr nützlich sein können. Quantenpunkte, d. h. Nanopartikel die aufgrund ihrer Größe quantenmechanischen Regeln folgen, können in Kombination mit Magnetresonanz Tumorbilder erzeugen. Wenn sie mit ultraviolettem Licht bestrahlt werden, leuchten die Nanopartikel. Wenn sie injiziert werden, dringen sie in Krebstumore ein. Der Chirurg kann den leuchtenden Tumor sehen und das Bild als Anhaltspunkt nutzen, um den Tumor genauer zu entfernen. Die Nanopartikel leuchten viel heller als organische Farbstoffe, und sie benötigen nur eine einzige Lichtquelle. Fluoreszierende Quantenpunkte erzeugen ein kontrastreicheres Bild und sind zudem günstiger, als organische Farbstoffe, die üblicherweise als Kontrastmittel verwendet werden. In den letzten Jahren haben Wissenschaftler entdeckt, dass sie mit Hilfe von Nanokristallen Zellprozesse auf der Ebene einzelner Moleküle untersuchen können. Dies kann die Diagnose und Behandlung von Krebs erheblich verbessern.

Definition

Quantenpunkt

Ein Quantenpunkt ist ein begrenzter Bereich eines Halbleiters mit einem Durchmesser von etwa 30 nm und einer Höhe von 8 nm, der aufgrund seiner im Vergleich zum Leitungsband des umgebenden Halbleiters niedrigeren Energie in der Lage ist, Elektronen zu binden. Die Elektronen können nur diskrete Energiewerte (Energiequanten) annehmen. Quantenpunkte werden in speziellen Bauteilen verwendet, die mit einzelnen Elektronen oder Photonen arbeiten können.

Beispiel

Nanodiamanten haben eine Größe von etwa 5 Nanometern. Wenn ihre innere Struktur verändert wird, können sie zur Diagnose von Krankheiten - einschließlich Krebs - verwendet werden. Sie fungieren als Miniatursensoren, die in das Innere von Zellen gebracht werden können. Wir können z. B. die Temperatur und den Säuregehalt messen oder die Gegenwart bestimmter wichtiger chemischer Substanzen nachweisen. Nanokristalle können nur dann Informationen über ihre Umgebung liefern, wenn ihr Gitter absichtlich gestört wird. Das Kristallgitter eines Nanodiamanten kann man sich wie einen Eierkarton vorstellen. Jedes der Eier steht für ein einzelnes Kohlenstoffatom, und wenn eines der Atome herausgeschlagen wird, ändern sich die optischen Eigenschaften des Materials vollständig. Neutronen beschließen den Bor-Kern, der anschließend in Kerne von Lithium und Helium zerfällt. Die Teilchen wirken wie eine Hand, die das Atom aus dem Kristallgitter herausreißt. Nach weiteren Modifikationen können die Kristalle fluoreszieren. Und sie können als Sensor fungieren, der von Ärzten zur Erkennung von Tumoren eingesetzt werden kann. Kohlenstoff ist ein Element welches in unserem Körper natürlich vorkommt, d.h. er ist kein Fremdkörper für den menschlichen Organismus. Dadurch können Nanodiamanten andere Kontrastmittel ersetzen und zu einer perfekten Alternative werden.

Design von Gewebeersatzmaterialien

Neue Nanofaserstrukturen ermöglichen eine bessere Heilung von Hautwunden und Knochenbrüchen. Wunden heilen im Vergleich zu bisherigen Behandlungsmethoden bis zu zehn Prozent schneller; die Struktur der Füllung in beschädigten Knochen ist viel robuster, fast identisch mit der des ursprünglichen Knochens, und beschädigte Haut weist am Ende viel weniger Narbenbildung auf. Die Beschaffenheit der Nanofaserschichten ist der der interzellulären Substanz sehr ähnlich. Infolgedessen können neue Zellen erfolgreich auf Nanofaserstrukturen wachsen. Die Palette der biokompatiblen und biologisch abbaubaren Stoffe, die für die Herstellung von Nanofasern für medizinische Zwecke verwendet werden, wird immer größer. Die neue Generation von Nanofasern wird vor allem bei der Behandlung von Wachstumsstörungen, komplizierten Splitterbrüchen, großflächigen Verbrennungen und Schürfwunden zum Einsatz kommen. Neben einer besseren Heilung treten bei komplizierten Fällen von Haut- und Knochenverletzungen auch wesentlich weniger Komplikationen und ein geringerer Prozentsatz von Folgeoperationen auf. Zweikomponenten-Nanofasern verbessern nicht nur die Qualität, sondern auch die Effizienz der Behandlung erheblich. Nanopartikel wie Graphen, Kohlenstoff-Nanoröhrchen usw. werden als Verstärkung bei der Herstellung von starken, biologisch abbaubaren Nanokompositen für die Anwendung in Knochengewebe verwendet. Diese Nanokomposite werden als neue, mechanisch beanspruchbare und leichte Verbundwerkstoffe für Knochenimplantate verwendet.

