

Rekonstrukcja implantoprotetyczna bezzębnego pacjenta stałym mostem all-on-X,

w pełnym protokole cyfrowym, przy użyciu nowych scan bodies – SmartFlag by APOLLO



- **autorzy:** lek. dent. Magdalena Wowra-Kremska, dr n. med. Grzegorz Wasiluk
- **Słowa kluczowe:** skaner wewnątrzustny, scan body, koncepcja SmartFlag, implantoprotetyka, protokoły cyfrowe, CAD/CAM
- **Urządzenia i materiały:** SmartFlag by APOLLO, SPG ISBs
- **Korespondencja:** Klinika Stomatologiczno-Medyczna Med-Oral, 84-230 Rumia, ul. Żołnierzy I Dywizji WP 29A

Streszczenie: pełny protokół cyfrowy w rekonstrukcjach implantoprotetycznych, all-on-X, w dalszym ciągu pozostaje wyzwaniem dla lekarzy, techników dentystycznych oraz producentów komponentów implantoprotetycznych. Precyzja skanu, czyli przekazania cyfrowej informacji z poziomu implantu, wydaje się najbardziej skomplikowana w przypadkach klinicznych odbudowy bezzębnych wyrostków zębodołowych. Autorzy w poniższym artykule przedstawiają nowy rodzaj scan body, zaprojektowany z myślą o rekonstrukcjach all-on-X, który został opisany na podstawie prezentowanego przypadku leczenia bezzębnej szczęki pacjenta.

Protokoły cyfrowe używane w stomatologii zmieniają się bardzo szybko, umożliwiając wykonanie coraz szerszego zakresu prac protetycznych i implantoprotetycznych.

Korony i mosty z krótkimi przesłami, osadzone na zębach pacjentów, są z powodzeniem wykonywane na podstawie skanów wewnątrzustnych od kilku lat. Liczne badania donoszą, iż precyzja prac protetycznych na implantach, wykonywanych w protokołach cyfrowych, przy użyciu skanera wewnątrzustnego, jest również bardzo wysoka dla pojedynczych koron oraz krótkich mostów (1). Mimo że prace wykonywane cyfrowo mają wiele zalet w porównaniu do prac wykonywanych metodami analogowymi, wielu klinicystów w dalszym ciągu preferuje pobieranie konwencjonalnych wycisków w rekonstrukcjach typu all-on-X. Właściwe przekazanie informacji o pozycjach implantów względem siebie oraz wyrostka zębodołowego jest niezbędne

do uzyskania idealnej pasywności rekonstrukcji protetycznej na wszczepach. Z tego powodu prawidłowe, cyfrowe pobieranie danych z bezzębnych wyrostków pozostaje wciąż bardzo dużym wyzwaniem. Na podstawie wielu badań można stwierdzić, że największy wpływ na dokładność skanu na kilku implantach

względem siebie ma kształt i morfologia scan body, czyli transferu cyfrowego (2, 3). Nie bez znaczenia, przy użyciu standardowych scan bodies, jest również rodzaj użytego skanera wewnątrzustnego oraz doświadczenie lekarza wykonującego skany wewnątrzustne (4, 5).

FOT. AUTORÓW



Fot. 1. Stan wyjściowy jamy ustnej pacjenta: uzębienie resztkowe i kontakt okluzyjny poza strefami podparcia – jedynie na zębach 13 i 43. Podłoże kostne szczęki i żuchwy znacznie zanikłe

Stale poszukiwanie metod zwiększających precyzję pobierania danych w rekonstrukcjach typu all-on-X doprowadziło do rozwoju i zastosowania wielu ciekawych rozwiązań. Jednym z nich jest stereofotogrametria (SPG), określana w ostatnim czasie jako najdokładniejsza i najbardziej powtarzalna metoda cyfrowej rejestracji bezwzględnej pozycji implantów w jamie ustnej pacjenta. Urządzenie składa się ze specjalnych flag (SPG ISBs), przykręcanych do implantów lub łączników pośrednich, a także PIC Camery, która rejestruje dane dynamicznie, w krótkim czasie. Zewnątrzustna rejestracja za pomocą SPG jest wolna od czynników utrudniających konwencjonalny protokół przy użyciu skanera wewnątrzustnego, takich jak czynniki związane z pacjentem (obecność śliny, różne rodzaje materiałów, możliwości szerokiego rozwierania ust przez pacjenta, warunki oświetlenia) czy umiejętności operatora. W prezentowanym rozwiązaniu dystans pomiędzy poszczególnymi implantami nie ma wpływu na uzyskanie precyzyjnego pomiaru. Urządzenie do stereofotogrametrii rejestruje jednak jedynie pozycję implantów, bez informacji o otaczających je tkankach miękkich wyrostka zębodołowego. W związku z powyższym, przy wykorzystaniu tej metody zachodzi konieczność wykonania drugiej rejestracji cyfrowej za pomocą skanera wewnątrzustnego lub tradycyjnego wycisku analogowego, w celu dostarczenia technikowi dentystycznemu wszystkich informacji związanych z anatomią bezzębnego podłoża protetycznego. Ponadto dostępność urządzeń do SPG jest ograniczona, a ich koszt znacznie przewyższa ceny dostępnych na rynku skanerów wewnątrzustnych (6–8).

