

Precyzja zabiegów implantologicznych przeprowadzanych z użyciem i bez użycia szablonów chirurgicznych – badania *in vitro* z wykorzystaniem druku 3D – część 2

Comparison of guided and non-guided implant placing accuracy – *in vitro* study with 3D printing – part 2

Marta Czajkowska, Łukasz Zadrozny, Zbigniew Bartosik, Leopold Wagner

Streszczenie: Prawidłowe trójwymiarowe pozycjonowanie implantu jest jednym z kluczowych warunków przewidywalnego leczenia implantoprotetycznego. Preparacja łoża i wszczepienie implantu poprzez szablony może przyczynić się do bardziej precyzyjnego i zgodnego z planem protetycznym osadzenia implantów.

Summary: *Proper three-dimensional implant positioning is one of crucial factors for predictable implant and prosthodontic treatment. Guided osteotomy preparation and placing implant through a guide may contribute to more precise and accordant to prosthodontic plan of implants placing.*

Słowa kluczowe: precyzja w implantologii, szablon implantologiczny, druk 3D.

Key words: *implants, accuracy, implant guide, 3D printing.*

W pierwszej części pracy opisane zostało zastosowanie obrazowania przestrzennego w planowaniu leczenia implantologicznego. Celem badania jest porównanie pod względem powtarzalności i zgodności z planem leczenia 2 metod implantacji.

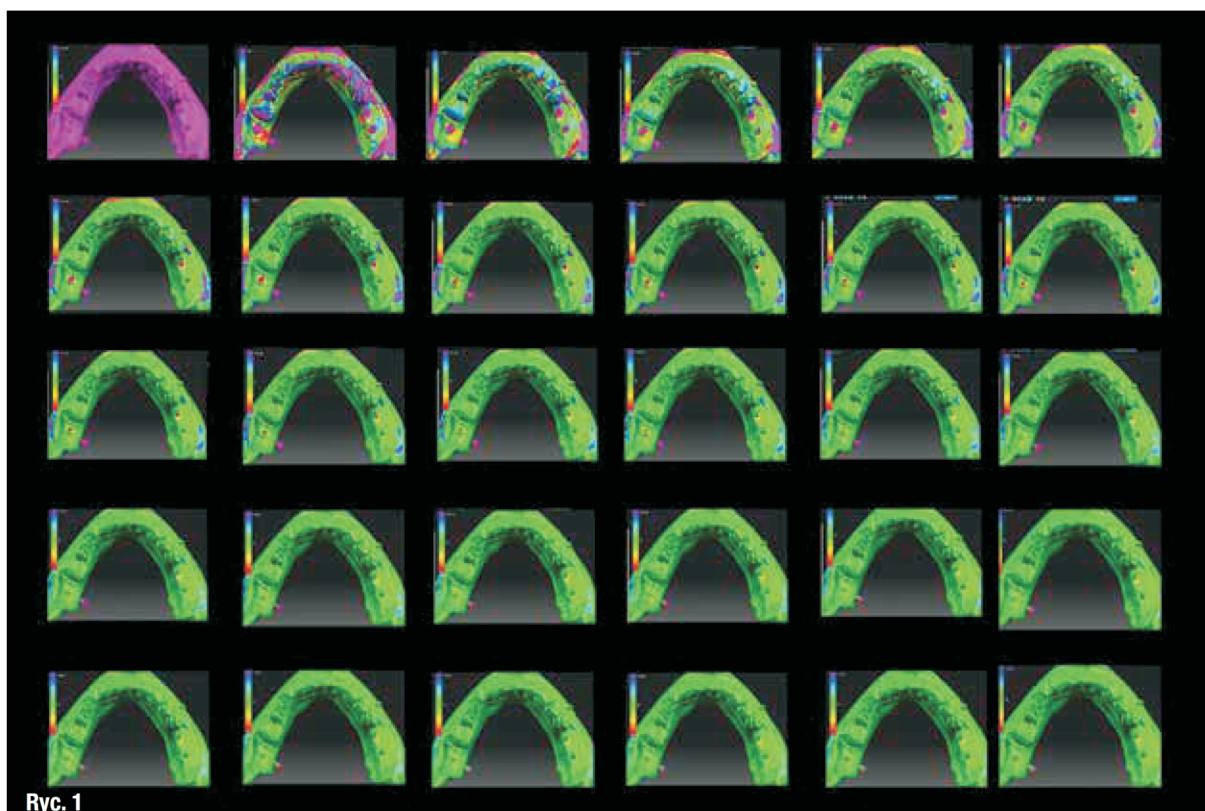
Wykorzystany klinicznie szablon został, po sterylizacji, użyty do powtórzenia w warunkach *in vitro* zabiegu na połowie wydrukowanych w technologii SLS modeli żuchwy (materiał: poliamid PA12, drukarka 3D: TPM ELITE 3200 SLS SYSTEM, wydruk: SOLVERE Sp. z o.o.). Na drugiej połowie zabieg wykonano z wolnej ręki. Modele żuchwy utworzone na podstawie trójwymiarowego badania obrazowego odwzorowały przestrzennie warunki kliniczne.