Definition

Biokompatibilität

Ein Material ist biokompatibel, wenn es im Organismus keine negativen Reaktionen hervorruft.

Biologische Abbaubarkeit

Biologischer Abbau ist ein Prozess der natürlichen Zersetzung einer Substanz durch natürliche biologische Prozesse. Fast jedes Material ist biologisch abbaubar, aber die Zeit, die für die Zersetzung in einer natürlichen Umgebung benötigt wird, kann variieren. An ein Material, das im menschlichen Körper biologisch abgebaut werden soll, werden die höchsten Anforderungen an die Abbaurate gestellt.

Beispiel

Einem Team von Chemikern unter der Leitung von Samuel Stupp von der Northwestern University in Evanston, USA, ist es gelungen Nanofasern zu entwickeln, die den Heilungsprozess beschleunigen. Die Fasern basieren auf amphiphilen Peptiden (d. h. Peptide, die sowohl hydrophile (= wasserliebende) als auch lipophile (= fettliebende) Eigenschaften haben). Wenn sie in den Organismus injiziert werden, bilden die amphiphilen Peptide lange Nanofasern, die sich mit ihren Enden an der verletzten Stelle festsetzen. Die Gruppe um Stupp hat auch amphiphile Peptide mit einer Sequenz von acht Aminosäuren ausgestattet, die Heparin binden. Heparinmoleküle sind extrem "klebrig". Heparin bindet Wachstumsfaktoren, die für die Reparatur und das Wachstum der Blutkapillaren in der Wunde verantwortlich sind.

Nanopartikel gegen antibiotikaresistente Bakterien

Die Zahl der multiresistenten Bakterien hat seit der Erfindung von Antibiotika zugenommen. Dies eröffnet den Raum für neue Technologien mit Nanopartikeln aus Silber, die Bakterien zuverlässig bekämpfen können. Bei der Behandlung mit Nanosilber sinkt die Zahl der Bakterien in Wunden in nur 24 Stunden um vier bis fünf Größenordnungen, was mit Antibiotika nicht erreicht werden kann. Das Ziel ist, dass die Nanopartikel aus Silber Mikroorganismen abtöten, sich aber nicht im Körper des Patienten festsetzen. Beim Auftragen auf die Wunde sollen die Silber-Nanopartikel untrennbar mit der jeweiligen Wundaufgabe verbunden bleiben. Ist das Nanosilber z. B. an ein Polymer in den Nanofasern eines Vliesstoffs kohärent gebunden, erfüllt es seine antibakterielle Funktion und wird später zusammen mit der Nanofasermembran entfernt. Die Nanofasermembran in der Wundaufgabe ist durchlässig für Luftmoleküle, hält aber Mikroorganismen und andere schädliche Substanzen fern.

Definition

Kohärenz

Kohärenz (lat. co-haereo, zusammenhalten) bedeutet Zusammenhalt, entweder physisch oder logisch.

In diesem Zusammenhang bedeutet "kohärent" zusammenhängend, geordnet, nicht trennbar.

