

Zastosowanie nanotechnologii w białostockich gabinetach stomatologicznych

Agnieszka Porucznik

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
e-mail: porucznik.agnieszka@gmail.com

Witold Łojkowski

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
e-mail: wl@unipress.waw.pl

DOI: 10.12846/j.em.2014.02.06

Streszczenie

Najpopularniejsze w stomatologii nanocząstki, takie jak nanosrebro, nanozłoto, nanokrzemionka czy nanohydroksyapatyt znalazły zastosowanie między innymi w materiałach kompozytowych, masach wyciskowych, systemach wiążących, preparatach przeciwpróchnicznych, a także w pastach do zębów. Produkty ulepszone dzięki nanocząsteczkom wykorzystywane są w niemal każdym gabinecie stomatologicznym, a dentyści chwalą różnorodne właściwości tych preparatów, takie jak: lepsze wyniki pracy, łatwa polerowalność, lepsze dopasowanie koloru, a także długotrwały efekt. Nanotechnologia w stomatologii w przyszłości będzie się rozwijała w takich obszarach jak implantologia, diagnostyka i leczenie raka jamy ustnej oraz nanoroboty dentystyczne. Stosowanie nanopreparatów w praktyce dentystrycznej jest znacznie bardziej rozpowszechnione niż wskazuje polska literatura naukowa i popularno-naukowa oraz ogólna wiedza o nanotechnologii w społeczeństwie.

Słowa kluczowe

nanostomatologia, implanty, nanoroboty

Wstęp

Mimo, że nanotechnologia swoje zastosowanie w stomatologii znalazła stosunkowo niedawno, stała się już nieodłącznym elementem codziennej pracy stomatologów (Saunders, 2009). Produkty z dodatkiem nanocząsteczek srebra lub złota wykazują silne działanie przeciwbakteryjne, przez co zapobiegają stanom zapalnym, co w stomatologii jest jednym z najważniejszych czynników ryzyka. Poza srebrem i złotem ważną rolę odgrywa hydroksyapatyt, stosowany głównie w produkcji implantów zębowych, który zapewnia prawidłowy stopień osseointegracji implantu z kością. Z tych właśnie powodów wyżej wymienione nanocząsteczki są jednymi z najczęściej wykorzystywanych w przemyśle stomatologicznym¹.

Współcześnie nanotechnologia znajduje zastosowanie w niemal wszystkich obszarach stomatologii, począwszy od higieny jamy ustnej poprzez stomatologię zachowawczą, endodoncję, ortodoncję aż po implantologię (Panek i in., 2006). Głównym powodem zastosowań nanotechnologii w dentyście jest niezwykle charakter cząsteczek w skali nano, które wykazują zupełnie odmienne właściwości niż te same w skali mikro. Różnice we właściwościach wynikają przede wszystkim z budowy nanocząsteczek, rodzaju ich powierzchni oraz sposobu ich wytwarzania (Daniszewska, 2006). Zastosowanie nanocząstek złota w stomatologii wynika głównie z jego bakteriobójczego i przeciwgrzybiczego charakteru. Ponadto, nanozłoto zwalcza infekcje, hamuje wirusy i ma zdolność do wyszukiwania i niszczenia komórek rakowych, a także naprawy ludzkiego DNA (Pulit, 2011). Tak jak i nanozłoto, nanosrebro wykazuje właściwości bakteriobójcze a także dezynfekujące. Wynika to między innymi z jego dużej powierzchni właściwej (powierzchni 1 grama materiału), co prowadzi do sytuacji, w której ułamek wszystkich atomów znajduje się na powierzchni i posiada niewysyczone wiązania atomowe (Pulit, 2011). Oprócz wyżej wymienionych cząsteczek, w stomatologii jest wykorzystywany również hydroksyapatyt, który jest składnikiem kości i zębów. W naturalny sposób powstaje on w trakcie biomineralizacji (tworzenie się lub akumulacja minerałów przez organizm, zwłaszcza w tkanki i struktury biologiczne – w tym przypadku kości zębów – struktury twarde). W zastosowaniach w stomatologii występuje on w postaci proszków, kulek lub porowatych bloków. Stosuje się go do bezpośredniego wbudowywania w luki do układu kostnego (na przykład po amputacji fragmentu kości wskutek nowotworu do odbudowy ubytku kostnego), ze względu na jego biokompatybilność