Cel pracy

Celem drugiej części pracy jest przedstawienie metod porównania efektów obu typów zabiegów i wstępnych wyników.

Materiał

Materiał porównawczy stanowiły skany kości z pograżonymi implantami oraz model planu leczenia z insertami. Skany zostały przygotowane za pomocą skanera laboratoryjnego Ceramill® map 400+ (Amann-Girrbach) i zapisane w otwartych plikach STL. Pliki te to mapy trójkątów opisujące powierzchnię modelu przestrzennego. Każdy wierz-

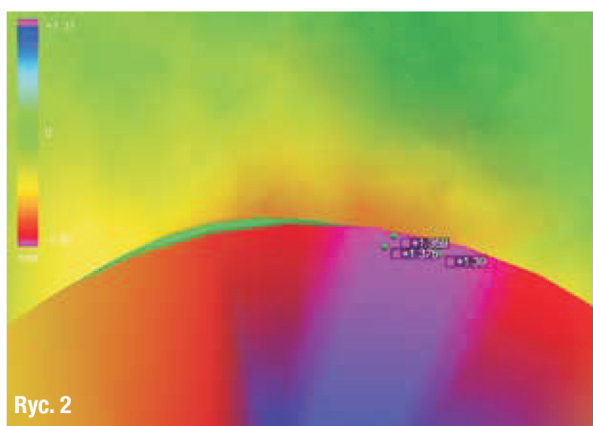


Ryc. 1: Przykład zestawienia mapek odchylek dla przypadku FH01. Obszary różowe oznaczają miejsca, których odchylenia wykraczają poza poziom tolerancji przyjęty dla danej mapki, pozostałe kolory oznaczają pola mieszczące się w przyjętym zakresie.

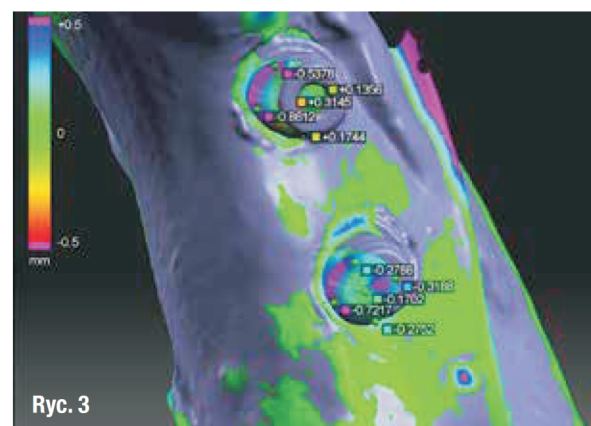
chołek trójkąta ma przypisane współrzędne, a im gęstsza jest siatka trójkątów, tym mniejszemu obszarowi rzeczywistego modelu odpowiada każdy z nich. Wg deklaracji producenta, użyty skaner ma dokładność 10 μm . Materiał do porównania stanowiły 2 pliki STL skanów modeli po procedurach implantologicznych z użyciem szablonu, plik STL skanu modelu po procedurze z wolnej ręki i plik STL z wirtualnego planowania zabiegu. Plik z wirtualnego

planowania był punktem wyjścia do obliczenia odchyleń w grupach z użyciem i bez użycia szablonu.