Koncepcja SmartFlag by Apollo

Trudności w precyzyjnej rejestracji pozycji kilku implantów na bezzębnym wyrostku zębodołowym za pomocą skanerów wewnątrzustnych zrodziły również koncepcje łączenia ze sobą tradycyjnych scan bodies (za pomocą drutu ortodontycznego i żywicy) lub wykonywania znaczników na tkankach miękkich wyrostka pomiędzy poszczególnymi scan body. Powyższe procedury są jednak



Fot. 2 i 3. Próbną protezę woskową, wykonaną metodą analogową. Odtwarza prawidłową relację łuków zębowych, stanowiąc prototyp estetyki planowanej rekonstrukcji protetycznej



relatywnie czasochłonne, a ich skuteczność jest różna – w zależności od dokładności wykonanej procedury oraz użytego rodzaju skanera wewnątrzustnego (9).

Koncepcja łączenia scan body oraz stosowania indywidualnych znaczników dała początek idei SmartFlag, które łączą w sobie zalety powyższych rozwiązań w znacznie bardziej przewidywalny sposób. Koncepcja SmartFlag by Apollo opiera się na specjalnie zaprojektowanym kształcie scan body, który pozwala na dogodne ustawienie flag względem siebie. Flagi dostępne są w dwóch rodzajach: jedno- i dwuskrzydłowym (tzw. L-shaped i T-shaped). Różne długości ramion pozwalają na dopasowanie flag do dystansu pomiędzy wszczepami w sposób, w którym kamera skanera wewnątrzustnego obejmie części obydwu flag w tym samym czasie. Pozwala to na wykonanie tzw. wirtualnego szynowania flag, dzięki czemu nie dochodzi do przesunięcia obrazów rejestrowanych przez skaner względem siebie. Kształt flag, przy prawidłowym ustawieniu, nie pozwala również na zbieranie informacji jedynie z tkanek miękkich i co się

z tym wiąże – składania skanów z poziomu dziąsła. Ponadto flagi na powierzchni skanowania posiadają podwójne indeksowanie, co, w razie potrzeby, pozwala na precyzyjne powrót do miejsca skanowania.

System został przetestowany na dwunastu różnych skanerach wewnątrzustnych, obecnie jest dostępny dla dwunastu systemów implantologicznych.

Poniżej zaprezentowano jeden z pierwszych przypadków z zastosowaniem SmartFlag u pacjenta z rekonstrukcją na czterech implantach w bezzębnej szczęce.

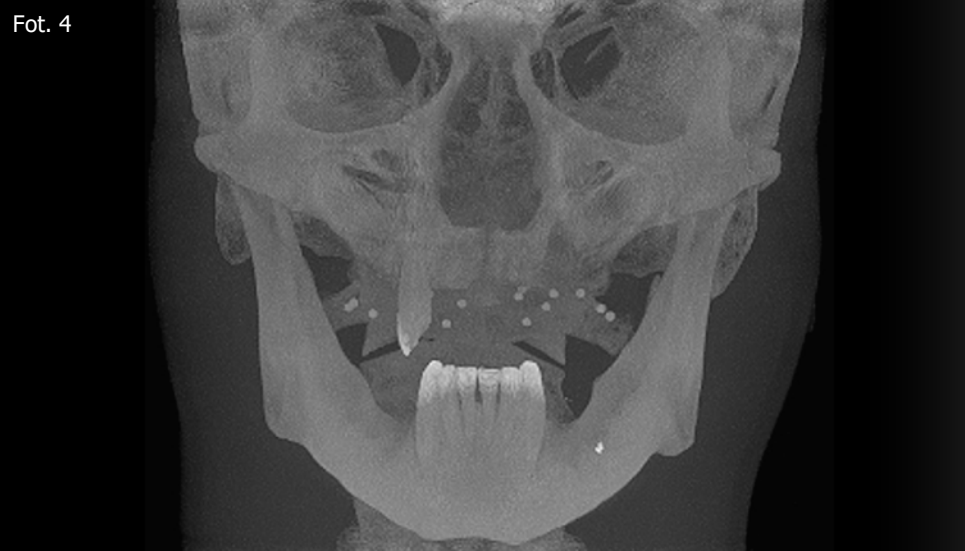
Opis przypadku

Pacjent (34 lata) zgłosił się w celu wykonania nowych uzupełnień protetycznych w obu łukach zębowych. W wywiadzie podał brak satysfakcji z dotychczas użytkowanych protez osiadających, powiązanych ze znacznie ograniczoną wydolnością żucia. W badaniu podmiotowym odnotowano wczesną utratę uzębienia stałego z powodu współistnienia chorób o podłożu próchnicowym, przewlekłego stanu zapalnego przyzębia oraz nikotynizmu. Pacjent, w momencie zgłoszenia się na

