

# Całkowicie zintegrowany proces diagnostyczny dzięki postępom w technologii skanowania

Autorzy: Tim Nolting, Dr MSc, Frédéric Poirier i Thomas Giblin, BSc, BDent(Hons)

## Streszczenie

System obrazowania iTero Element 5D to pierwszy skaner wewnątrzustny 3D zintegrowany z technologią obrazowania w podczerwieni bliskiej (ang. near-infrared imaging, NIRI). NIRI ma potencjał do zrewolucjonizowania leczenia pacjentów i ogólnego przepływu pracy w gabinetach stomatologicznych. Ta technologia pomaga stomatologom we wczesnym wykrywaniu próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami, która jest, według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), jednym z największych zagrożeń dla zdrowia jamy ustnej (równoważnym pod względem ciężkości z chorobą przyzębia).

W paśmie elektromagnetycznym podczerwieni bliskiej, od 0,7 do 2,0  $\mu\text{m}$ , system obrazowania iTero Element 5D wykorzystuje światło o długości fali (= 850 nm), które wchodzi w interakcję z tkanką twardą, aby zapewnić dodatkowe dane o strukturze zębów. Zębina będzie mieć jasne zabarwienie, z obszarami zmian chorobowych lub demineralizacji w postaci białych plam. System obrazowania iTero Element 5D, czyli najnowsze wcielenie technologii NIRI, to „innovacyjna, zintegrowana optyczna pomoc

diagnostyczna”, wykorzystująca laser klasy 1, jak stwierdził Keshav w iTero Element 5D Clinical Guide (Near-infrared imaging technology in dentistry — iTero Element 5D). Daje ona stomatologom możliwość uwidocznienia wielu wymiarów danych, a także wirtualnej manipulacji modelem w celu uzyskania wszechstronnego widoku. Jest to kolejny logiczny krok w technologii diagnostyki cyfrowej, który szybko zastępuje zarówno konwencjonalne wyciski, jak skanery wewnątrzustne pierwszej generacji. Zaawansowana technologia skanowania wraz ze sztuczną inteligencją (ang. artificial intelligence, AI) optymalizują proces leczenia i diagnozowania stomatologii przyszłości.

## Słowa kluczowe

System obrazowania iTero Element 5D, edukacja pacjentów, technologia obrazowania w podczerwieni bliskiej (ang. near-infrared imaging, NIRI), diagnostyka stomatologiczna, próchnica powierzchni stycznych, odbudowy, wdrażanie technologii, przepływ pracy w gabinecie, rozwój praktyki, sztuczna inteligencja (AI)

Niniejsza biała księga została napisana wspólnie przez 3 dentystów, którzy używali iTero Element 5D przez co najmniej 6 miesięcy i odwołuje się do ankiety przeprowadzonej wśród 15 stomatologów praktykujących w Niemczech, Włoszech, Wielkiej Brytanii, Francji, Hongkongu, Australii i Kanadzie.



## Wprowadzenie: Wpływ wdrożenia technologii na rozwój praktyki

**W** tym dokumencie podkreślono, na jakie sposoby wdrożenie i zintegrowanie nowych technologii [w szczególności NIRI, systemu obrazowania iTero Element 5D i sztucznej inteligencji (AI)] usprawni przepływ pracy gabinetu stomatologicznego, zoptymalizuje diagnostykę i planowanie leczenia oraz zwiększy wydajność praktyki. Konwencjonalne metody diagnozowania próchnicy zębów i innych chorób jamy ustnej opierają się na metodach wizualnych i dotykowych w połączeniu z radiografią (rtg). Te metody mogą mieć istotne wady w zakresie widoczności, dostępności i subiektywności oceny, równoważne pod względem ciężkości choroby przyzębia.<sup>1</sup>

Skanery wewnątrzustne (ang. intraoral scanners, IOS) pierwszej generacji wymagały zastosowania proszku na zęby w celu zaczernienia; może to być niewygodne i problematyczne dla stomatologa lub asystenta dentystrycznego, a także dla pacjenta. Ponadto te pierwsze skanery wewnątrzustne były niewiele więcej niż systemami wycisków cyfrowych. Od tego czasu postępy w technologii laserowej i szybkości skanowania, a także udoskonalone wyświetlacze prezentujące barwne modele 3D łuków zębowych, takie jak system obrazowania iTero Element 5D, zwiększyły atrakcyjność i funkcjonalność technologii IOS przy wykorzystywaniu w stomatologii ogólnej.<sup>1</sup>

Najbardziej nowoczesne jest wykorzystywanie NIRI do obrazowania diagnostycznego, które działa przez emitowanie światła podczerwonego do powierzchni zęba. Światło przenika przez wysoce rozpraszającą zębinę, odzwierciedlając szkliwo koron i tworząc obraz powierzchni okluzyjnych. Chociaż wiele nowych ognisk próchnicy występuje w jamkach i szczelinach, a z tego powodu nie można ich wykryć przy zastosowaniu konwencjonalnego rtg ze względu na nakładającą się topografię powierzchni zęba lub zębów tylnych,<sup>2,3</sup> dentyści mogą wyszukiwać tego typu próchnicę przy użyciu sondy. Skanowanie NIRI jest szczególnie przydatne do wykrywania próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami, która jest trudna do zobaczenia okiem nieuzbrojonym lub przy użyciu rtg, a niemożliwa do wykrycia przez sondowanie. Ankieta przeprowadzona wśród stomatologów wykorzystujących skaner iTero Element 5D w

ramach swojego protokołu diagnostycznego wykazała, że 87% jej uczestników zwiększyło ilość zdiagnozowanej próchnicy powierzchni stycznych przeciętnie o 56%. Obrazowanie w bliskiej podczerwieni wykazuje potencjał do umożliwienia doskonałej wydajności diagnostycznej, szczególnie jeśli jest zsynchronizowane z najnowszymi technologiami AI do udoskonalonej diagnostyki i projektowania odtwarzania.