- **Wissen sichern**

Zusammenfassung

Du hast das Ende des Lernziels über die **Hauptrichtungen des Einsatzes von Nanotechnologien in der modernen Medizin** erreicht. Da es viel zu lernen gab, bitten wir dich um eine kurze Wiederholung der wichtigsten Dinge, die du zu diesem Thema gelernt hast:

Dank der Nanotechnologie können Fachleute des Gesundheitswesens mit Hilfe von Nanopartikeln Medikamente an eine bestimmte Stelle im Körper bringen. Auf diese Weise wird die Menge der benötigten Medikamente erheblich reduziert und gleichzeitig die Nebenwirkungen verringert. Nanopartikel können die Zellmembran durchdringen. Die Behandlung wird dann durch ein bestimmtes Signal ausgelöst, wie z. B. durch ein Magnetfeld, aktivierende Lichtstrahlen einer bestimmten Wellenlänge usw.

Die Nanotechnologie bringt empfindliche und extrem genaue Diagnosewerkzeuge hervor. Die geringe Größe von Nanopartikeln birgt Eigenschaften, die für die Bilderzeugung, insbesondere in der Onkologie, sehr nützlich sein können. Quantenpunkte können in Kombination mit der Magnetresonanztomographie Tumorbilder erzeugen. Nanopartikel leuchten, wenn sie mit ultraviolettem Licht bestrahlt werden. Wenn sie injiziert werden, dringen sie in Krebstumore ein. Der Chirurg kann den leuchtenden Tumor sehen und das Bild als Anhaltspunkt nutzen, um den Tumor genauer zu entfernen.

Neue Nanofaserstrukturen ermöglichen eine bessere Heilung von Haut- und Knochenwunden. Wunden heilen im Vergleich zu den bisherigen Behandlungsmethoden bis zu zehn Prozent schneller; die Struktur der Füllung in beschädigten Knochen ist viel robuster, fast identisch mit der des ursprünglichen Knochens, und beschädigte Haut weist am Ende viel weniger Narbenbildung auf. Die Beschaffenheit der Nanofaserschichten ist der der interzellulären Substanz sehr ähnlich. Infolgedessen können neue Zellen erfolgreich auf Nanofaserstrukturen wachsen.

Die Zahl der multiresistenten Bakterien hat seit der Erfindung von Antibiotika zugenommen. Dies eröffnet den Raum für neue Technologien mit Nanopartikeln aus Silber, die Bakterien zuverlässig bekämpfen können. Bei der Behandlung mit Nanosilber sinkt die Zahl der Bakterien in Wunden in nur 24 Stunden um vier bis fünf Größenordnungen, was mit Antibiotika nicht erreicht werden kann. Die Nanofasermembran in der Wundauflage ist durchlässig für Luftmoleküle, hält aber Mikroorganismen und andere schädliche Substanzen fern.

Das Thema

Nanotechnologie in der Covid-19-Pandemie

Nanotechnologische Lösungen für die Entwicklung von mRNA-Impfstoffen

Nanopartikel können als Impfstoffträger verwendet werden. Sie schützen den Impfstoff und geben ihm Zeit, eine stärkere Immunreaktion auszulösen. Dank einer Nanolösung haben BioNtech/Pfizer und Moderna die ersten Impfstoffe mit Boten-RNA (mRNA) gegen das SARS-CoV-2-Virus entwickelt. Die neue Klasse von DNA- und RNA-basierten Impfstoffen bietet Nano-Plattformen mit einer genetischen Sequenz spezifischer viraler Proteine für Wirtszellen. Herkömmliche Impfstoffe lösen die Immunreaktion stattdessen durch die Injektion ganzer Viren in den Körper aus, seien es abgeschwächte Lebendviren, inaktivierte oder künstliche Viren. mRNA-basierte Therapien bieten im Vergleich zu anderen Methoden eine Reihe von Vorteilen. Die Verabreichung von mRNA ist sicherer als die Verabreichung eines ganzen Virus oder von DNA, da mRNA nicht infektiös ist und nicht in das Wirtsgenom integriert werden kann; DNA muss in den entschlüsselten Zellkern gelangen, während mRNA direkt im Zytosol (einer der Flüssigkeiten im Inneren von Zellen) verarbeitet wird; mRNA hat eine kurze Halbwertszeit, die durch molekulares Design reguliert werden kann; und schließlich ist sie immunogen (löst eine Immunreaktion aus, so dass der Körper sich selbst verteidigen kann. Damit die mRNA jedoch in vivo (in ganzen, lebenden Organismen oder Zellen) sicher und effektiv transportiert werden kann, ohne dass sie im Blutkreislauf abgebaut wird, und damit sie durch die Plasmamembran der Zelle in das Zytosol gelangt, benötigt sie einen Träger. Für viele mRNA-basierte Therapeutika sind Lipid-Nanopartikel das Mittel der Wahl.