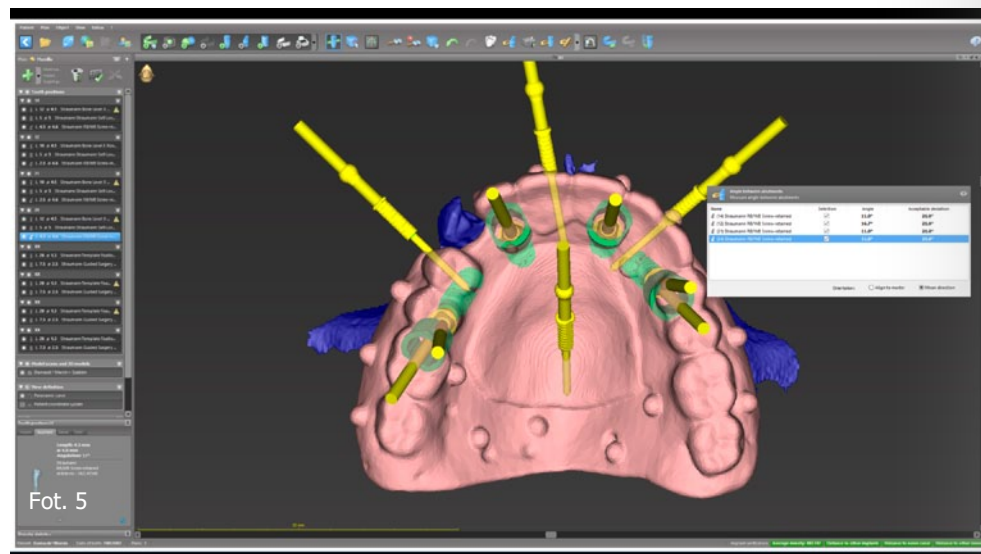
wizytę, nie zgłaszał dolegliwości bólowych ze strony jamy ustnej. W badaniu klinicznym stwierdzono obecność uzębienia reszkowego szczęki w postaci zęba 13, znacznie zniszczonego próchnicowo, oraz uzębienie reszkowe żuchwy. Wykonane przeglądowe zdjęcie pantomograficzne wstępnie uwidocznili znaczny zanik podłoża protetycznego jamy ustnej, szczególnie w odcinkach bocznych wyrostka zębodołowego. Ilość tkanki kostnej oceniono jako wystarczającą do wprowadzenia czterech implantów w szczękę, bez dodatkowych zabiegów przygotowawczych. Przeprowadzono protokół zdjęciowy, dokumentując stan wyjściowy, z jakim stawiał się pacjent (ryc. 1). Metodą analogową wykonana została próbna proteza, stanowiąca woskowy set-up zaplanowanej pracy protetycznej (ryc. 2, 3), ustalając złącze centralne z odtworzeniem prawidłowych relacji przestrzennych żuchwy względem szczęki.

Na tym etapie, po uwzględnieniu właściwej pozycji zębów w rysach twarzy pacjenta, wykonano tomografię komputerową (ryc. 4), oceniono warunki kostne i zdecydowano o wykonaniu docelowo stałej pracy protetycznej, FP3, wg klasyfikacji Mischa (10).

W oparciu o oczekiwania oraz możliwości finansowe pacjenta zdecydowano o wykonaniu rekonstrukcji na czterech wszczepach z natychmiastowym obciążeniem implantów mostem akrylowym.



Fot. 4. Zdjęcie tomografii komputerowej z założoną protezą woskową zaopatrzoną w szklane, kuliste znaczniki dające kontrast

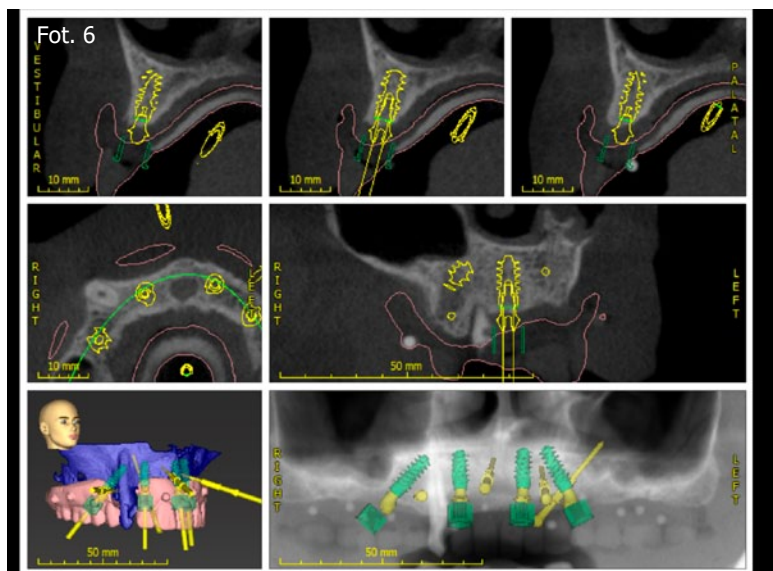


Fot. 5

Fot. 5–7. Zdjęcie uwidocznili pozycję zaakceptowanej estetycznie (w rysach twarzy pacjenta) rekonstrukcji, w stosunku do aktualnie istniejących warunków podłoża kostnego, umożliwiając planowanie pozycji implantów i wykonanie szablonu chirurgicznego metodą „dual scan”