¹ Niniejszy artykuł przedstawia wybrane wyniki pracy inżynierskiej *Zastosowanie nanotechnologii w stomatologii, ze szczególnym uwzględnieniem białostockich gabinetów dentystrycznych*. Bazuje ona na wiedzy wynikającej z przeglądu opracowań naukowych oraz wynikach badań ankietowych przeprowadzonych wśród dentyistów z białostockich gabinetów stomatologicznych.

z tkankami kostnymi. Powleka się nim również części wspólne protez, co pozwala na pobudzenie wzrostu kości na implantach (Wiglusz, 2012).

Przyszłość nanostomatologii jest związana najsilniej, oprócz udoskonalania istniejących już rozwiązań, z implantologią - w celu osiągnięcia jak najlepszego stopnia osseointegracji implantów (Patil i Mehta, 2008), diagnostyką i leczeniem raka jamy ustnej (Gau i Wong, 2007) oraz w przyszłości: nanorobotami stomatologicznymi, które mogłyby się przyczynić do indukcji znieczulenia, natychmiastowej repozycji zębów czy też dokładnego dostarczania niezbędnych leków (Freitas, 2000).

Obecnie do preparatów dostępnych na rynku, wykorzystujących w swoim składzie nanotechnologię, należą pasty do zębów, materiały kompozytowe, masy wyciskowe, preparaty zapobiegające próchnicy, płyny do płukania kanałów zębowych oraz systemy wiążące.

Istotą pracy było stworzenie zwartego opracowania literaturowego na temat zastosowania nanotechnologii w stomatologii. Jest to ważne ze względu na fakt, iż, według wiedzy autorów, w Polsce nie ma podobnego opracowania, opartego na źródłach naukowych. Dodatkowym celem pracy było uzyskanie odpowiedzi na pytanie, jaki jest poziom zaawansowania nanotechnologicznego w białostockich gabinetach stomatologicznych. Osiągnięcie tych założeń może przyczynić się do propagowania wiedzy na temat nanostomatologii oraz wzbudzenia zainteresowania tym tematem wielu osób, w tym stomatologów oraz samych pacjentów. Wyniki pracy mogą posłużyć opracowywaniu działań w ramach Regionalnej struktury rozwoju nanotechnologii.

1. Nanostomatologia w literaturze przedmiotu

O nanotechnologii pisano i pisze się dużo, zarówno w Polsce jak i zagranicą, co powoduje, że dostęp do opracowań naukowych można uzyskać bez problemu. Publikacje o nanostomatologii w języku polskim są nieliczne; najczęściej są to krótkie opracowania w czasopismach naukowych i branżowych lub raporty z badań prowadzonych przez producentów i dystrybutorów produktów stomatologicznych, na przykład Wiglusz – *Nanohydroksyapatyty w zastosowaniach biomedycznych*, Panek i inni – *Zastosowanie nanotechnologii w stomatologii* czy też witryny internetowe, na przykład: www.biomet3i.com, www.dentalnt.com. Inaczej jest z opracowaniami w obcych językach: jest ich wiele.

Artykuły z dzienników stomatologicznych i publikacje światowej sławy naukowców z dziedziny dentystryki są ogólnodostępne i dostarczają wyczerpujących

i dokładnych danych na temat zastosowania nanotechnologii w stomatologii, sposobów tworzenia nowych preparatów oraz produktów z wykorzystaniem nowoczesnej technologii. Najbardziej przydatne materiały pochodzą z takich dzienników, jak: *Journal of Applied Oral Science*, *Journal of Orofacial Sciences*, *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, *The Journal of the American Dental Association* czy *Dental Materials*.