Definition

mRNA in einem Lipid-Nanopartikel

Die mRNA-Moleküle sind im menschlichen Organismus instabil und würden bei einer direkten Injektion im Körper rasch abgebaut werden. Daher werden Lipide zum Schutz der mRNA verwendet, die sich mit der mRNA zu Lipid-Nanopartikeln verbinden. Nach der Injektion in den Körper verschmelzen die Lipid-Nanopartikel mit der Zellmembran und geben die mRNA in das Zytoplasma ab.

Beispiel

Impfstoffe sollen das Immunsystem darauf trainieren, den Teil des Virus zu erkennen, der für die Auslösung der Krankheit verantwortlich ist. Herkömmliche Impfstoffe enthalten entweder abgeschwächte Viren oder deren Proteine. Stattdessen enthält eine mRNA eine Ribonukleinsäure, die das Virusprotein kodiert. Nach der Verabreichung des Impfstoffs verwenden die Muskelzellen die injizierte mRNA als "Vorlage" oder "Matrix", um einen Teil des Spike-Proteins des SARS-CoV-2-Virus zu synthetisieren.

Atemschutzprodukte mit Nanofaser-Membran

Seit 2020 werden Nanofasermembranen verstärkt zum Schutz der menschlichen Atemwege in medizinischen Masken eingesetzt. Das Nanofasermaterial verbessert die Filtrationseffizienz (Abscheiderate) von Nanomasken erheblich, insbesondere im Hinblick auf die kleinsten Partikel. Ein erheblicher Teil der herkömmlichen medizinischen Masken und FFP2-Masken verwendet elektrostatisch aufgeladene Mikrofaserstrukturen (Meltblown, Spunbound usw.) als Hauptfiltrationsmedium. Die elektrostatische Aufladung der Vliesstoffe trägt wesentlich dazu bei, dass die Partikel eingefangen werden. Die Ladung herkömmlicher medizinischer Masken entlädt sich jedoch durch die Feuchtigkeit in der Atemluft des Benutzers und durch die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit. Die 100-prozentige Luftfeuchtigkeit in dem Bereich zwischen dem Mund des Anwenders und einer herkömmlichen medizinischen Maske oder FFP2-Maske verringert die Filtrationsleistung einer solchen Maske in nur zwei Stunden um mehrere zehn Prozent. Nano-Masken basieren nicht auf der Filtration durch elektrostatisch aufgeladene Mikrofasern. Dadurch bleibt ihre Filtrationsleistung (Abscheidegrad) konstant.

Definition

Nanofaser-Membran

Eine Nanofaser-Membran ist ein sehr feines Vlies aus Nanofasern. Der durchschnittliche Durchmesser von Nanofasern liegt in der Regel zwischen 200 und 500 Nanometern. Die durchschnittliche Größe der Poren zwischen den Nanofasern in der Filtrationsschicht einer Nanomaske liegt in der Regel bei Hunderten von Nanometern und übersteigt den Faserdurchmesser um ein Vielfaches. Die Nanofaserschicht besteht jedoch aus einer Vielzahl von Unterschichten, was bedeutet, dass die größten Poren von einer anderen Schicht bedeckt werden. Dadurch ist die resultierende Effizienz beim Einfangen von Partikeln, deren Größe der durchschnittlichen Größe der Poren in der Nanofaserschicht entspricht, deutlich höher als die der größten Poren in einer einzelnen Schicht. Die Porosität der Nanofasermembran spielt eine wichtige Rolle. Die Poren zwischen den Nanofasern machen 85 bis 90 % des Membranvolumens aus. Die Kombination aus einer hohen Anzahl von Poren und ihrer geringen Größe macht den Nanofaserfilter hoch atmungsaktiv und gewährleistet gleichzeitig eine hervorragende Effizienz bei der Abscheidung von Partikeln, einschließlich Viren und Bakterien.