Fot. 7



Fot. 6



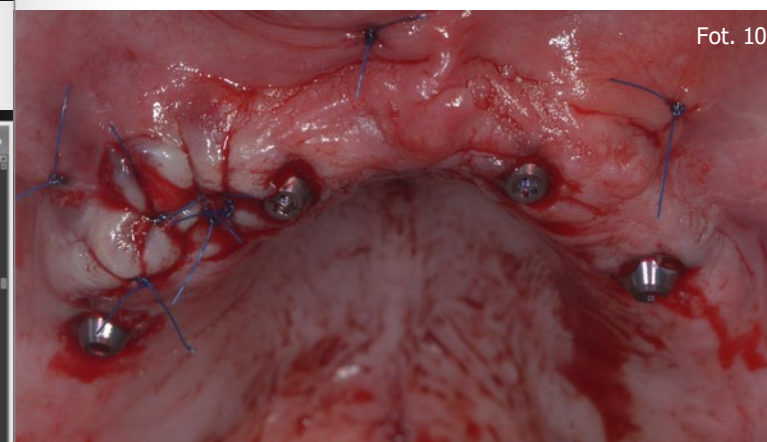
Fot. 8

Fot. 8. Szablon chirurgiczny zamontowany w jamie ustnej, ustabilizowany za pomocą pinów kostnych



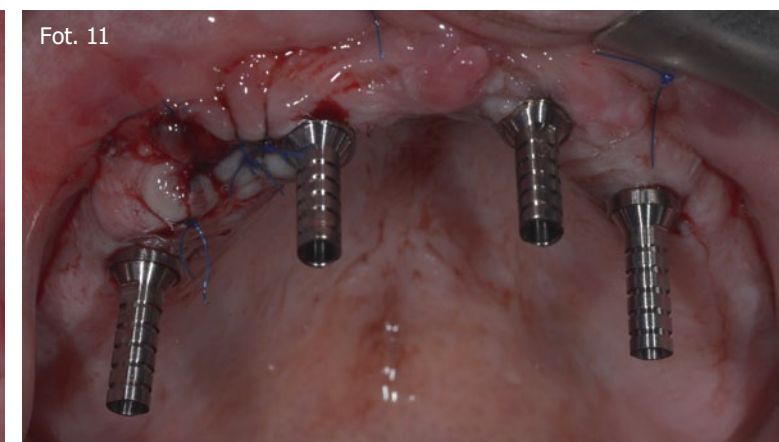
Fot. 9

Fot. 9. Wprowadzono implanty Straumann BLX – przeznaczone do procedur natychmiastowych i wykazujące wysoką stabilizację pierwotną



Fot. 10

Fot. 10. Łączniki pośrednie, kątowe – w odcinkach bocznych i proste – w odcinku przednim, przykręcone natychmiastowo po wszczepieniu implantów i uzyskaniu prawidłowej stabilizacji pierwotnej. Łączniki pośrednie kątowe w odcinkach bocznych niwelują rozbieżność osi pomiędzy wszczepami



Fot. 11

Fot. 11–13. Bazy tytanowe przykręcone do łączników pośrednich, na których osadzona została natychmiastowa akrylowa praca tymczasowa



Fot. 12



Fot. 13

Zabieg wszczepienia czterech implantów przeprowadzono w znieczuleniu ogólnym, w pełnej nawigacji, z wykorzystaniem szablonu chirurgicznego wykonanego metodą „dual scan” (3D Digital Print, Gdańsk, Polska) (ryc. 5–7). Na początku zabiegu przygotowano łożo pod piny do stabilnego umocowania szablonu chirurgicznego (ryc. 8), następnie usunięto ząb 13 drogą dłu-

wania wewnątrzzębodołowego. Kolejno wprowadzono implanty Straumann BLX (Straumann Group, Bazylea, Szwajcaria), w pozycji zębów: 15, 12, 21 oraz 24, uzyskując stabilizację pierwotną > 50 Ncm (ryc. 9). Jednocześnie do implantów przykręcone zostały łączniki pośrednie, dwa proste (lok. 12 i 21) i dwa kątowe (lok. 15 i 24) (11, 12) (ryc.10). Implanty obciążono natychmiastowym mostem

akrylowym, przygotowanym na bazie protezy łuku górnego, pasywnie osadzonej na bazach tytanowych w jamie ustnej pacjenta (ryc. 11–13). Zębodół po ekstrakcji zęba 13 zaaugmentowano ksenograftem – Straumann Xenoflex (Straumann Group, Bazylea, Szwajcaria) oraz membraną resorbowalną Smartbrane (Regedent, Zurych, Szwajcaria). Rany pozabiegowe zabezpieczono szwami, po

czym dokręcono ostatecznie most tymczasowy (ryc. 14, 15).

Z uwagi na pandemię COVID-19 i sytuację ekonomiczną pacjent z powodzeniem użytkował uzupełnienie tymczasowe przez okres 2,5 roku, w tym czasie zgłaszał się na wizyty kontrolne.