Niniejsze opracowanie opiera się na informacjach z witryn internetowych oraz z zagranicznych dzienników specjalistycznych. Na podstawie opracowań stwierdzono, że na polskim rynku stomatologicznym istnieje szereg produktów z nanotechnologią, między innymi:

- produkty do higieny jamy ustnej – pasty z dodatkami nanohydroksyapatytu, wytwarzającego barierę antybakteryjną oraz z dodatkiem nanocząstek MicroRepair® umożliwiających remineralizację szkliwa i naprawę mikrouszkodzeń;
- produkty wspomagające leczenie przeciwpróchnicze – płyn Nanocare Gold z nanocząsteczkami złota oraz srebra oraz Nanocare Plus wzbogacony o nanokoloidalne srebro oraz złoto do płukania kanałów korzeniowych przeciwdziałający próchnicy, lakier ochronny OliSeal Nano z nanocząstkami apatytu fluorowego, wspomagającego remineralizację tkanek zębowych;
- produkty kompozytowe – służące do wypełnień zębów, wzbogacone o nanocząsteczki, wykazujące odporność na ścieranie podobną do poziomu ścieralności szkliwa oraz zwiększoną wytrzymałość wypełnień w stosowanych obszarach, co zmniejsza ryzyko szybkiego uszkodzenia uzupełnienia ubytku (na przykład: ICE, Ceram X, cała seria Filtek™ czy też Renamel Nano, Show Case – kompozyty nano – mikrohybrydowe, Tetric EvoCeram, Lava Ultimate);
- systemy wiążące – wzbogacone o nanocząsteczki, służą do stworzenia ścisłego połączenia szkliwa i zębiny z materiałem przeznaczonym do wypełnień w celu uniknięcia wytworzenia się szczelin brzeżnych, a w konsekwencji mikroprzecieków (na przykład: FROG, Adper Single Bond 2, Prime&Bond NT, Adper Easy One, Simile);
- materiały do wypełnień – zastosowano w nich wypełniacze nanoceramiczne, nanofilowe, nanohybrydowe (na przykład: Empress Direct, Evetric, Konfill N, Nanocare Gold jako środek uzupełniający do wypełnień);
- masy wyciskowe - z nanocząsteczkami, dzięki którym przy produkcji silikonowych polimerów udało się ulepszyć ich właściwości, przede wszystkim płynność, wzrost wytrzymałości na zerwanie a także zwiększenie odporności na odkształcenie (na przykład: Elite HD+, LuxaCore-Z Dual);
- implanty zębowe – implant firmy Biomet 3i NanoTite – wykorzystujący nanocząsteczki krystalicznego fosforanu wapnia (CaP), (<http://www.biomet3i.com>);

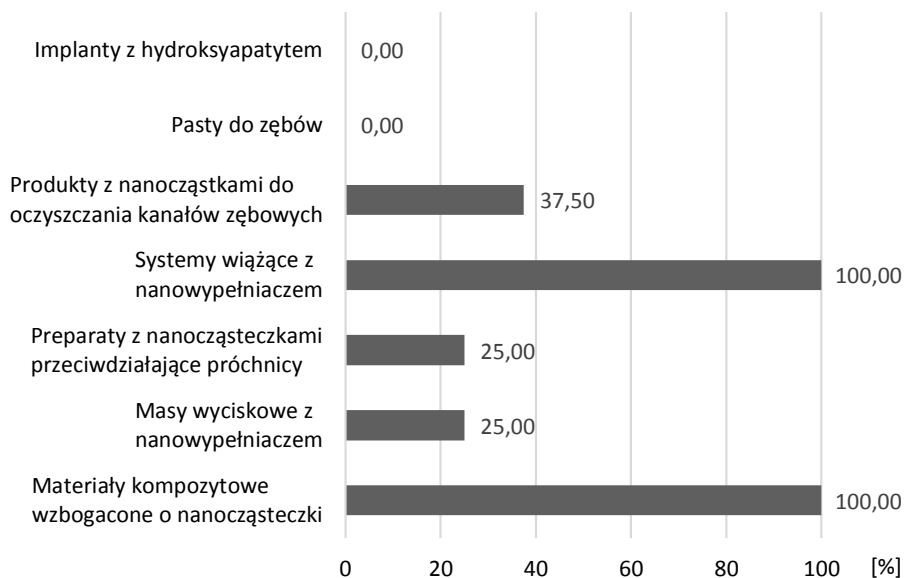
- w ortodoncji – produkcja polimeru z wykorzystaniem nanocząsteczek glinu, znacznie odporniejszego na ścieranie w porównaniu do obecnie dostępnych (<http://www.dentonet.pl>).