## Doświadczenie pacjenta w trakcie wizyty

W odróżnieniu od konwencjonalnego obrazowania stomatologicznego rtg NIRI nie naraża pacjenta ani stomatologa na promieniowanie jonizujące i jego potencjalnie szkodliwe skutki i dlatego może być bezpieczne stosowane, kiedy tylko lekarz podejrzewa występowanie próchnicy zębowej lub innego schorzenia, które może być zamaskowane przez szkliwo.<sup>1</sup> Skan może dostarczyć bardziej zniuansowanych informacji i służyć jako uzupełnienie tradycyjnych radiogramów i fotografii z jamy ustnej, a w niektórych przypadkach nawet zastępuje konwencjonalne metody diagnostyczne. Jest to wyraźna korzyść, poprawiająca edukację pacjentów i przepływ pracy gabinetu stomatologicznego oraz zmniejszająca ryzyko związane z diagnostycznym promieniowaniem rentgenowskim.

IOS ma najszerze wskazania do stosowania klinicznego, a wirtualne wyciski tworzone przy użyciu technologii NIRI są wykorzystywane w szerokiej gamie procedur stomatologii ogólnej i różnych dyscyplinach specjalistycznych, łącznie z protetyką, implantologią i ortodontcją.<sup>4</sup> Uzyskane obrazy mogą być łatwo wykorzystywane do zapewnienia wszechstronnego obrazu anatomii jamy ustnej. Badacze stomatologiczni, łącznie z osobami które w 2017 roku prowadziły w Massachusetts Institute of Technology badanie z udziałem 10 uczestników z różnymi stanami stomatologicznymi, zgadzają się, że obrazy w bliskiej podczerwieni cechują się wyższą jakością niż konwencjonalne radiogramy, a dzięki temu stanowią lepszą pomoc diagnostyczną.<sup>3,1,5,6</sup> Podobnie badanie z 2018 roku porównało NIRI do skrzydłowo-zgryzowej radiografii cyfrowej (DBW) pod kątem niezawodności w obrębie jednej grupy i między grupami egzaminatorów, wykorzystując 12 egzaminatorów i 100 obrazów. Niezawodność w obu przypadkach była znacznie większa w przypadku obrazów

w bliskiej podczerwieni wykorzystywanych do wykrywania próchnicy.<sup>6</sup>

### Lepsza komunikacja z pacjentem i wygoda

Dzisiejsi pacjenci są lepiej wykształceni i lepiej poinformowani o swoim zdrowiu niż kiedykolwiek wcześniej. Większość z nich chce rozumieć proces diagnozowania i brać aktywny udział w leczeniu. Jednak w badaniu z 2013 roku dotyczącym rozumienia i zapamiętywania przez pacjentów Misra et al wyciągnęli zdecydowany wniosek, że „pacjenci nie pamiętają tak dużo porad i uzgodnionych działań dotyczących przyszłej opieki stomatologicznej, jak sądzili stomatolodzy po rozmowie z nimi. Te wyniki świadczą o przestrzeganiu przez pacjentów instrukcji w zakresie zdrowia jamy ustnej.”<sup>7</sup>

Zasadne jest przyjęcie założenia, że rozbieżność między informacjami przekazywanymi przez lekarzy i zapamiętanymi przez pacjentów mogłaby być zmniejszona dzięki zastosowaniu pomocy wizualnych, w tym skanów. Możliwość pokazania pacjentom obrazu ich jamy ustnej, w przeciwieństwie do samego objaśnienia ustnego lub jako jego uzupełnienie, to potężne narzędzie edukacyjne, które może zwiększać poziom przestrzegania wskazówek przez pacjentów. Jako przykład znaczenia wykorzystania technologii, przeprowadzone w 2018 roku badanie z udziałem 291 nastoletnich pacjentów stomatologicznych, wykazało, że wpływ aplikacji mobilnej na edukację w zakresie zdrowia jamy ustnej zwiększył poziom wiedzy użytkowników i stworzył mierzalnie lepszy standard higieny jamy ustnej.<sup>8</sup> Ogólnie wykazało to, że pacjenci pozytywnie reagują na pomoce technologiczne i wizualne.

System obrazowania iTero Element 5D ma większy ekran wyświetlacza i jest tak skonstruowany, by szybciej gromadzić dane niż skanery Element poprzednich generacji. Te parametry umożliwiają lekarzowi bezpośrednią ocenę skanu pacjenta i skierowanie jego uwagi na konkretne obszary pokazane na ekranie w momencie postawienia diagnozy. Zwykło się mówić, że obraz jest wart więcej niż tysiąc słów, i rzeczywiście

pacjenci wykazują większe zaufanie i lepsze zrozumienie w przypadku interpretowania skanowanych obrazów ze swoimi lekarzami niż wówczas, gdy pokazuje im się zdjęcie stomatologiczne. Obrazy wytwarzane przez system obrazowania iTero Element 5D wyglądają znajomo dla laika; są bardzo podobne do fotografii cyfrowych i innych powszechnie wykorzystywanych obrazów komputerowych, które na dobre zagościły w codziennym życiu. Może to być pomocne w edukowaniu pacjentów i ułatwianiu im zrozumienia leczenia. Z ankiety przeprowadzonej wśród stomatologów wynika, że 100% użytkowników zgadza się, że skaner iTero Element 5D umożliwia lepszą edukację pacjentów i ich zwiększenie ich świadomości w zakresie zdrowia jamy ustnej. To z kolei może się przekładać na zwiększoną akceptację leczenia przez nich. Ta sama anketa pokazuje zgodną opinię użytkowników, że możliwości skanera iTero Element 5D w zakresie obrazowania i wizualizacji prowadzą do zwiększonej akceptacji zalecanego leczenia próchnicy przez pacjentów.