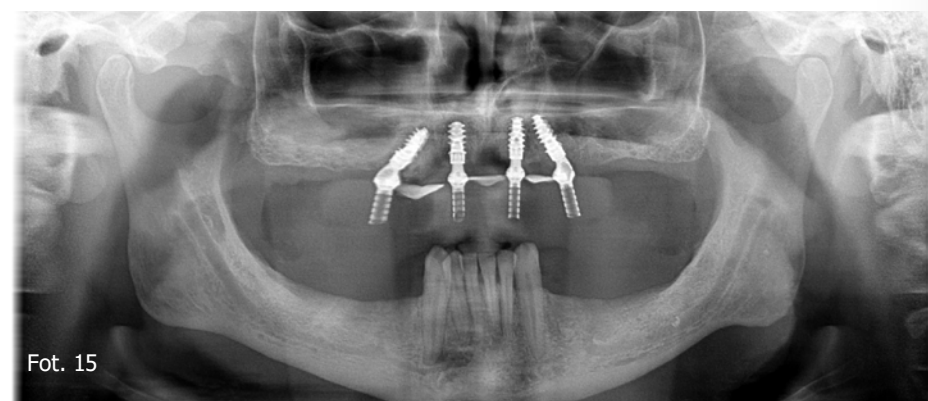
Obecnie, dzięki zastosowaniu SmartFlag, możliwe stało się skanowanie pozycji implantów, z poziomu łączników pośrednich, już na etapie wszczepienia implantów. Umożliwia to wykonanie natychmiastowej pracy tymczasowej, projektowanej w technologii CAD przez technikę i frezowanej (CAM) z materiału PMMA (Adite Tech. PMMA ML). Biblioteka SmartFlag by Apollo jest kompatybilna z systemem baz o różnej wysokości tego samego producenta. Pozwala to na pasywne zamontowanie komponentów o trzech różnych wysokościach w pracy tymczasowej lub stałej, bez konieczności drukowania modelu. Dzięki temu udogodnieniu jesteśmy w stanie pominąć kolejny etap, podczas którego mógłby wkraść się błąd. Jest to niezwykle istotne w czasie gojenia wszczepów podczas obciążenia natychmiastowego.

Pierwszej cyfrowej rejestracji podłoża protetycznego dokonuje się przed zabiegiem chirurgicznym, poprzez skanowanie jamy ustnej pacjenta z założoną aktualnie użytkowaną pracą protetyczną (ryc. 16), a jeśli jest to praca zdejmowalna, dokonuje się również skanów dośluzówkowej części uzupełnienia oraz bezzębego podłoża protetycznego. Rejestracji cyfrowej podlega także aktualny kontakt zgryzowy oraz łuk zębowy przeciwny. Skany w postaci plików STL oraz pełny protokół fotograficzny pacjenta zostają przesłane do laboratorium dentystycznego. Technik, po otrzymaniu drugiego pliku STL stanowiącego skan wewnątrzustny z poziomu SmartFlag (ryc. 17, 18), nakłada na siebie obrazy, uzyskując pozycję wszczepów w stosunku do bezzębego podłoża jamy ustnej i przystępuje do projektu tymczasowej pracy protetycznej (ryc. 19), która jest następnie frezowana lub drukowana (ryc. 20). Bazy tytanowe zostają wklejone w most tymczasowy (ryc. 21), który w dniu zabiegu jest przykręcany ustach pacjenta (ryc. 22, 23).

Przed przystąpieniem do wykonania ostatecznej stałej rekonstrukcji prote-



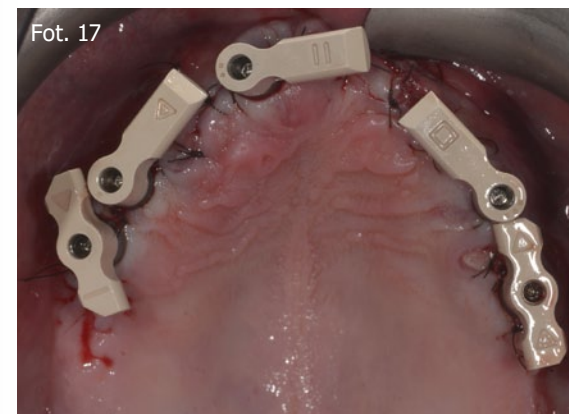
Fot. 14. Zakończenie pierwszego etapu leczenia. Tymczasowy most akrylowy zamontowany bezpośrednio po zabiegu chirurgicznym wszczepienia implantów



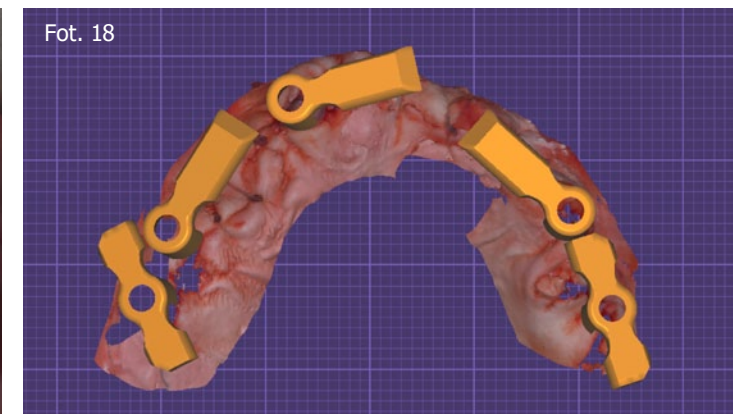
Fot. 15. Poglądowe zdjęcie pantomograficzne wykonane po zabiegu, stanowiące dokument porównawczy do przyszłych kontroli pozycji wszczepów i poziomu kości