2. Metoda badań ankietowych

Do zbadania poziomu zaawansowania nanotechnologicznego białostockich gabinetów stomatologicznych wybrano ankietę kwestionariuszową. Zawierała ona dziesięć pytań otwartych i zamkniętych (pięć zamieszczono w metryczce). Ankieta została dostarczona do stu gabinetów stomatologicznych znajdujących się na terenie Białegostoku. Próba badawcza objęła gabinety prywatne i z umową Narodowego Funduszu Zdrowia (NFZ), z czego 100% pełnych odpowiedzi udzieliło 30 respondentów, 20 osób wypełniło je w 30%, a połowa ankietowanych, to jest 50 osób, nie udzieliło odpowiedzi w ogóle. Do analizy przyjęto 30 w pełni uzupełnionych ankiet (100% odpowiedzi na pytania).

3. Wyniki badań ankietowych

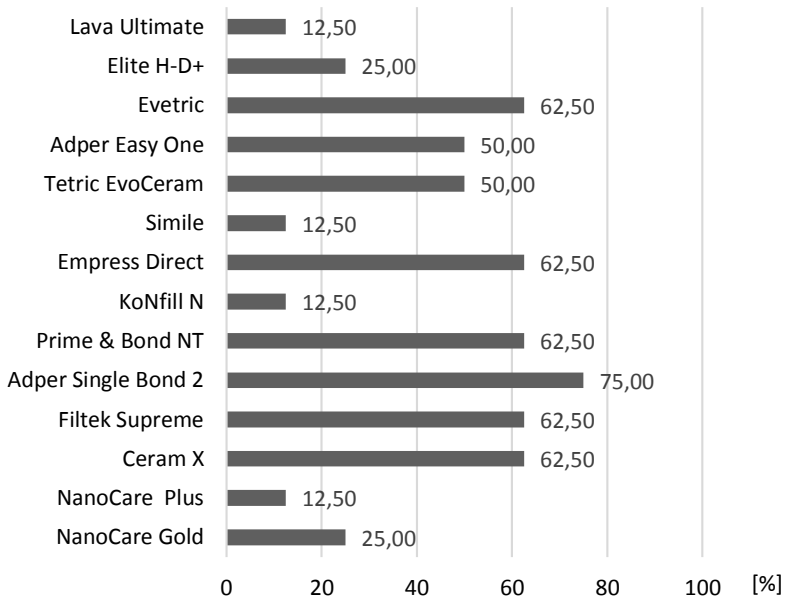
Dostępne na rynku kategorie produktów stomatologicznych wykorzystujących nanotechnologię przedstawiono na rys. 1. Każdy ankietowany stomatolog używa produktów ulepszonych dzięki nanotechnologii.



Rys.1. Stomatolodzy wykorzystujący podane w pytaniu ankietowym produkty stomatologiczne wzbogacone o nanocząsteczki [%]

Źródło: opracowanie własne.

Warto podkreślić, że każdy ze stomatologów korzysta z materiałów kompozytowych wzbogaconych o nanocząsteczki, a także z systemów wiążących z nanowypełniaczem. 38% badanych przyznaje, że używa produktów z nanocząsteczkami do oczyszczania kanałów zębowych, a co czwarty z ankietowanych pracuje z masami wyciskowymi z nanowypełniaczem i preparatami z nanocząsteczkami przeciwdziałającymi próchnicy.

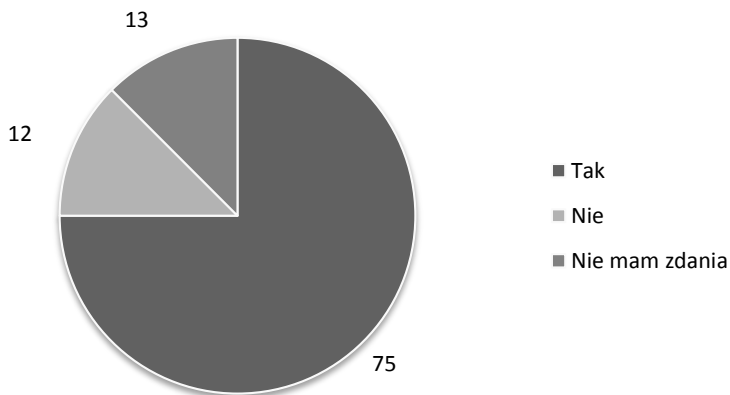


Rys. 2. Dentyści używający produktów stomatologicznych z nanocząsteczkami [%]