Doświadczenie pacjentów jest także wzmocnione dzięki temu, że proces skanowania jest często wygodniejszy od tradycyjnych wycisków i radiofotografii. Szybkość i możliwość omawiania przez pacjentów obrazów bezpośrednio z lekarzem jest dla nich także przyjemna. Angażowanie pacjentów w ten proces zachęca ich do zadawania pytań, co umożliwia stomatologowi rozwiewanie wszelkich wątpliwości. W efekcie umożliwia to pacjentom podejmowanie świadomych decyzji odnośnie do leczenia.

W szczególności opcja filmu poklatkowego uwydatnia wszelkie zmiany w czasie, niezależnie od tego, czy przedmiotem obaw jest zużycie zęba czy jego ruchomość. Symulator wyniku zapewnia 60-sekundową demonstrację potencjalnego wyniku, z fotografią poklatkową, która porównuje zmiany obrazu w czasie, aby uchwycić postęp.<sup>3</sup> Dzięki temu pacjenci mogą zobaczyć i łatwo zrozumieć zmiany zachodzące w swojej jamie ustnej. Jest bardziej prawdopodobne, że będą kontynuować leczenie, jeśli w pełni zrozumieją sytuację i skutki zaniechania terapii. Dzięki skanowi mogą w pełni wizualizować rozwój sytuacji.



Czas zaoszczędzony dzięki wykorzystywaniu zaawansowanej pomocy diagnostycznej w postaci skanowania, takiej jak system obrazowania iTero Element 5D, umożliwia lekarzom i technikom poświęcenie uwagi na osobiste doświadczenie pacjentów oraz zwiększa ich akceptację dla zaleconego leczenia. Obecność najnowocześniejszej technologii w gabinecie stomatologicznym zwiększa zaufanie pacjentów, którzy widzą, że ich lekarz korzysta z zaawansowanej diagnostyki. To zwiększone zaufanie może następnie prowadzić do zwiększenia akceptacji leczenia. Na przykład w ankiecie przeprowadzonej wśród stomatologów, którzy wprowadzili skaner iTero Element 5D do swojego protokołu diagnostycznego, 79% uczestników zgłosiło przeciętnie 71% wzrost akceptacji pacjentów dla leczenia próchnicy powierzchni stycznych. Podsumowując, bardziej zaawansowana diagnostyka sprzyja poprawie komunikacji oraz poprawie samopoczucia i zdrowia pacjentów. Powiązanie zadowolenia pacjentów i wyższych poziomów akceptacji zalecanego leczenia z powodu lepszej diagnostyki, łącznie z oszczędzającą czas wydajnością skanowania NIRI, to przepis na znaczny wzrost przychodów praktyki.

### Wiele przypadków odtwarzania z lepszymi wynikami klinicznymi

Ogólna wydajność systemu obrazowania iTero Element 5D oznacza bardziej uporządkowany przepływ pracy w gabinecie stomatologicznym. Dzięki iTero Element 5D skan jest uzyskiwany na początku każdej wizyty. Inne metody diagnostyczne mogą, ale nie muszą być konieczne, ponieważ skan nie zastępuje fizycznego badania wewnątrz- i zewnątrzustnego. Jednak z naszego doświadczenia wynika, że początkowy skan często eliminuje konieczność wykonywania nieporęcznego i czasochłonnego obrazowania rtg, co oznacza także nienarażanie pacjentów na emisję promieniowania jonizacyjnego.

Dr Nolting stwierdził w swojej praktyce, że dzięki systemowi obrazowania iTero Element 5D wykrywa się o około 5% więcej próchnicy niż w przypadku konwencjonalnej diagnostyki. Wynika to po części z uproszczenia przepływu pracy w gabinecie – obecnie, wykorzystując zaawansowane skanery, lekarze mogą przyjmować więcej pacjentów, ponieważ poświęcają mniej czasu, ale potrafią także wykrywać nieprawidłowości, które mogły być wcześniej przeoczone.

W porównaniu z konwencjonalnymi radiogramami skan 3D zapewnia bardziej wszechstronny dostęp, który umożliwia lekarzowi obejrzenie wszystkich powierzchni każdego zęba. Dzięki temu skanowanie jest bardziej efektywne w ujawnianiu próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami.

Ankieta przeprowadzona wśród stomatologów, którzy włączyli skaner iTero Element 5D do swojego protokołu, wykazała, że 79% uczestników zgłasza przeciętny wzrost liczby wyleczonych przypadków odtwarzania o 32%, równocześnie informując o zwiększeniu o 57% liczby wyleczonych przypadków próchnicy powierzchni stycznych. Te wzrosty spowodowały wzrost przychodów gabinetów wieloosobowych i jednoosobowych przeciętnie o odpowiednio 25% i 34%. Także możliwość wglądu w wewnętrzną anatomię zęba w trakcie leczenia pozwala stomatologom mniej uszkadzać strukturę zęba dzięki jakości zachowanego szkliwa. Prowadzi to do poprawy stanu zdrowia pacjenta, wydajności zapobiegania, dobrego udokumentowania wolumenu i wzrostu praktyki, a także zwiększonego wskaźnika utrzymania pacjentów. Ankieta przeprowadzona wśród użytkowników skanera iTero Element 5D wykazała, że 93% jej uczestników potwierdza udoskonalone możliwości komunikacyjne skanera iTero Element 5D i spodziewa się poprawy wskaźnika utrzymania pacjentów przez praktykę. Rozpoczynając każdą wizytę od wykonania skanu, stomatolodzy uzyskują możliwość wykrywania próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami w jej najwcześniejszych stadiach, zanim będzie ona widoczna na skrzydłowo-zgryzowym radiogramie cyfrowym.

