

# TECHNOLOGIE CYFROWE WE WSPÓŁCZESNEJ PROTETYCE. MODA CZY KONIECZNOŚĆ?

## MOŻLIWOŚCI ZMIANY PROTOKOŁU POSTĘPOWANIA W PLANOWANIU I WYKONAWSTWIE REKONSTRUKCJI PROTETYCZNYCH

PRACA RECENZOWANA

**Streszczenie:** Współcześnie jesteśmy świadkami burzliwego rozwoju technologii informatycznych dotyczących wszystkich dziedzin życia codziennego. Nie inaczej dzieje się w stomatologii, a szczególnie w protetyce stomatologicznej. Do lamusa odchodzą stare, sprawdzone metody, ustępując miejsca technologiom CAD/CAM, metodom frezowania, synteryzowania itd.

Na przykładzie klinicznym praca przedstawia możliwości wykorzystania technik cyfrowych w przypadku rehabilitacji narządu żucia w oparciu o stałe uzupełnienia protetyczne obejmujące oba łuki zębowe.

**Słowa kluczowe:** CAD/CAM, rehabilitacja narządu żucia, DSD, protetyka stomatologiczna

**Abstract:** Nowadays we are witnessing a rapid development of IT technologies in all domains of everyday life. The same happens in dentistry, particularly in prosthodontics. Old proven methods are withdrawn and replaced by CAD/CAM technologies, milling, sintering, etc.

On the basis of a clinical example, the article shows possibilities of using digital techniques in case of full mouth rehabilitation with fixed prosthetic reconstructions of both arches.

**Key words:** CAD/CAM, full mouth rehabilitation, DSD, prosthodontics



dr hab. n. med. **JAN K. PIETRUSKI**<sup>1</sup>  
prof. dr hab. n. med. **Małgorzata D. Pietruska**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Małgorzata i Jan Pietruscy. Praktyka Stomatologiczna w Białymstoku

<sup>2</sup>Zakład Chorób Przyzębia i Błony Śluzowej Jamy Ustnej,  
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Małgorzata D. Pietruska

**Adres korespondencyjny, mailing address:**

dr hab. n. med. Jan K. Pietruski  
Małgorzata i Jan Pietruscy. Praktyka Stomatologiczna  
ul. Waszyngtona 1/34, 15-269 Białystok, tel.: (85) 744 73 96  
**e-mail: praktyka@pietruscy.pl**

**N**a przestrzeni ostatnich lat jesteśmy świadkami burzliwego rozwoju technologii informatycznych znajdujących zastosowanie we wszystkich dziedzinach naszego życia. Rewolucja wynikająca z dostępności technik informatycznych nie ominęła stomatologii, a protetyki stomatologicznej w szczególności. Częściowo jest ona wynikiem wciąż rosnącego potencjału możliwości komputerów osobistych i smartfonów, a częściowo technologii rozwijanych konkretnie pod kątem stomatologii i techniki dentystrycznej.

Celem niniejszego artykułu jest próba przedstawienia możliwości, jakie daje informatyzacja w codziennej pracy stomatologa. Mimo że wciąż używane są tradycyjne, stosowane od dziesięcioleci techniki, takie jak odlewanie metalu metodą traconego wosku, napalanie ceramiki na metalowe podbudowy lane, warto poznać i wykorzystywać dostępne nowe technologie, w znaczący sposób ułatwiające proces leczenia. Możliwości wykorzystania cyfryzacji ilustruje przypadek 67-letniego pacjenta z brakami zębowymi i patologiczną utratą tkanek twardych zębów, u którego wykonano protetyczną rehabilitację narządu żucia.

Aby możliwe było stworzenie prawidłowego planu leczenia, konieczne jest określenie etiologii poszczególnych patologii narządu żucia. W planowaniu według dawniej przyjętych zasad analizowano modele, oceniano rozległość braków zębowych, możliwości ich uzupełnienia itp. Powszechne dzisiaj, a być może i nadużywane pojęcie stomatologii estetycznej rozumiane jest przeważnie w zbyt ograniczony sposób – jako dbałość o detale rekonstrukcji estetycznych. Pojęcie stomatologii estetycznej należy rozumieć jako koncepcję planowania leczenia, w którym ocena estetyki – nie samego uzębienia, ale jego relacji i wpływu na twarz – jest

pierwszym i podstawowym narzędziem diagnostycznym. Umożliwia to w bardziej miarodajny i obiektywny sposób „dopasowanie” pozycji i formy rekonstruowanego uzębienia do uśmiechu i twarzy. Jednym z punktów zwrotnych w formowaniu ww. koncepcji stomatologii estetycznej wydają się być trzy publikacje z lat 90. autorstwa Macka [1–3], który zawarł w nich następujące wnioski dotyczące istotności oceny estetyki i proporcji twarzy w określaniu pozycji zębów i pionowego wymiaru zwarcia:

1. Balans wymiarów twarzy oraz położenie płaszczyzny okluzyjnej są najważniejszymi determinantami dla ustanowienia odpowiedniego pionowego wymiaru zwarcia.
2. Istnieją oczywiste zależności pomiędzy defektami estetycznymi twarzy a anatomią zębów i wyrostków.
3. Klasykzna ocena zaartykułowanych modeli i analiza okluzji nie jest wystarczająca dla pełnej oceny i planowania leczenia stomatologicznego.