Photokatalytische Entfernung von Mikroorganismen aus der Luft

Beim Prozess der Photokatalyse wandelt Titandioxid die UV-Komponente des Lichts in Energie um und reinigt die Luft von organischen Verunreinigungen wie giftigen Gasen, Pilzen, Viren und Bakterien. Es zersetzt sie in Wasser- und Kohlenstoffdioxidmoleküle sowie harmlose Mineralien. In Innenräumen, in denen die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass sich infizierte Personen aufhalten, kann die photokatalytische Luftreinigung die Konzentrationen von Viren und Bakterien erheblich reduzieren. Dadurch wird das Infektionsrisiko für die Personen im Raum verringert. Titandioxid wirkt noch effizienter, wenn es in nanokristalliner Form verwendet wird. Nanokristalle aus Titandioxid haben eine große reaktive Oberfläche und können daher ein größeres Luftvolumen reinigen. Der UV-Anteil des Lichts regt die Elektronen in den Nanokristallen des Titandioxids an, die dann ihrerseits die Schadstoffe zersetzen. Es gibt Bindemittel in selbstreinigenden funktionellen Beschichtungen, die

Nanokristalle aus Titandioxid zuverlässig verankern können, während sie gleichzeitig sicherstellen, dass das Titandioxid an der Oberfläche der Beschichtung erreichbar ist. Dadurch wird sichergestellt, dass die Beschichtung die Reinigungsfunktion mit der größtmöglichen Effizienz erfüllt.

Definition

Photokatalyse

Photokatalyse ist der Prozess der chemischen Zersetzung von Substanzen mit Hilfe eines Photokatalysators und Lichtstrahlen.

Die Photokatalyse wird im Wesentlichen in zwei Bereichen eingesetzt:

Selbstreinigend - dank der Photokatalyse ist die Oberfläche des Materials resistent gegen die Entwicklung von organischen Verunreinigungen und behält so langfristig ihr ursprüngliches Aussehen und ihre Farbe.

Reinigung des umgebenden Mediums – Reinigung verschmutzter Luft oder verschmutzten Wassers, Beseitigung z. B. von organischen Verunreinigungen, einschließlich Mikroorganismen.

Wenn der Innenraum die Anbringung einer photokatalytischen Beschichtung mit Nanokristallen aus Titandioxid an den Wänden und an der Decke nicht zulässt, können Nano-Luftreiniger verwendet werden, die das gleiche Prinzip der Photokatalyse nutzen. Ein Propeller bläst die verschmutzte Luft in einen Tunnel mit Filtern, die nanokristallines Titandioxid und UV-Lampen enthalten, während die gereinigte Luft wieder in den Raum abgegeben wird. Während klassische HEPA-Filter in Klimaanlage nur für wenige Wochen die volle Wirksamkeit bei der Abscheidung feiner Verunreinigungen gewährleisten, garantieren Nanofilter in Klimaanlage diese Wirksamkeit dank photokatalytischer Reiniger über viele Jahre. Außerdem benötigen sie keine Wartung, da sie selbstreinigend sind.

• **Wissen sichern**

Zusammenfassung

Du hast das Ende des Lernziels über Nanotechnologie in der Covid-19-Pandemie erreicht. Da es viel zu lernen gab, bitten wir dich um eine kurze Wiederholung der wichtigsten Dinge, die du zu diesem Thema gelernt hast:

Nanopartikel können als Impfstoffträger verwendet werden. Sie schützen den Impfstoff und geben ihm Zeit, eine stärkere Immunreaktion auszulösen. Damit mRNA in vivo sicher und effektiv transportiert werden kann, ohne im Blutkreislauf abgebaut zu werden, und durch die Plasmamembran der Zelle in das Zytosol zu gelangen, benötigt sie einen Träger. Für viele mRNA-basierte Therapeutika sind Lipid-Nanopartikel das Mittel der Wahl.

Eine Nanofaser-Membran verbessert die Filtrationseffizienz von Nanomasken erheblich, insbesondere im Hinblick auf kleinste Partikel. Ein großer Teil der herkömmlichen medizinischen Masken und Atemschutzgeräte verwendet elektrostatisch aufgeladene Mikrofaserstrukturen als Hauptfiltermedium. Nano-Masken basieren nicht auf der Filtration durch elektrostatisch aufgeladene Mikrofasern. Dadurch bleibt ihre Filtrationsleistung konstant.