### Tworzenie wydajności dla przepływów pracy odtwarzania i laboratoriów

W przeszłości wielu stomatologów odczuwało presję do inwestowania w prowadzenie własnych laboratoriów w celu wykonywania precyzyjnych odtworzeń. Obecnie skanowanie może zastąpić ten czasochłonny proces tworzenia modelu, a następnie wykorzystywania wosku do stworzenia modelu zębów w laboratorium, co oznacza poświęcanie znacznej ilości czasu na każdy ząb. Dzięki systemowi obrazowania iTero Element 5D asystent dentystyczny wykonuje skan i naciska przycisk „prześlij” — to takie proste!

Modele mogą być dostarczane do gabinetu w ciągu 2–3 dni przy wykorzystaniu laboratoryjnego przepływu pracy

## Całkowicie zintegrowany proces diagnostyczny dzięki postępom w technologii skanowania

lub wykonywane bezpośrednio w gabinecie w ciągu 1–2 godzin za pomocą drukarki 3D. Zastępuje to tradycyjny proces, który wymaga zatrudnienia technika w pełnym wymiarze czasu pracy oraz dodatkowej przestrzeni fizycznej na laboratorium. Lepsza organizacja praktyki dzięki zastosowaniu nowych technologii cyfrowych będzie wymagać mniejszej liczby pracowników i mniej przestrzeni, pozycjonując skanowanie Niri jako domyślną metodę monitorowania i diagnostyki.

Na przykład najważniejszym efektem w przypadku odtworzeń jest oszczędność czasu, którą można osiągnąć na każdej koronie. Wyciski cyfrowe okazały się być zadowalającą alternatywą dla konwencjonalnych metod tworzenia wycisków.

Badanie Seelbacha i wsp. z 2013 r. wykazało, że systemy wycisków cyfrowych umożliwiają wytwarzanie stałych odtworzeń protetycznych o podobnej dokładności do konwencjonalnych metod wycisków.

<sup>9</sup> W ten sposób skanowanie oszczędza cenny czas gabinetu, umożliwiając stomatologom zlecenie na zewnątrz wielu pracochłonnych kroków związanych z odtworzeniami i skoncentrowanie się na własnej pracy przy projektowaniu i wykańczaniu. Jest to także przydatna metoda dokumentowania bieżących problemów i terapii.

Skanowanie jest nie tylko przydatne do wytwarzania koron i mostów oraz diagnostyki, może być także płynnie wkomponowane w codzienną praktykę, aby pomóc stomatologom w monitorowaniu zdrowia jamy ustnej pacjentów. System obrazowania iTero Element 5D jest bardziej wszechstronny niż skanery starszej generacji i wyraźnie kompatybilny z Invisalign. Zapewniając wyraźną porównywalność iTero, Invisalign kontynuuje udoskonalanie konstrukcji i funkcjonalności, aby ten system nie był tylko skanerem, ale bardziej wszechstronną pomocą diagnostyczną.

### Łatwość użycia i precyzja

System obrazowania iTero Element 5D zawiera lekką i smukłą głowicę skanującą. Jest przyjazny dla użytkownika, skanuje z szybkością 6000 ramek na

sekundę (20 razy szybciej niż wcześniejsze modele skanera iTero), a jego obsługę można bardzo szybko opanować.<sup>10</sup> Ten system daje możliwość wykonywania zrzutów ekranu oraz różne widoki, w tym widok z kamery wewnątrzustnej, Niri i obraz monochromatyczny. Wszechstronne archiwum filmów szkoleniowych jest dostępne w witrynie pomocy iTero,<sup>11</sup> co ułatwia technikom uzyskiwanie odpowiedzi na pytania i odbycie szybkiego szkolenia w zakresie korzystania z tej technologii w każdym kontekście diagnostycznym. Ponadto witryna systemu (myitero.com) zapewnia lekarzowi możliwość zapisywania przypadków, dzięki czemu stomatolog może w dowolnym momencie przeglądać przypadki.

Skanowanie jest nieinwazyjne. Stosowanie skanera wewnątrzustnego umożliwia zapewnienie lepszych doświadczeń pacjentowi pod względem wygody, krztuszenia się, możliwości oddychania i doznań zapachowych w porównaniu z konwencjonalnymi wyciskami. Jest on prostszy, czystszy, bezpieczniejszy i bardziej przyjazny dla pacjenta niż inne pomoce i metody diagnostyczne.

### Zapobieganie szkodliwemu promieniowaniu związanemu z radiogramami

Nie można przecenić zalet obrazowania Niri w porównaniu z rtg. Poza praktycznymi zaletami — ogólna efektywność czasowa, oszczędność czasu pracy (a co za tym idzie – pieniędzy), pliki łatwe do usunięcia i odtworzenia, łatwość przechowywania plików w formie cyfrowej oraz przysyłanie obrazów między stomatologami przez transfer elektroniczny,<sup>4</sup> najbardziej oczywistym pożądanym wynikiem jest wyeliminowanie ryzyka napromieniowania pacjenta i stomatologa. W 2018 roku Hwang i wsp. opublikowali przegląd 2158 badań, aby podsumować wyniki prac nad związkiem między narażeniem na promieniowanie rtg w stomatologii i zagrożeniami dla zdrowia. Chociaż poziom narażenia przez rtg w diagnostyce stomatologicznej jest niższy niż w przypadku promieniowania medycznego, narażenie na promieniowanie zawsze pociąga za sobą ryzyko.<sup>12</sup>





W związku z tym, w przypadku pewnych kategorii pacjentów, w szczególności osób o niskim ryzyku rozwoju próchnicy, a także u kobiet w ciąży, regularne uzyskiwanie radiogramów skrzydłowo-zgryzowych nie jest ani wskazane ani zalecane.<sup>13,6</sup> Wszelka pomoc diagnostyczna lub technologia, która pomaga wyeliminować konieczność stosowania rtg stanowi postęp w metodach leczenia.