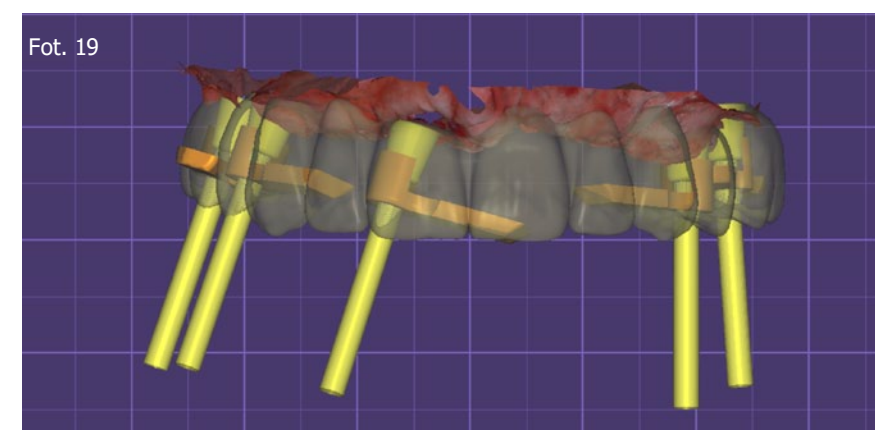
Fot. 16. Aktualna koncepcja wykonawstwa pracy tymczasowej z wykorzystaniem SmartFlag na przykładzie innego przypadku klinicznego. Przedstawiona na zdjęciu sytuacja kliniczna w szczęce została zeskanowana bezpośrednio przed zabiegiem



Fot. 17 i 18. Cyfrowo zarejestrowano dolny łuk zębowy i warunki okluzyjne występujące u pacjenta. Skan podłoża protetycznego z poziomu SmartFlag, przykręconych bezpośrednio po zabiegu chirurgicznym



tycznej ocenie klinicznej poddano stan tkanek miękkich (ryc. 24), higienę jamy ustnej oraz warunki kostne podłoża protetycznego i poziom kości przy implantach – na podstawie zdjęć radiologicznych. Według oceny pacjenta estetyka użytkowanej pracy tymczasowej była zadowalająca. Zebrane informacje posłużyły do zaplanowania ostatecznej rekonstrukcji protetycznej. Do cyfrowej rejestracji użyto skanera Shining 3D Aoralscan 3 (Shining 3D Dental, Hongkong, Chiny). Skany wewnątrzustne obejmowały pracę tymczasową, zwanie



Fot. 19. Skany poprzedzające zabieg chirurgiczny umożliwiają cyfrowe projektowanie natychmiastowej pracy tymczasowej



Fot. 20 i 21. Tymczasowy most wyfrezowany z krążka polimetakrylanu metylu w technologii CAM został zaopatrzony w bazy tytanowe



Fot. 22 i 23. Most tymczasowy osadzony w jamie ustnej pacjenta bezpośrednio po zabiegu chirurgicznym