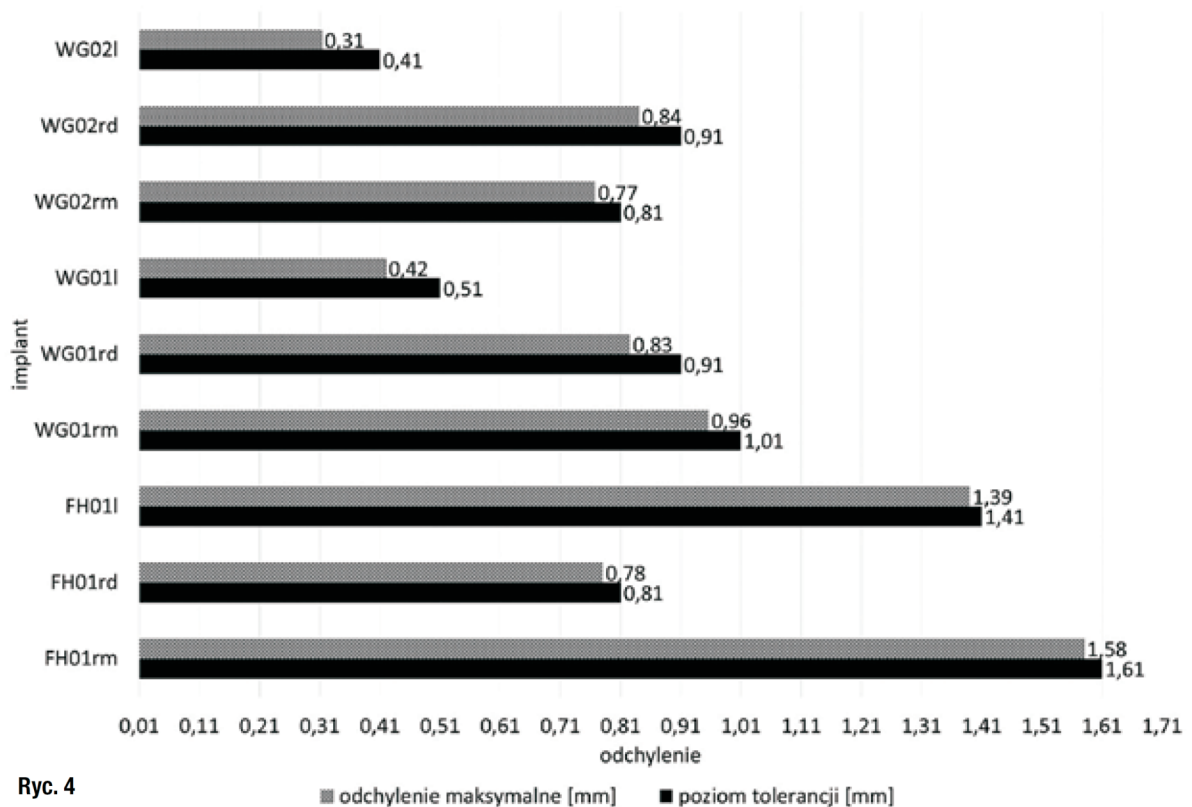
Procedura implantologiczna została zaplanowana w oprogramowaniu DDS-Pro (Digital Dental Service Ltd.) na podstawie badania CBCT pacjenta i skanu optycznego modelu diagnostycznego oraz modelu z wax'up-em przyszłej pracy protetycznej. W ten sposób uzyskano obraz kości i powierzchni słuzówkowej oraz lokalizacji i kształtu przyszłych prac protetycznych. Następnie, na podstawie planu rozmieszczenia implantów przygotowano model cyfrowy z insertami w miejscach przyszłych implantów. Każdy wirtualny



Ryc. 2: Przykład obszaru wykraczającego poza ustalony poziom tolerancji na implantach FH01 z oznaczonymi przykładowymi punktowymi odchylekami.