Ponadto technologia NIRI okazała się tak samo skuteczna w wykrywaniu próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami jak radiogramy,<sup>1</sup> a może nawet skuteczniejsza — badanie przeprowadzone przez University of California School of Dentistry wykazało, że w przypadku użycia tradycyjnych radiogramów próchnica powierzchni stycznych nad dziąsłami pozostaje niezdiagnozowana nawet w 40% przypadków.<sup>14</sup> Aby konwencjonalne rtg niezawodnie wykryło zmiany próchnicze, próchnica musi być już dość zaawansowana.

Obraz z podczerwieni bliskiej może pomóc stomatologom w wykrywaniu próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami tygodnie lub miesiące przed tym, kiedy jest ona na tyle zaawansowana, by mogła być uwidoczniiona na konwencjonalnych radiogramach. Rozpoczęcie każdej wizyty od skanowania zmniejszy ilość przyjmowanego promieniowania rentgenowskiego, ograniczając narażenie na promieniowanie przy zwiększonej dokładności diagnostycznej. Nawet w niejednoznacznych przypadkach, kiedy lekarz uważa, że rtg jest konieczne do uzyskania większej pewności diagnozowania, początkowy skan jest zawsze skuteczną pomocą, umożliwiającą wyeliminowanie zbędnego kroku i zwiększenie zaufania pacjentów.

### Ewolucja technologii gabinetu stomatologicznego

Podobnie jak w innych zawodach, postęp technologiczny

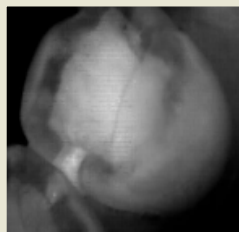
## Analizy przypadku, wspierające wydajność i lepsze wyniki kliniczne dzięki skanowaniu



Rycina 1. Skan iTero Element 5D



Rycina 2. Zdjęcie wewnętrzne



Rycina 3. Obraz NIRI



Rycina 4. Chory ząb, gotowy do leczenia



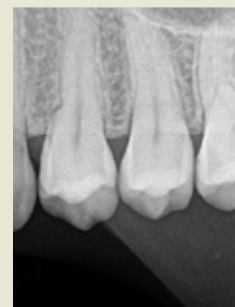
Rycina 5. Stwierdzono zmianę próchniczną

### PIERWSZA ANALIZA PRZYPADKU — *proksymalna zmiana próchnicowa*

Rutynowe badanie stomatologiczne nie wykazało u pacjenta objawów ani wyraźnie widocznych oznak próchnicy, ale skan ujawnił proksymalną zmianę próchnicową. Skan iTero Element 5D (rycina 1) pozwolił uzyskać takie same informacje jak fotografie wewnętrzne (rycina 2) — małe białe plamy powierzchniowe na #5.<sup>1</sup>

Przywierzchołkowe rtg nie wykazało żadnych istotnych zmian chorobowych, ale skan barwny

iTero i dane z NIRI (jasne punkty w obszarze dystalnym) (rycina 3) zachęcały do usunięcia powierzchniowej struktury zęba, aby ujawnić zaawansowaną zmianę próchnicową (rycina 4), która była następnie leczona.<sup>1</sup> Rycina 5 pokazuje zmianę próchnicową. W ramach rutynowej kontroli zalecono także okołowierzchołkowe rtg. Radiogram nie dostarczył żadnych istotnych wyników (rycina 6).



Rycina 6. Rentgenowskie zdjęcie okołowierzchołkowe

## Całkowicie zintegrowany proces diagnostyczny dzięki postępom w technologii skanowania

poprawia organizację miejsca pracy stomatologa i pomaga zmniejszyć zagrożenia dla zdrowia lekarzy i pacjentów. Technologia NIRI dobrze wpasowuje się w dominujący tryb stomatologii wszechstronnej, ponieważ umożliwia lekarzom zaangażowanie pacjentów, wyraźnie pokazując im, za pomocą łatwych do zrozumienia obrazów, złożoną zależność między dobrym stanem jamy ustnej i ogólnym samopoczuciem. Wydaje się zasadnym uogólnienie, że technologia NIRI powinna być przydatną pomocą do podkreślania implikacji prowadzonego leczenia.

W przypadku praktyk, które już były na drodze do cyfryzacji większości papierowego przepływu pracy i codziennego zarządzania (ustalanie harmonogramów, komunikacja itd.) wykorzystanie diagnostyki cyfrowej rzeczywiście przyspiesza integrację nowej technologii.

Trend przestawiania praktyk na technologie cyfrowe oszczędza czas, energię i pieniądze oraz zapewnia możliwie optymalne zdrowie jamy ustnej pacjentów.

W bieżącej praktyce stomatologicznej każda wizyta powinna się rozpocząć od wykonania skanowania. Co prawda dla nowych pacjentów zaleca się wykonanie pełnego zestawu zdjęć wewnątrzustnych, to jednak skanowanie 3D w połączeniu z uzyskaniem wysokiej jakości obrazu D2 eliminuje tę potrzebę. Wraz z upowszechnianiem się technologii NIRI będzie się zwiększać wygoda użytkowania i poziom zaznajomienia pacjentów i personelu gabinetu z tym narzędziem. Personel gabinetu woli łatwość i wydajność skanowania niż tradycyjne metody, takie jak wyciski i rtg.