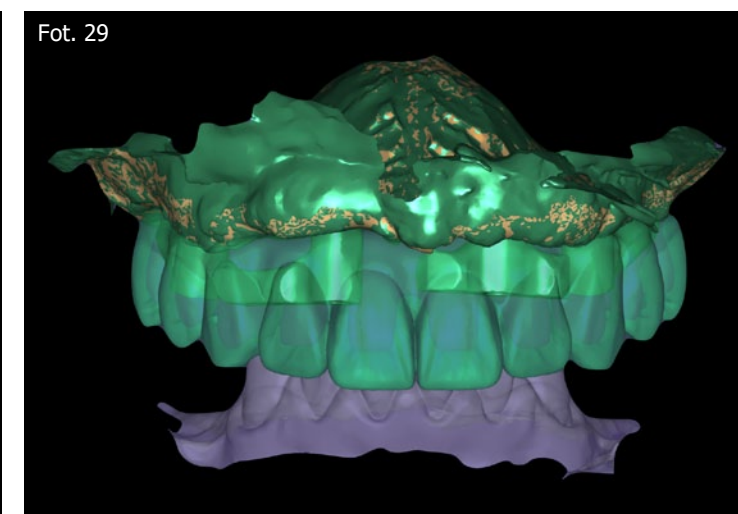
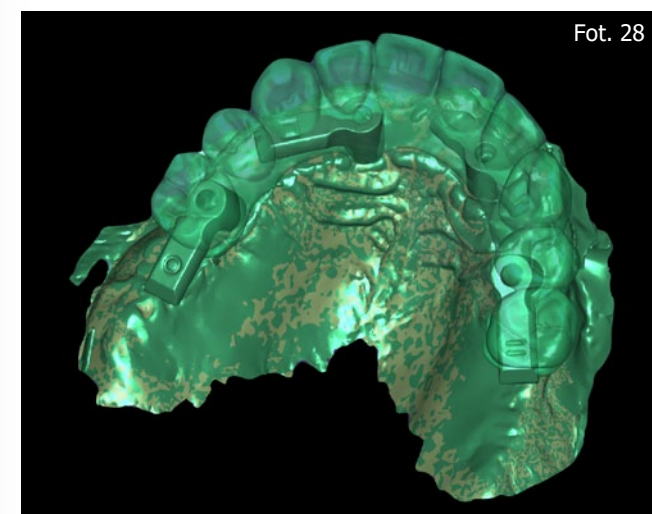
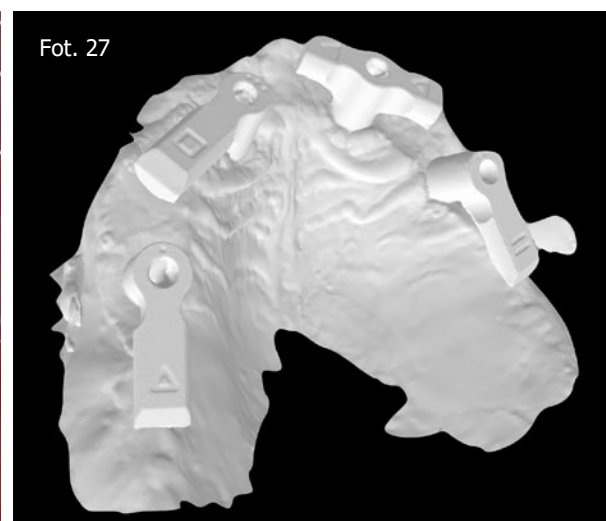
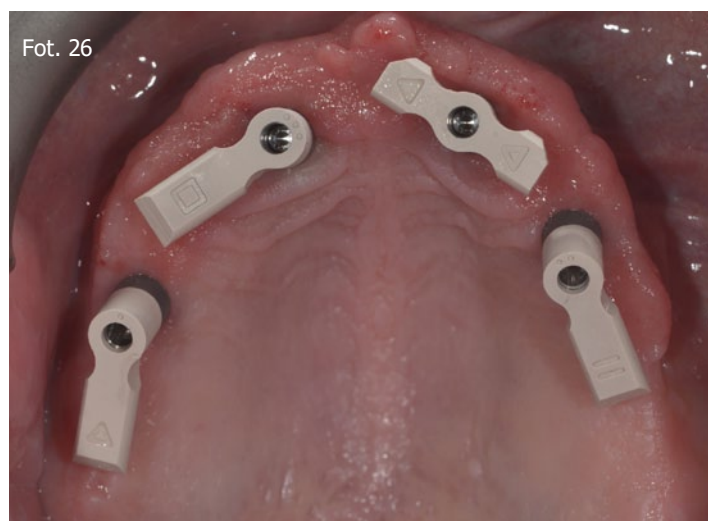
centralne, łuk przeciwny zaopatrzony w protezę osiadającą oraz bezzębne podłoże szczęki po jego ukształtowaniu przez pracę tymczasową. Zewnętrznie dokonano cyfrowej rejestracji strony dośluzówkowej uzupełnienia tymczasowego. Pozycja implantów została precyzyjnie odwzorowana przy użyciu SmartFlag przykręconych do łączników pośrednich w jamie ustnej pacjenta (ryc. 25–27). Uzyskane informacje cyfrowe oraz zdjęcia fotograficzne pacjenta zostały wysłane do centrum frezowania Apollo, w celu zaprojektowania rekonstrukcji (ryc. 28, 29). W kolejnym etapie klinicznym pozycję implantów potwierdzono za pomocą aluminiowego klucza pasywowanego (ryc. 30, 31). Podczas tej samej wizyty drukowany try-in docelowej rekonstrukcji posłużył do sprawdzenia estetyki zaprojektowanej pracy oraz jej przylegania do tkanek miękkich podłoża protetycznego szczęki (ryc. 32).



Fot. 24. Stan tkanek miękkich podłoża protetycznego po 2,5-letnim okresie użytkowania akrylowej pracy tymczasowej. Prawidłowe ukształtowanie podłoża bezzębnych odcinków szczęki, przygotowane do obciążenia pracą ostateczną



Fot. 25–27. Zestaw czterech SmartFlag, dobranych pod względem odpowiedniej długości ramion, dopasowanych do konfiguracji rozmieszczenia implantów w szczęce. Umożliwia to precyzyjne cyfrowe odwzorowanie położenia wszczepów



Fot. 28 i 29. Laboratoryjny etap wirtualnego projektowania ostatecznej rekonstrukcji protetycznej odbywa się poprzez nałożenie cyfrowych obrazów bezzębnego podłoża protetycznego, pracy tymczasowej i skanu z przykręconymi ScanFlags



Fot. 30–32. Kliniczne sprawdzenie poprawności zarejestrowanej pozycji wszczepów za pomocą aluminiowego klucza pasywowanego. Drukowany try-in docelowej rekonstrukcji umożliwia ponadto ocenę estetyczną i funkcjonalną rekonstrukcji



Po akceptacji tego etapu klinicznego przez lekarza i pacjenta zlecono wykonanie ostatecznej rekonstrukcji implantoprotetycznej (ryc. 33). Przykręcany most all-on-four, ba-

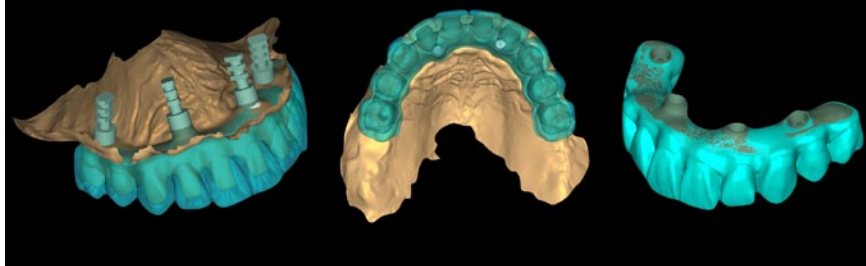
zujący na suprastrukturze tytanowej, polimerowy został materiałem kompozytowym (ryc. 34–36). Pracę ostateczną przykręcono z siłą 25 Ncm.