Beim Prozess der Photokatalyse wandelt Titandioxid die UV-Komponente des Lichts in Energie um und reinigt die Luft von organischen Verunreinigungen wie giftigen Gasen, Pilzen, Viren und Bakterien. In Innenräumen kann die photokatalytische Luftreinigung die Konzentrationen von Viren und Bakterien erheblich reduzieren. Dadurch wird das Infektionsrisiko für die Personen im Raum verringert. Titandioxid wirkt noch effizienter, wenn es in nanokristalliner Form verwendet wird. Nanokristalle aus Titandioxid haben eine große reaktive Oberfläche und können daher ein größeres Luftvolumen reinigen.

Das Thema

Zukünftiger Einsatz von Nanotechnologien in der Medizin

Sensoren mit Nanoelektronik

Dank der Nanotechnologie, insbesondere der Nanoelektronik, wird das Gesundheitswesen bald tiefgreifende Veränderungen erfahren, indem die traditionellen Stärken der Halbleiterindustrie - Miniaturisierung und Integration - genutzt werden. Während die konventionelle Elektronik in der Biomedizin bereits zahlreiche Anwendungen gefunden hat - medizinische Überwachung lebenswichtiger Signale, biophysikalische Untersuchungen von Gewebereizstoffen, implantierte Elektroden zur Stimulation des Gehirns, Herzschrittmacher und Stimulation von Gliedmaßen - wird die Verwendung von Nanomaterialien zu einem weiteren Vorstoß in Richtung Implantation von Elektronik in den menschlichen Körper führen.

Definition

Nanoelektronik

Unter Nanoelektronik versteht man die Verwendung von Nanotechnologie in elektronischen Komponenten. Der Begriff umfasst eine Vielzahl von Geräten und Materialien, deren gemeinsames Merkmal darin besteht, dass sie so klein sind, dass interatomare Wechselwirkungen und quantenmechanische Eigenschaften eingehend untersucht werden müssen. Einige dieser Kandidaten sind: hybride Molekular-/Halbleiterelektronik, eindimensionale Nanoröhren/Nanodrähte (z. B. Silizium-Nanodrähte oder Kohlenstoff-Nanoröhren) oder fortgeschrittene Molekularelektronik. Nanoelektronische Geräte haben kritische Abmessungen in einem Größenbereich zwischen 1 nm und 100 nm.

Nanoroboter

Nanoroboter sind so winzig, dass eine Milliarde solcher Nanoroboter zusammen nur die Größe eines Salzkorns hätten. Sie können Orte erreichen, an die kein anderes technisches Gerät, das dem Menschen bekannt ist, passt. Mikroroboter haben die Größe einer menschlichen Zelle und Nanoroboter sind tausendmal kleiner, etwa so groß wie ein Virus. So können Nanoroboter beispielsweise anhand von Temperaturunterschieden Magenkrebs diagnostizieren. Nanoroboter

werden bereits teilweise bei der Tiefenreinigung von Zahnwurzelkanälen eingesetzt. Der Einsatz von magnetischen Nanorobotern in der Augenchirurgie gewinnt ebenfalls an Bedeutung. Durch die Anwendung eines präzisen Magnetfeldes, das den Roboter rotieren lässt, kann der Chirurg den Eingriff mikrometergenau steuern. Nanoroboter funktionieren dann wie ein hochpräzises Skalpell. Es ist offensichtlich, dass sie viel präziser und schonender operieren können als jedes herkömmliche Skalpell.

Definition

Nanoroboter

Nanoroboter sind dynamische Systeme aus molekularen Maschinen von wenigen Nanometern Größe, deren Verhalten dem von lebenden Mikroorganismen nachempfunden ist - ihre Eigenschaften sind ähnlich. Im Gegensatz zu lebenden Zellen können Wissenschaftler die gewünschten Funktionen in Nanoroboter implementieren, z. B. die Fähigkeit, schädliche Chemikalien abzubauen, in denen Bakterien nicht überleben würden.