Rycina 7. Zdjęcie wewnątrzustne pokazujące płytkę nazębną



Rycina 8. Obraz NIRI pokazujący płytkę nazębną



Rycina 9. Skan barwny pokazujący płytkę nazębną

### DRUGA ANALIZA PRZYPADKU — *plytka nazębna*

W tym przypadku płytka nazębna jest wyraźnie widoczna na zdjęciach wewnątrzustnych (rycina 7). Ten sam obszar płytki nazębnej jest

widoczny na obrazie NIRI (rycina 8) jako rozjaśnione obszary wokół zęba. Zeskanowany widok barwny pokazany na rycinie 9 dobrze pasuje

do tego, co można zobaczyć na zdjęciu wewnątrzustnym. Także występowanie płytki nazębnej nie wpływa na obniżenie jakości skanu.<sup>1</sup>



### TRZECIA ANALIZA PRZYPADKU — *fluoroza*

Te obrazy pokazują typowe schorzenie szkliwa — fluorozę. Fluoroza, powodowana przez narażenie na nadmiar fluoru w trakcie formowania się zęba, może nadawać zębowi biała, nieprzejrzyste zabarwienie. W cięższych przypadkach mogą dojść do wystąpienia bruzd i utraty szkliwa, co prowadzi do

powstawania brązowych plam, które mogą wyglądać jak plamy próchniczne.<sup>15</sup> Fluoroza może wpływać na anatomie strukturalną zęba. Ten przypadek podkreśla przewagę NIRI w wykrywaniu zmian w strukturalnej ciągłości szkliwa.

Rycina 10 pokazuje skan barwny obszaru objętego chorobą. Warto

zwrócić uwagę na białe zabarwienie wierzchołka guzka zębowego. Zdjęcie wewnątrzustne (rycina 11) tego samego obszaru wygląda prawie tak samo, a zmieniony ząb jest tak samo przebarwiony. A teraz obraz NIRI (rycina 12) pokazuje fluorozę lewego kła dolnego #22.



Rycina 10. Skan barwny zmienionego obszaru



Rycina 11. Zdjęcie wewnątrzustne zmienionego zęba



Rycina 12. Obraz NIRI anatomii wewnętrznej pokazuje fluorozę lewego kła dolnego #22.

### AI w praktyce

Powszechne wykorzystywanie AI (ang. artificial intelligence = sztuczna inteligencja) w gabinetach medycznych i stomatologicznych jest teraz możliwe i coraz bardziej powszechne. Na czym polega AI i jak można ją zintegrować we współczesnej praktyce stomatologicznej? Zasadniczo pojęcie AI jest używane potocznie na określenie urządzeń „inteligentnych”, które mogą się uczyć, komunikować lub w inny sposób wykazują parametry i funkcje poznawcze związane z istotami ludzkimi. Nazwa jest jednak trochę myląca, gdyż AI to nie „sztuczna” inteligencja, ale po prostu jeden z aspektów ludzkiej inteligencji i kreatywności. Bo inteligencja nowoczesnych technologii powiązanych z AI to przecież ludzka inteligencja. Ludzie tworzą te maszyny, by wykonywały niektóre z ich zadań w taki sam sposób, ale bardziej wydajnie.<sup>15</sup> Niektórzy uważają, że tak jak w wielu innych zawodach, a także w naszym codziennym życiu, AI wkrótce stanie się integralnym elementem diagnostyki i leczenia w stomatologii, zwłaszcza że ta dziedzina jest coraz silniej związana z całą społecznością medyczną. Opieka

dentystyczna jest obecnie uważana za ważny aspekt ogólnej opieki zdrowotnej. AI, która jest już wykorzystywana w medycynie i medycznych badaniach naukowych, z pewnością zdecydowanie wkroczy do praktyki stomatologicznej.

Wielu współczesnych dentystów nie w pełni zdaje sobie sprawę z wpływu, jaki już wkrótce AI może wywierać na ich działalność.<sup>15</sup> Nadejście ery obliczeń w chmurze pozwoliło inteligentnym technologiom i urządzeniom na dobre wkroczyć do praktyk medycznych i stomatologicznych i wygląda na to, że już w nich pozostanie. AI to pomoc w szybkim diagnozowaniu i planowaniu leczenia.<sup>16</sup> Jest to szczególnie widoczne w radiologii, gdzie głębokie konwolucyjne sieci neuronowe (ang. convolutional neural network, CNNs) umożliwiają komputerom mapowanie obrazów w warstwach, co pozwala na szybkie skanowanie w poszukiwaniu konkretnych cech, umożliwia komputerom identyfikowanie próchnicy i innych stanów chorobowych jamy ustnej, często z dokładnością dorównującą badaniu przez stomatologa, a czasem większą. CNNs to jedno z tych narzędzi w



## Całkowicie zintegrowany proces diagnostyczny dzięki postępom w technologii skanowania

technologii rozpoznawania twarzy, które jest dobrze znane użytkownikom smartfonów.<sup>17,15</sup> Połączenie AI z technologią skanowania w podczerwieni bliskiej oferuje istotne zalety dla diagnozowania i leczenia w stomatologii ogólnej.