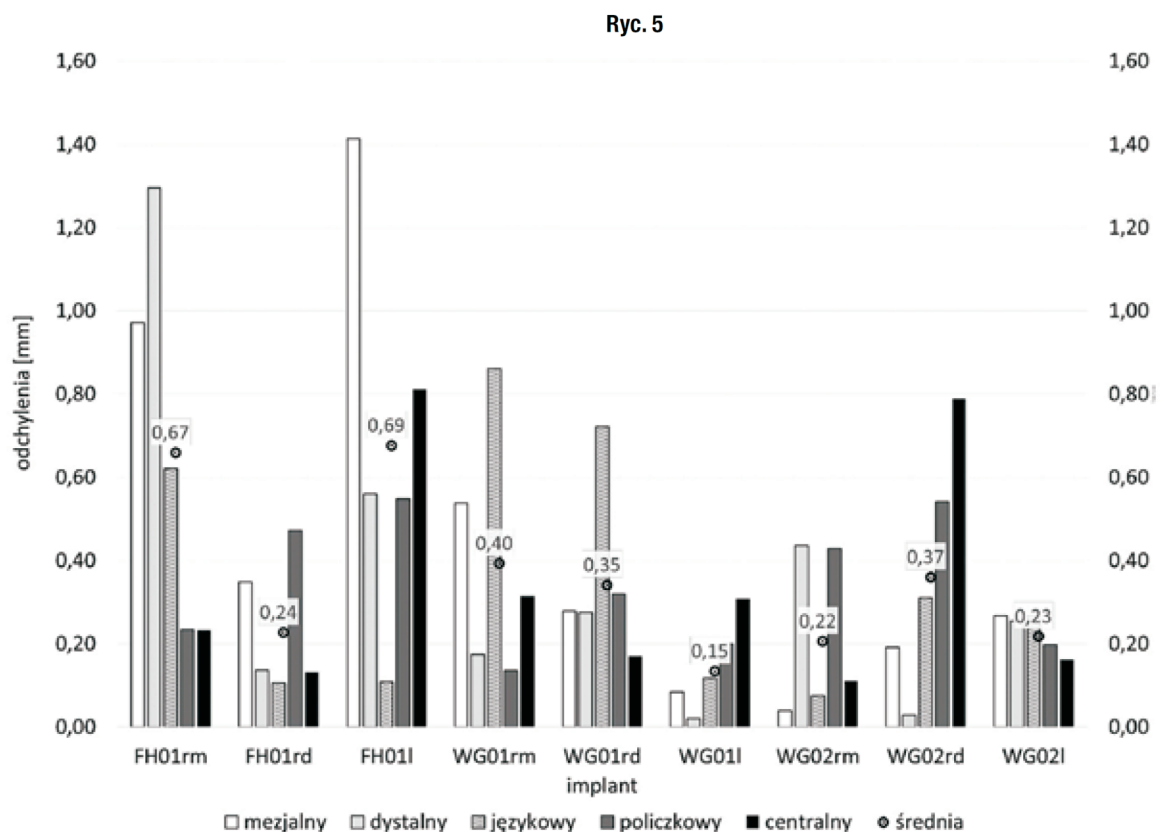


Ryc. 3: Rozmieszczenie punktów pomiarowych na implantach WG01rm i WG01rd. Szary model testowy z implantami nałożono na model referencyjny z zaznaczonymi poziomami odchyleń.



Ryc. 4: Poziomy odchylen na poszczególnych implantach zestawione z maksymalnymi punktowymi odchyleniami. Oznaczenia implantów: FH – z wolnej ręki, WG – z szablonem, nr próbki, l – lewy, r – prawy, m – mezjalny, d – dystalny.