Viele Techniken zur Aktivierung des Heilungsprozesses von in Nanorobotern enthaltenen Medikamenten sind bereits im Einsatz. Bei der photodynamischen Therapie wird beispielsweise eine lichtempfindliche Substanz zunächst in den Körper des Patienten injiziert und dann auf den Tumor aufgetragen. Anschließend wird die betroffene Stelle von außen mit Licht einer bestimmten Wellenlänge beleuchtet, wodurch die Substanz aktiviert wird. Nanoroboter werden durch Magnetfelder, Ultraschall oder Licht navigiert. Dabei handelt es sich um physikalische Phänomene, die in der Medizin häufig verwendet werden. Der Nanoroboter bewegt sich, indem er chemische Energie aus der Umgebung bezieht. Nachdem er seine Aufgabe erfüllt hat, wird er im Körper abgebaut.

Nanoroboter haben eine um ein Vielfaches größere Oberfläche, sie können viel mehr Medikamente oder spezielle chemische Werkzeuge tragen, die an ihnen angebracht werden können. Gleichzeitig ist ihre Entwicklung jedoch viel komplexer als die von Mikrorobotern, da sie aufgrund ihrer Nanodimension stark von der Brownschen Bewegung (zufällige Bewegung von in einem Gas oder einer Flüssigkeit schwebenden Teilchen) beeinflusst werden. Jeder Nanoroboter ist anders konzipiert. Stelle dir zum Beispiel Transportfahrzeuge vor. Es gibt ein Auto für die Straße, eine Rakete für den Weltraum und ein Schiff für das Wasser. Transportfahrzeuge haben in der Regel einen Motor, aber es gibt auch ein Segelboot oder ein Segelflugzeug. Bei den Nanorobotern ist die Vielfalt ähnlich groß. Die Anzahl der Variationen ist im Grunde endlos.

Beispiel

In den USA gibt es bereits Nanoroboter, die vom Patienten geschluckt werden und dann durch den Magen schweben, um den Tumor zu finden und ihn zu greifen. Im Vergleich zur Laparoskopie, bei der Ärzte eine Gewebeprobe zur Untersuchung entnehmen, ist das Nano-Verfahren wesentlich weniger invasiv. Der Nanoroboter ist so programmiert, dass er den Tumor im Magen anhand seiner Temperatur erkennt, die sich von der anderen Gewebe unterscheidet. Der Nanoroboter ergreift dann den Tumor und hält ihn fest, bis er von den Ärzten mit einem Magneten herausgezogen wird. Das Gewebe wird entnommen, wobei die Wunde minimal ist.

Regeneration und Stärkung des menschlichen Körpers

Künftige Fortschritte in der Medizin werden zu einer Verlängerung des menschlichen Lebens führen, indem sie eine Reihe von Prozessen korrigieren, die für den Alterungsprozess verantwortlich sind. Nanopartikel werden auch eingesetzt, um die natürlichen Reparaturmechanismen des Körpers zu stimulieren. Der Schwerpunkt dieser Forschung liegt auf der künstlichen Aktivierung und Kontrolle von Gewebestammzellen.

Definition

Transhuman

Transhuman oder Transhumanismus ist das Konzept einer Zwischenform zwischen Mensch und Roboter. Mit anderen Worten: Ein Transhuman ist ein Wesen, das in den meisten Aspekten einem Menschen ähnelt, aber über Kräfte und Fähigkeiten verfügt, die über die eines normalen Menschen hinausgehen. Zu diesen Fähigkeiten gehören z. B. verbesserte Intelligenz, Aufmerksamkeit, Stärke oder Ausdauer.

Nanofaserstrukturen werden, wie im vorangegangenen Text erwähnt, derzeit bei der Heilung von beschädigtem Gewebe im menschlichen Körper eingesetzt, da die Beschaffenheit der Nanofaserschichten der Beschaffenheit des interzellulären Materials sehr ähnlich ist. Infolgedessen können neue Zellen erfolgreich auf den Nanofaserstrukturen wachsen. Zweikomponenten-Nanofasern verbessern nicht nur die Qualität der Behandlung, sondern auch die Wirksamkeit der Behandlung erheblich. Allerdings werden nanofaserige Strukturen nicht ausreichen, um vollständige menschliche Ersatzgewebe oder gar ganze Organe herzustellen. Zu diesem Zweck scheint der präzise 3D-Nanodruck eine vielversprechende Technologie zu sein. Dabei handelt es sich um eine ganz besondere Technologie für den 3D-Druck sehr feiner Strukturen mit Präzision im Nanobereich.