Maszyny mogą pracować dłużej i ciężiej niż ludzie, wykonując zadania wymagającej dużej szczegółowości, takie jak czytanie i porównywanie skanów i radiogramów. Mogą one szybko uzyskiwać dostęp do ogromnych ilości zarchiwizowanych danych i przeszukiwać je w celach porównawczych. W nowym badaniu opublikowanym w lipcu 2019 Hung i wsp. zachęcają do stosowania tego rodzaju metod uczenia się maszyn w diagnostyce, szczególnie do przewidywania próchnicy korzeni u starszych pacjentów. Algorytmy wytworzone w tym badaniu wykazywały dużą dokładność we wczesnym reagowaniu i leczeniu starzejącej się populacji USA.<sup>18</sup>

AI, używana już od pewnego czasu w leczeniu i monitorowaniu ortodontycznym, wychodzi teraz na pierwszy plan w stomatologii odtwórczej i protetyce.<sup>19</sup> Wykorzystywanie AI do projektowania i produkcji pomaga maksymalizować wygodne dopasowanie, korygować funkcję i uzyskiwać pożądane efekty estetyczne. Projektanci już pracują nad zwiększeniem przyjazności AI dla użytkownika, wprowadzając takie opcje jak polecenia głosowe i interfejs konwersacyjny, taki jak powszechnie znana Siri czy Alexa. Jednym szczególnie trywialnym, ale sprytnym, wykorzystaniem tej technologii jest włączenie inteligentnych foteli, które mogą wyczuwać masę ciała pacjenta, jego parametry życiowe i stan emocjonalny oraz dostosowywać się dla zapewnienia maksymalnej wygody, bezpieczeństwa i informacji lekarzowi. Stomatologia AI to już nie futurystyczny mit, ale nowa rzeczywistość.

Postępy w technologii skanowania i ich integracja z inteligentnymi platformami obliczeniowymi już wkrótce ułatwi produkcję i zwiększenie poziomu dokładności.

### Podsumowanie korzyści

System obrazowania iTero Element 5D pozostawia daleko w tyle skanery wewnątrzustne wcześniejszej generacji dzięki technologii NIRI. Jest to pierwszy zintegrowany system obrazowania stomatologicznego

do równoczesnego rejestrowania obrazów 3D, wewnątrzustnych obrazów barwnych i obrazów NIRI. Trójwymiarowe modele skanowania i wirtualne już szybko zastępują modele gipsowe w ortodoncji, do czego przyczynia się niezwykle popularność takich przezroczystych aparatów ortodontycznych jak Invisalign. Na tym polu, im więcej etapów między odciskami i dopasowaniem ostatecznego urządzenia, tym więcej możliwości utraty lub zniekształcenia informacji. W związku z tym urządzenia do wycisków cyfrowych są z reguły lepiej dopasowane i częściej precyzyjnie uzyskują zamierzony kształt. Skanowanie jest nieinwazyjne i może być wykorzystywane tak często, jak się chce, aby zapewnić optymalne wyniki u pacjenta do wczesnego wykrywania próchnicy powierzchni stycznych nad dziąsłami. Badania przypadków wykazały, że dopiero po około 4 latach zmiana na powierzchni stycznej staje się widoczna klinicznie,<sup>1</sup> podczas gdy te same zmiany mogą być potencjalnie wykryte znacznie wcześniej na obrazie NIRI. Oszczędza to czas i pieniądze i pomaga zapobiegać dalszemu uszkodzeniu zęba.

System obrazowania iTero Element 5D jest idealnym nośnikiem bezpośredniej edukacji pacjenta w gabinecie, umożliwiającym mu pełniejsze zaangażowanie się w terapię i zrozumienie wszystkich aspektów zdrowia swojej jamy ustnej. Jest on szybki i sprawny, wygodny dla pacjenta i łatwy do opanowania dla użytkowników. Ponadto pojawianie się nowych trybów AI będzie maksymalizować ilość informacji uzyskiwanych ze skanów dzięki niezawodnemu odnajdowaniu próchnicy ukrytej lub próchnicy powierzchni stycznych.

AI może się także komunikować z ogromnymi bazami danych, tak zwanymi „big data”, w celu uzyskiwania aktualnych opcji leczenia i porównań, łącznie z zaawansowanymi odtworzeniami i protezami. Wszystko to może być dokonywane szybko i wydajnie, znacznie zmniejszając obciążenie praktyki i zwiększając ogólną produktywność. Tylko jeden skan, a ile korzyści dla lekarza, gabinetu i pacjenta!