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej używanymi produktami z technologią nano są produkty: Adper Single Bond 2 [system łączący stosowany do techniki całkowitego wytrawiania], Ceram X [światłoutwardzalny system materiałów kompozytowych, z nanoceramicznym rodzajem wypełniacza], Filtek Supreme [światłoutwardzalny, nanofilowy materiał do wypełnień], Prime & Bond NT [światłoutwardzalny systemem wiążący], Empress Direct [światłoutwardzalny materiał nanohybrydowy, dedykowany do bezpośrednich wypełnień ubytków w zębach przednich i bocznych], a także Evetric [światłoutwardzalny, nanohybrydowy kompozyt do wypełnień bezpośrednich], (rys. 2). Połowa ankietowanych stomatologów używa Tetric EvoCeram i Adper Easy One, natomiast co czwarty Nanocare Gold i Elite H-D+. 12% badanych stosuje produkty Lava Ultimate, Simile, KoNfill N i Nanocare Plus.

Zależność pomiędzy stosowaniem produktów wzbogaconych o nanocząsteczki a widoczną poprawą efektów pracy dentystów przedstawiono na rys. 3. W ankiecie dodatkowo poproszono stomatologów, aby określili, jakie wymierne korzyści dało się zaobserwować po wprowadzeniu do użytku tych produktów.

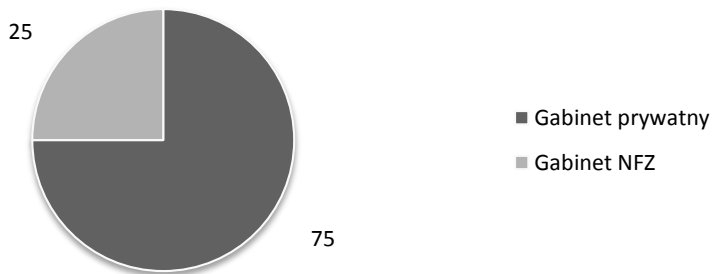


Rys. 3. Poprawa wyników pracy po zastosowaniu produktów stomatologicznych z nanocząsteczkami w porównaniu do wcześniej używanych produktów [%]

Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowana większość - 75% ankietowanych stwierdziło, że wyniki ich pracy znacząco się poprawiły. Były to wyniki wymierne, a wśród najczęstszych wymieniano: trwałość, lepsze dopasowanie wypełnień do naturalnego koloru zębów, ładniejsze wypełnienia po wypolerowaniu, łatwiejsza praca, zwiększona estetyka, osiągnięcie efektu kameleona, w endodoncji natomiast widoczna jest poprawa wyników leczenia, znaczna poprawa gojenia tkanek okołowierzchołkowych, wzrost jakości i wytrzymałości materiałów, lepsza polerowalność materiału. 13% ankietowanych stwierdziło, że nie ma zdania na ten temat, a 12% ankietowanych stomatologów stwierdziło, że nie widzi różnicy w pracy z produktami ulepszonymi dzięki nanotechnologii a dotychczasowymi produktami niebazującymi na niej.

Procentową analizę badanych gabinetów dentystycznych pod względem źródeł finansowania przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Rodzaj gabinetu ze względu na źródło finansowania [%]

Źródło: opracowanie własne.

Gabinet prywatny prowadziło lub współprowadziło 75% ankietowanych, a 25% było zatrudnionych w gabinecie z umową z Narodowym Funduszem Zdrowia. Z analizy pojedynczych ankiet wynika, że gabinety prywatne kładą większy nacisk na używanie najnowocześniejszych produktów stomatologicznych, w tym z technologią nano, a gabinety finansowane z Narodowego Funduszu Zdrowia nie wykazują dużego zainteresowania nowymi rozwiązaniami, co wynikać może z charakteru zawartych umów z Narodowym Funduszem Zdrowia.

4. Dyskusja wyników badania ankietowego

Ze zgromadzonych wyników badań można jednoznacznie stwierdzić, że obecnie we wszystkich gabinetach stomatologicznych używa się produktów wzbogaconych o nanocząsteczki, szczególnie nanosrebro, tlenek cynku lub nanokrzemionkę.