Ein weiterer Ansatz zur Optimierung des menschlichen Körpers ist die sogenannte Nanochirurgie. Medizinische Anwendungen der Nanochirurgie könnten als bloße fortschrittliche Techniken zur Wiederherstellung und Erhaltung der menschlichen Gesundheit angesehen werden, aber es gibt ein realistisches Szenario für die Schaffung übermenschlicher Fähigkeiten (sogenannte Transhumane). Die Probleme gehen über das hinaus, was bereits im Zusammenhang mit der Gentherapie diskutiert wird, da bei künftigen chirurgischen Eingriffen Sensoren und Chips im Nanomaßstab implantiert werden könnten, die die bestehenden menschlichen Fähigkeiten verbessern würden.

Beispiel

Wissenschaftlern ist es bereits gelungen, das Sehvermögen einer Maus mit Hilfe von Nanosensor-Implantaten auf das Infrarotspektrum auszudehnen. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die Menschen im Dunkeln besser sehen können. Zunächst müssen wir jedoch erörtern, ob es ethisch vertretbar ist, den menschlichen Körper mit Eigenschaften zu versehen, die er von Natur aus nicht besitzt.

- **Wissen sichern**

Zusammenfassung

Du hast das Ende des Lernziels über den zukünftigen Einsatz von Nanotechnologien in der Medizin erreicht. Da es viel zu lernen gab, sind hier die wichtigsten Dinge, die du zu diesem Thema gelernt hast:

Dank der Nanoelektronik wird es in der Medizinbranche bald zu tiefgreifenden Veränderungen kommen, wobei die traditionellen Stärken der Halbleiterindustrie - Miniaturisierung und Integration - genutzt werden. Nanosensoren werden eine bessere Überwachung der menschlichen Gesundheit und eine frühzeitige Erkennung verschiedener Krankheiten ermöglichen.

Nanoroboter können Orte erreichen, an die kein anderes dem Menschen bekanntes technisches Gerät passen würde. So können Nanoroboter beispielsweise anhand von Temperaturunterschieden Magenkrebs diagnostizieren. Nanoroboter werden bereits teilweise bei der Tiefenreinigung von Zahnwurzelkanälen eingesetzt. Der Einsatz von magnetischen Nanorobotern in der Augenchirurgie gewinnt ebenfalls an Bedeutung. Ihr Einsatz führt zu einer weniger invasiven Behandlung, die oft eine Operation und damit eine Anästhesie überflüssig macht.

Viele Techniken zur Aktivierung des Heilungsprozesses von in Nanorobotern enthaltenen Medikamenten sind bereits im Einsatz. Nanoroboter werden durch Magnetfelder, Ultraschall oder Licht navigiert. Der Nanoroboter bewegt sich, indem er chemische Energie aus der Umgebung bezieht. Nachdem er seine Aufgabe erfüllt hat, wird er im Körper abgebaut.

Nanoroboter haben eine um ein Vielfaches größere Oberfläche, sie können viel mehr Medikamente oder spezielle chemische Werkzeuge tragen, die an ihnen angebracht werden können.

Künftige Fortschritte in der Medizin werden zu einer Verlängerung des menschlichen Lebens führen, indem sie eine Reihe von Prozessen korrigieren, die für den Alterungsprozess verantwortlich sind. Nanopartikel werden auch eingesetzt, um die natürlichen Reparaturmechanismen des Körpers zu stimulieren.

Neue Nanofaserstrukturen ermöglichen eine bessere Heilung von Haut- und Knochenwunden. Wunden heilen im Vergleich zu den bisherigen Behandlungsmethoden bis zu zehn Prozent schneller; die Struktur der Füllung in beschädigten Knochen ist viel robuster, fast identisch mit der des ursprünglichen Knochens, und beschädigte Haut weist am Ende viel weniger Narbenbildung auf.