Ryc. 5: Wartości odchylen bezwzględnych na implantach w miejscach stałych punktów pomiarowych na insertach. Oznaczenia implantów: FH – z wolnej ręki, WG – z szablonem, nr próbki, l – lewy, r – prawy, m – mezjalny, d – dystalny.



insert zaczynał się równo z platformą wirtualnego implantu, był w kształcie walca o średnicy 3 mm i wysokości 8,5 mm.

Metoda

Do porównania próbek z obu grup, skanów kości z implantami wkręconymi z wolnej ręki oraz z szablonem zastosowano oprogramowanie HP 3D Scan 5 (HP). Pomiarów dokonano 2 metodami: na podstawie mapek odchyłek i na podstawie punktów pomiarowych. Dla każdego skanu utworzono 30 mapek na poziomach tolerancji 0,01-3,01 mm w odstępach 0,1 mm (Ryc. 1).

Następnie, dla każdego implantu wybrano poziom tolerancji, na którym na mapce nie występują obszary z odchyłkami przekraczającymi ten poziom. W ten sposób ustalono poziomy, których nie przekraczają odchylenia położenia implantu od insertu. Wyznaczano je dla każdego implantu indywidualnie. Kolejnym etapem było znalezienie na poziomie tolerancji niższym o 0,1 mm (1 poziom tolerancji) niż ustalony dla danego implantu obszarów z odchyleniami przekraczającymi go. Miejsca te zostały oznaczone kolorem różowym. Na tych obszarach oznaczono punkty o najwyższej wartości odchyłek, poprzez wybieranie wielu punktów w niewielkiej odległości i wybór tego o najwyższej wartości (Ryc. 2).

Druga metoda opierała się o wyznaczenie na modelu referencyjnym, czyli modelu z insertami punktów pomiarowych. Na każdym insercie oznaczono punkty na górnej powierzchni (Ryc. 3): centralny, mezialny, dystalny, policzkowy, językowy.

Następnie odczytano odchylenia położenia implantów względem tych punktów dla każdego z implantów. Kolejno zmieniano modele testowe w analizie z zachowaniem wyznaczonych pierwotnie punktów pomiarowych bez konieczności ich ponownego oznaczania. Położenie punktów pomiarowych nie zmienia się względem insertu, jednak w zależności od modelu testowego zmienia się przypisana im wartość odchyłek. Pozwala to zachować powtarzalność pomiarów przy testowaniu kolejnych modeli.

Wstępne wyniki

Wstępne wyniki porównań przedstawiono na wykresach. Najmniejsze odchylenia występują na implantach WG02I, a największe na FH01rm (Ryc. 4). Należy zbadać większą liczbę próbek, aby móc porównywać grupy, jednak już po porównaniu 3 pierwszych modeli widzimy znaczną różnicę między implantami instalowanymi z wolnej ręki a wszczepianymi z szablonem. Zauważalne jest również znaczne zróżnicowanie stopnia odchyłek w obu grupach implantów. Zarówno wśród implantów

pograżonych z wolnej ręki, jak i tych umieszczanych z szablonem istnieją przypadki o niewielkiej i dużej wartości odchyłek. Na uwagę zasługuje też fakt, że różnice między poziomami, na których odchyłek już nie ma a maksymalnymi odchyleniami są bardziej zbliżone w procedurach z wolnej ręki. Świadczy to o lepszym zachowaniu planu leczenia przy zastosowaniu szablonu.

Podobnie, jak w pierwszej metodzie, aby móc porównywać oba rodzaje zabiegów, należy porównać więcej próbek. Na podstawie pierwszych 3 wyników, możemy jednak zauważyć, że największe odchylenia występują w grupie implantów wszczepianych z wolnej ręki (Ryc. 5). W tej grupie są również większe różnice między odchyleniami na poszczególnych punktach pomiarowych. Świadczy to tym, że osie implantu i insertu były nachylone względem siebie pod większym kątem i górna powierzchnia implantu nie jest równoległa do górnej powierzchni insertu. Widać to szczególnie na przykładzie implantów FH01rd i WG02I, które mimo podobnej średniej wartości odchyłek mają inny stopień zróżnicowania odchyłek w punktach (Ryc. 6 i 7).