Zalecenia dla pacjenta obejmują profesjonalne zabiegi higienizacyjne prac protetycznych minimum raz na 6 miesięcy oraz coroczną wizytę lekarską, obejmującą kontrolę okluzji.

Wnioski

Zastosowanie cyfrowych protokołów postępowania z upływem lat udowodniło nie tylko łatwość pracy, ale i ponadprzeciętną dokładność uzupełnień protetycznych. Rekonstrukcje implantoprotetyczne pełnołukowe wymagały stosunkowo najdłuższego procesu wdrożeniowego. Użycie przez autorów koncepcji SmartFlag w kolejnych przypadkach klinicznych, zarówno w pracach tymczasowych, jak i stałych, przykręcanych i zdejmowalnych pokazuje szerokie spektrum zastosowań tego systemu. Kluczowe wydają się tutaj takie czynniki, jak: łatwość użycia, brak dodatkowego oprogramowania lub kamery, a także wachlarz dostępnych systemów implantologicznych oraz akceptowanych skanerów wewnątrzustnych. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, iż system SmartFlag by Apollo pozostaje systemem otwartym, z dostępną biblioteką, możliwą do zastosowania w rekomendowanym przez lekarza laboratorium technik dentystycznych.

Fot. 33

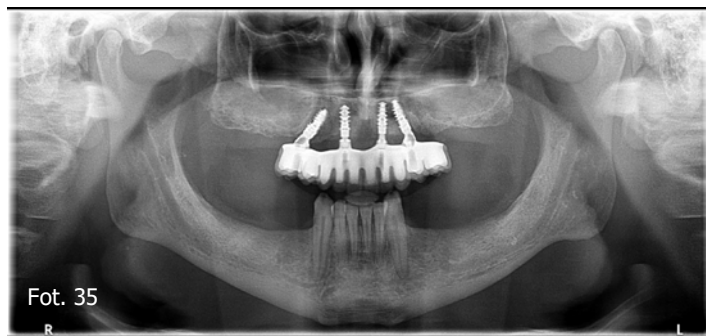


Fot. 33. Cyfrowy projekt ostatecznej pracy protetycznej dla szczęki

Fot. 34



Fot. 34–36. Most ostateczny, suprastruktura tytanowa licowana kompozytem. Rekonstrukcja osadzona na stałe w jamie ustnej pacjenta



Fot. 35



Fot. 36

Bibliografia::

1. 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.
2. Lerner H, Nagy K, Luongo F, Luongo G, Admakin O, Mangano FG. *Tolerances in the production of six different implant scanbodies: a comparative study*. Int J Prosthodont 2021; 34 (5): 591–599.
3. Mangano F, Lerner H, Margiani B, Solop I, Latuta N, Admakin O. *Congruence between Meshes and Library Files of Implant Scanbodies: An In Vitro Study Comparing Five Intraoral Scanners*. J Clin Med 2020; 9 (7): 21–74.
4. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. *A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: operator factors*. J Esthet Restor Dent. 2023; 35: 230–40.
5. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. *A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2 – Patient factors*. J Esthet Restor Dent. 2023; 35: 241–9.
6. Pozzi A et al. *Accuracy of intraoral optical scan versus stereophotogrammetry for complete-arch digital implant impression: An in vitro study*. J. Prosthodont. Res. 2023; 68.1: 172–180.
7. Jemt T, Bäck T, Petersson A. *Photogrammetry – an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study*. Int J Prosthodont. 1999; 12: 363–8.
8. Ma B, Yue X, Sun Y. et al. *Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study*. BMC Oral Health 2021; 21, 636.
9. Retana L, Nejat AH, Pozzi A. *Effect of splinting scan bodies on trueness of complete-arch implant impression using different intraoral scanners: an in vitro study*. Int J Comput Dent. 2023 Feb 24; 26(1): 19–28, doi: 10.3290/j.jicd.b2599297. PMID: 35072425.
10. Misch CE *Dental implant prosthetics*. St. Louis: Elsevier Mosby; 2005: 196–227.
11. Wang PS, Tsai MH, Wu YL, Chen HS, Lei YN, Wu AY. *Biomechanical Analysis of Titanium Dental Implants in the All-on-4 Treatment with Different Implant-Abutment Connections: A Three-Dimensional Finite Element Study*. J Funct Biomater. 2023 Oct12; 14(10): 515. doi: 10.3390/jfb14100515. PMID: 37888180; PMCID: PMC10606984.
12. Bhoi S, Baghel AS, Deepa E, Reddy RN, Nadakkavukaran D, Borra A, Rao K. *Assessment of Stress Distribution Around Dental Implants Based on the All-on-Four Treatment Concept using Finite Element Analysis*. Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences 15(Suppl 2): S907–S909, July 2023, doi:10.4103/jpbs.jpbs_55,23. ■