W zdecydowanej większości stomatolodzy korzystają najczęściej z systemów wiążących i materiałów kompozytowych bazujących na innowacjach dzięki nanotechnologii.

Zdecydowana większość, bo aż 75% badanych stomatologów, zgodnie stwierdza, że po wprowadzeniu do swoich gabinetów nanoproduktów stomatologicznych, efekty ich pracy uległy znacznej poprawie, przede wszystkim w kontekście sprawniejszego i dokładniejszego opracowywania ubytków, jak również w odniesieniu do trwałości wypełnień i lepszego dopasowania koloru pod względem estetycznym.

Dużą rolę w oszacowaniu poziomu rozwoju nanotechnologicznego gabinetu ma również źródło jego finansowania. To właśnie gabinety prywatne dysponują większymi środkami na innowacyjne technologie w leczeniu stomatologicznym.

Podsumowanie

Najbardziej przydatne opracowania i źródła naukowe dotyczące nanotechnologii w produktach dla stomatologów pochodzą przede wszystkim z obcojęzycznych branżowych czasopism naukowych.

W Polsce na temat zastosowania nanotechnologii w stomatologii takich opracowań jest zdecydowanie za mało i należałoby tę lukę wypełnić fachowymi publikacjami. Poziom zaawansowania nanotechnologicznego w białostockich gabinetach stomatologicznych jest dobry. Aby go polepszyć, należałoby zainteresować rozwiązaniami nanotechnologicznymi w dentystyce większą liczbę stomatologów i rozpoznać wiedzę na temat nanoproduktów stomatologicznych, a także korzyści płynących z ich zastosowania.

Literatura

1. Biomet3i, <http://www.biomet3i.com> [03.07.2013]
2. Daniszewska A. (red.), (2006), *Metalic Nano – materials and Nanostructures: Development of Technology Roadmap*, Solid State Phenomena 114, s. 345-391
3. Freitas Jr. R. A. (2000), *Nanodentistry*, The Journal of the American Dental Association, 131 (11), s. 1559-1566
4. Gau V., Wong D. (2007), *Oral fluid nanosensor test (OFNASET) with advanced electrochemical-based molecular analysis platform*, Annals of the New York Academy of Sciences 1098, s. 401-10
5. Nanotechnologia w ortodoncji, <http://www.dentonet.pl> [04.07.2013]
6. Nazarko J. (red.), (2013), *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do 2020 roku. Przelomowa wizja regionu*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok
7. Nazarko J., Magruk A. (red.), (2013), *Kluczowe nanotechnologie w gospodarce województwa podlaskiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok
8. Panek H., Kawala M., Zdanowski J., *Zastosowanie nanotechnologii w stomatologii*, <http://prot.stomat.net/upload/articles/3/216.pdf> [01.06.2013]
9. Pulit J., Banch M., Kowalski Z. (2011), *Właściwości nanocząsteczek miedzi, platyny, srebra, złota i palladu*, Chemia. Czasopismo techniczne 10 (108), s. 204 -206

10. Saunders S. A. (2009), *Current practicality of nanotechnology in dentistry. Part 1: Focus on nanocomposite restoratives and biomimetics*, *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, November 2009, p.47-49
11. Wiglusz R. J., *Nanohydroksyapatyty w zastosowaniach biomedycznych*, <http://www.postepy-farmacji.pl> [30.06.2013]

The application of nanotechnology in Białystok dental offices

Abstract

Nanoparticles, such as nanosilver, nanogold, nanosilica or nanohydroxyapatite hydroxyapatite can be applied in dentistry as components of composite materials, impression masses, binding systems, anticaries preparations, as well as toothpastes. Products enhanced with nanoparticles are used in almost every dental office. Dentists appreciate several properties of these preparations, such as improved performance, easy polishing, better color matching and long-lasting effect. Considering the direction of the development of nanotechnology in dentistry in the future, these are areas such as implantology, diagnosis and treatment of oral cancer and dental nanorobots. The use of nano-preparations in dental practice is much more widespread than one would expect on the basis of Polish literature and popular science and general knowledge about nanotechnology in society.

Keywords

nano-dentistry, implants, nanorobots