AD

16-17 listopada 2018, Wrocław

DENTAMED

17. Dolnośląskie Targi Stomatologiczne we Wrocławiu



Świeże oblicze stomatologii

Targi
w Krakowie

www.targidentamed.pl



Ryc. 6



Ryc. 7

Ryc. 6: Implant WG02l, widok od strony policzkowej. Na rycinie przedstawiono 2 modele nałożone na siebie. Model zielony to model z implantami, model fioletowy to model z insertami. Na rycinie widać, że implant jest przesunięty względem insertu, jednak ich osie są względem siebie w przybliżeniu równoległe.

Ryc. 7: Implanty FH01rm i FH01rd od strony językowej. Na rycinie przedstawiono 2 modele nałożone na siebie. Model zielony to model z implantami, model fioletowy to model z insertami. Łatwo zauważyć, że mimo niewielkiego przestrzennego przesunięcia implantu względem insertu, ich osie są zbieżne.

Dyskusja

W literaturze wymienia się wiele czynników mających wpływ na powodzenie i zgodność efektów zabiegu implantologicznego z planem leczenia. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć: typ procedury, doświadczenie operatora i warunki kliniczne.

Wraz ze wzrostem znaczenia technologii cyfrowych, częściej stosuje się cyfrowe obrazowanie przestrzenne umożliwiające planowanie leczenia z uwzględnieniem nie tylko warunków kostnych, ale również funkcji i estetyki przyszłego uzupełnienia protetycznego. Wykorzystanie obrazowania CT lub CBCT umożliwia obniżenie ryzyka uszkodzenia struktur takich, jak: nerwy, korzenie zębów sąsiadujących, ściana zatoki. Procedurę implantologiczną z użyciem

szablony ocenia się w przeglądach systematycznych jako mniej inwazyjną i obniżającą ryzyko komplikacji pozabiegowych.^{1,2,3}

Pomimo ograniczeń niniejszego badania, wynikających z wyboru metody *in vitro* celem jak najwyższej powtarzalności warunków w obu badanych grupach, wstępne wyniki przeprowadzanego badania znajdują potwierdzenie w danych z badań w warunkach klinicznych.

Badanie Vermeulen pokazuje, że zabiegi wykonywane z szablonem chirurgicznym dają bardziej zgodne z planem leczenia rezultaty, nawet w grupie wysokiej klasy doświadczonych specjalistów. W przytoczonym badaniu szczególnie istotne są znaczące różnice w odchyleniach położenia implantu na głębokość w grupie procedur z wolnej ręki względem odchyżeń w grupie z szablonem. Również opisane odchylenia kąta pogrążenia implantu są istotnie większe w grupie bez szablonu. Może mieć to potencjalnie wysoki wpływ na konieczność zmiany projektu pracy protetycznej zaakceptowanego na etapie przygotowania do leczenia.

Należy zaznaczyć, że procedury implantacji z szablonem również wiążą się z wieloma trudnościami. Ze względu na przestrzeń między wiertłem a tuleją, w szablonie nie jest możliwe całkowite zniwelowanie odchylenia kąta osadzenia implantu. W badaniu Seong-Yong Moon et al. zwrócono uwagę na krytyczne znaczenie uwzględnienia projektu przyszłego uzupełnienia protezy już na etapie planowania zabiegu.

Pewnym ograniczeniem użycia szablonu jest również stopień rozwarcia szczęk u danego pacjenta. W badaniu analizowano procedury przeprowadzone u 5 pacjentów, obejmujące łącznie 19 implantów – 11 w procedurze z szablonem podpartym na zębach pacjenta i 8 w procedurze z podparciem śluzówkowym. Mimo ostatecznego wniosku o wyższości procedury z szablonem nad procedurą z wolnej ręki, zwrócono uwagę na ważne ograniczenia pierwszej metody takie, jak: ograniczona szerokość otwarcia ust pacjenta, kształt szablonu, trudności z mocowaniem szablonu do podłoża i długość wiertel chirurgicznych.