## Piśmiennictwo

1. Keshav, P. Near infrared imaging technology in dentistry– iTero Element 5D. <https://storage-itero-production-eu.s3.amazonaws.com/download/en/iTero-Element-5D-Clinical-Guide.pdf>
2. Bühler C, Ngotheppitak P, Fried D. Imaging of occlusal dental caries (decay) with near-IR light at 1310-nm. *Opt Express*. 2005;13(2):573-582.
3. Neel Shyam VK, Dharshini TP, Raghavi D, et al. IR imaging for dental caries. *Int J Trends in Eng Technol*. 2018;28(1):15–19.
4. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):149.
5. Angelino K, Edlund D, Shah P. Near-infrared imaging for detecting caries and structural deformities in teeth. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2017;5: 2300107. Opublikowano online 19 kwietnia 2017 r. doi: 10.1109/JTEHM.2017.2695194.
6. Litzenburger F, Heck K, Pitchika V, et al. Inter- and intraexaminer reliability of bitewing radiography and near-infrared light transillumination for proximal caries detection and assessment. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;47(3): 20170292. Opublikowano online 7 lutego 2018 r. doi: 10.1259/dmfr.20170292.
7. Misra S, Daly B, Dunne S, et al. Dentist-patient communication: What do dentists and patients remember following a consultation? Implications for patient compliance. *Patient Prefer Adher*. 2013;7(7):543–549.
8. Marchetti G, Fraiz FC, Nascimento WMD, Soares GMS, Assuncao LRDS. Improving adolescents' periodontal health: Evaluation of a mobile oral health app associated with conventional educational methods: A cluster randomized trial. *Int J Paediatr Dent*. 2018;28(4):410-419.
9. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig*. 2013;17(7):1759-1764.
10. <http://storage-itero-production-us.s3.amazonaws.com/download/en-us/iTero-Element-Brochure-For-General-Practitioners.pdf>. 12 września 2019 r.
11. Digital Smile Design promotion video. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8qxCellFYNA>. 16 marca 2019 r.
12. Hwang SY, Choi ES, Kim YS, et al. Health effects from exposure to dental diagnostic X-rays. *Environ Health Toxicol*. 2018;22(4):e2018017. doi: 10.5620/eht.e2018017.
13. Jablonski-Momeni A, Jablonski B, Lippe N. Clinical performance of near-infrared imaging system VistaCam IX Proxi for detection of approximal enamel lesions. *BDJ Open*. 2017;3:17012. 30 czerwca 2017 r. <https://www.nature.com/articles/bdjopen201712>.
14. DenBesten P, Li W. Chronic fluoride toxicity: Dental fluorosis. *Monogr Oral Sci*. 2011;22:81–96. doi: 10.1159/000327028.
15. Deshmukh SV. Artificial intelligence in dentistry. *J Int Clin Dent Res Organ* 2018;10:47–48.
16. Cooper M. Why artificial intelligence is the future of dentistry. <http://practicemanagement.dentalproductsreport.com/article/why-artificial-intelligence-future-dentistry>. 2 listopada 2017 r.
17. Masakazu M, Katsuhiko M, Yusuke M, Yuji K. Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network. *Neural Netw*. 2003;16:555-559.
18. Hung M, Voss MW, Rosales MN, et al. Application of machine learning for diagnostic prediction of root caries. *Gerodontology*. 5 lipca 2019 r. doi: 10.1111/ger.12432. [Publikacja elektroniczna przed drukiem]
19. Allareddy V, Rengasamy Venugopalan S, Nalliah RP, et al. Orthodontics in the era of big data analytics. *Orthod Craniofac Res*. Maj 2019 r;22 Suppl 1:8–13. doi: 10.1111/ocr.12279.

Te konkluzje bazują na ankiecie przeprowadzonej w maju 2019 roku w grupie n = 15 stomatologów i ortodontów z KAN, UE i APAC, którzy wzięli udział w globalnym ograniczonym wprowadzeniu na rynek, pracujących z iTero Element 5D przez przeciętnie 6 miesięcy, którym udostępniono skalę zgodności od „zdecydowanie się zgadzam” do „zdecydowanie się nie zgadzam” z następującym stwierdzeniem: „Włączenie skanera iTero Element 5D do mojego bieżącego protokołu diagnostycznego pozwoliło mi zdiagnozować większą liczbę przypadków próchnicy powierzchniowych nad dziąsłami w mojej praktyce”; następnie poproszono ich o oszacowanie przeciętnego wzrostu.

## Informacje o autorach



### Dr mgr Tim Nolting

Dr Nolting uzyskał tytuł magistra implantologii. Specjalizuje się w wielu dziedzinach, w tym chirurgii, periodontologii i stomatologii laserowej. Uzyskał certyfikację Niemieckiego Towarzystwa ds. Zastosowań Ultradźwięków w Medycynie (DEGUM) – jednej z największych organizacji naukowych w Niemczech i jednego z największych stowarzyszeń badań ultradźwiękowych na świecie – w zakresie zastosowań ultradźwięków do diagnostyki w obrębie głowy i szyi. Dr Nolting posiada także certyfikację w zakresie prowadzenia procedur botoksowania i wypełniania zmarszczek. Pełni funkcję Badacza w badaniach klinicznych.



### Frédéric Poirier, DDS

Dr Poirier uzyskał tytuł magistra stomatologii Uniwersytetu Montrealskiego w 1992 roku, a także magistra mikrobiologii w tej samej instytucji. Po ukończeniu studiów w 1996 roku otworzył swoją prywatną praktykę w Montrealu. Dr Poirier poszerzył swoją specjalizację o ortodoncję po ukończeniu Institut Dentaire International (IDI) w Quebecu w 1999 roku, organizacji stowarzyszonej w IAO, gdzie wyleczył ponad 2000 pacjentów ortodontycznych w swojej praktyce. Jego zainteresowania zawodowe obejmują kompletne i interceptywne

leczenie ortodontyczne przy wykorzystaniu urządzeń funkcjonalnych, zamków i Invisalign, a także endodoncję, CEREC, estetykę i okluzję.

Dr Poirier jest członkiem Ordre des Dentistes du Québec, Canadian Dental Association i International Association for Orthodontics. Jest także aktywnym członkiem organizacji Gnathos, która koncentruje się głównie na oferowaniu wysokiej jakości ciągłej edukacji w dziedzinie ortodoncji. Dr Poirier uczestniczył w szeregu szkoleń CE z zakresu ortodoncji i może się pochwalić dużym doświadczeniem w przemawianiu na forum publicznym, szczególnie w odniesieniu do Invisalign.



### Thomas Giblin, BSc, BDent(Hons)

Dr Giblin, specjalista protetyk, w 2004 roku ukończył z wyróżnieniem studia w zakresie stomatologii na Sydney University. W 2007 roku, po okresie prowadzenia własnej praktyki, dr Giblin został przyjęty na trzyletnią rezydencję w zaawansowanej protetyce stomatologicznej (ang. Advanced Prosthodontics Residency) w University of Texas Health Science Center w San Antonio, uważaną za najlepszy program szkoleniowy w USA. Uzyskał tam szeroką wiedzę o wszystkich aspektach stomatologii, łącznie z implantologią, protezami stałymi i ruchomymi, a także stomatologiczną medycyną snu, okluzją i zaburzeniami stawów skroniowo-żuchwowych. Po powrocie do Australii pracował w kilku lokalizacjach zanim otworzył swoją obecną praktykę, Northern Dental Specialties, w Northern Beaches.