Najbardziej zbliżonym pod względem procedury do niniejszego badania była praca Toyoshima et al., w której analizowano procedury z użyciem szablonów chirurgicznych przeprowadzone w warunkach *in vitro* przez niedoświadczonych operatorów. W opisie badania zwrócono szczególną uwagę na konieczność wyboru procedury w warunkach *in vitro* ze względu na brak doświadczenia osób wykonujących implantacje. Pomimo zastosowania szablonów implantologicznych, odchylenia w kącie osadzenia względem planu leczenia były znaczne.

Wnioski

Wstępne wyniki pracy są zgodne z wnioskami płynącymi z analizy doniesień naukowych i potwierdzają większą zgodność z planem leczenia w grupie implantów z procedury z szablonem. Użyte metody porównań i wybranie materiału badawczego w postaci plików STL pozwalają na analizę dopasowania efektu procedury do założonego projektu leczenia.

Badanie prowadzone jest w ramach projektu z zakresu badań naukowych i prac rozwojowych służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich, finansowanych w ramach działalności naukowej Wydziałów WUM.

Piśmiennictwo

1. Wenjuan Z, Zhonghao L, Liansheng S, Chia-ling K, David MS. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery – A Systematic Review and Meta-analysis, J Evid Based Dent Pract. 2018 Mar.
2. Chen X, Yua J, Wang C, Huang Y, Kang L. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: a pilot study Clin Implant Dent Relat Res, 12 (2010).
3. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review Int J Oral Maxillofac Implants, 29 (Suppl) (2014), pp. 25-42.
4. Vermeulen J. The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Mar/Apr;32(3):617–624.
5. Van Noort R. The future of dental devices is digital, Dent Mat. 28, 3-12, 2012.
6. Fernández-Gil Á, Gil HS, Velasco MG, Moreno Vázquez JC. An In Vitro Model to Evaluate the Accuracy of Guided Implant Placement Based on the Surgeon's Experience. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 May/Jun;32(3):151-154.
7. Block MS, Emery RW, Lank K, Ryan J. Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Jan/Feb;32(1):92-99.
8. Toyoshima T, Tanaka H, Sasaki M, Ichimaru E, Naito Y,

Matsushita Y, Koyano K, Nakamura S. Accuracy of implant surgery with surgical guide by inexperienced clinicians: an in vitro study. Clin Exp Dent Res. 2015 Jul 14;1(1):10-17.

9. Lee WC, Huang CH, Chung SC, Wei CC An efficient and accurate approach for fabricating dental implant surgical guides. Biomed Mater Eng. 2014;24(6):2689-95.
10. Verhamme LM, Meijer GJ, Boumans T, De Haan AF, Bergé SJ, Maal TJ. A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates. Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Apr;17(2):343-52.
11. Flügge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, Metzger MC. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: simplifying guided implant surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2013 Aug;71(8):1340-6.
12. Kourtis S, Skondra E, Roussou I, Skondras EV Presurgical planning in implant restorations: correct interpretation of cone-beam computed tomography for improved imaging. J Esthet Restor Dent. 2012 Oct;24(5):321-32.
13. Turbush SK, Turkyilmaz I. Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: an in vitro study. J Prosthet Dent. 2012 Sep;108(3):181-8.

autorzy

Marta Czajkowska

Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Propedeutyki i Profilaktyki Stomatologicznej Wydziału Lekarsko-Dentystycznego WUM

Łukasz Zadrozny, Leopold Wagner

Zakład Propedeutyki i Profilaktyki Stomatologicznej Wydziału Lekarsko-Dentystycznego WUM

Zbigniew Bartosik

Natrodent Profesjonalne Systemy Protetyczne
Łódź

AD

11-13 kwietnia 2019, Kraków

KRAKDENT®

27. Międzynarodowe Targi Stomatologiczne w Krakowie

**ZAPRASZAMY
W KWIETNIU!**

Targi
w Krakowie

www.krakdent.pl