Planowanie pozycji uzębienia i przebiegu płaszczyzny okluzyjnej jest pierwszym etapem, drugim – funkcja narządu żucia. Przedstawiona kolejność nie oznacza, że funkcja ma mniejsze znaczenie, ale wynika z logiki postępowania. Zgodnie z wypracowaną przez lata i standardowo stosowaną przez autorów procedurą, w przypadku wykonywania rekonstrukcji protetycznej obejmującej oba pełne łuki zębowe, w pierwszym etapie odbudowywany jest docelowo górny łuk, przy projektowaniu którego nacisk kładziony jest na efekt estetyczny, a więc pozycję zębów i przebieg płaszczyzny estetycznej w oparciu o analizę twarzy. Po definitywnym oddaniu górnej rekonstrukcji i określeniu optymalnej pozycji żuchwy oraz pionowego wymiaru zwarcia, w drugim etapie wykonuje się rekonstrukcję dolnego łuku, traktując priorytetowo uzyskanie stabilnej okluzji centralnej, fizjologicznego

## DIGITAL TECHNOLOGIES IN CONTEMPORARY PROSTHODONTICS. FASHION OR NECESSITY?

### POSSIBILITIES OF MAKING CHANGES IN THE PROTOCOL OF PLANNING AND MANUFACTURING OF PROSTHETIC RECONSTRUCTIONS

In recent years, we have been witnessing a rapid development of IT technologies that affect all domains of our lives. A revolution resulting from the availability of information technologies has also taken place in dentistry, prosthodontics in particular. It is partially a result of the constantly growing potential of personal computers and smartphones, and the technologies developed specifically having dentistry and dental techniques in mind.

The aim of this article is to present the possibilities ensured by implementation of IT solutions in everyday work of a dental practitioner. Although traditional techniques, such as investment casting or fusing porcelain on metal cast foundations, which have been used for decades are still applied, it is worth finding out and starting to make use of new technologies that facilitate treatment to a significant extent. The possibilities of digitisation are illustrated by a case of a 67-year-old patient lacking some teeth and suffering from the pathological structure loss of remaining dentition, in whom prosthetic rehabilitation of the masticatory system was performed.

In order to establish proper treatment plan, it is important to determine the aetiology of particular pathologies of the stomatognathic system. During the planning process, conducted in accordance with the old principles, models were analysed, number of missing teeth was evaluated, the possibilities of their replacement were assessed, etc. The nowadays common – and perhaps overused – term aesthetic dentistry is usually understood in a very limited way as attention to aesthetic details of a reconstruction. The idea of aesthetic dentistry should be understood as a treatment planning concept, in which the evaluation of aesthetics – not only of dentition but also its relationships with and impact on the face – is the first and most important diagnostic tool. This allows “adjusting” the positions and forms of reconstructed dentition to the smile and face in a more reliable and objective manner. Three publications by Mack [1–3] from the 1990s are considered a turning point in the formulation of the aforementioned concept of aesthetic dentistry; the author presented therein the following conclusions concerning the significance of aesthetics and facial proportions in the determination

**Zobacz więcej  
w multimedialnej  
wersji e-Dentico**



zakresu ruchów żuchwy oraz dyskluzji zębów bocznych w ruchach funkcjonalnych w oparciu o prowadzenie kłowe.

Pierwszym etapem planowania pozycji płaszczyzny okluzyjnej jest określenie prawidłowego usytuowania zębów przednich w wymiarze pionowym i wargowo-podniebiennym.

Nie dotyczy to tylko pacjentów bezzębnych, ale także tych posiadających jeszcze własne uzębienie, którego pozycja na skutek procesów patologicznych (starcia, erozji, patologicznych migracji, wad zgryzu itp.) wymaga korekty i dodatkowo utrudnia obiektywną ocenę i planowanie. Określając prawidłową pozycję zębów przednich w wymiarze pionowym (innymi słowy ich ekspozycję spod wargi górnej), należy uwzględnić szereg czynników: wiek i płeć pacjenta, długość i dynamikę wargi górnej, krzywiznę wargi dolnej, budowę kostną części twarzowej czaszki itp. Średnie wartości ekspozycji górnych siekaczy centralnych w zależności od płci, rasy i wieku opisali w roku 1978 Vig i Brundo – i na tych wartościach autorzy pracy najczęściej opierają się w planowaniu [4]. Jednak w późniejszych badaniach stwierdzono, że rozrzuty tych wartości są w populacji dosyć duże i sięgają nawet 10 mm u osób rasy białej, a wartości średnie spotykane są u mniej niż 30% przypadków. Natomiast wartości ekspozycji guzków kłów są bardziej wiarygodnym wyznacznikiem płaszczyzny, gdyż rozrzuty nie przekraczają 5 mm, a najczęściej spotykane są wartości nieodlegające od średnich o więcej niż 1 mm [5]. Tak więc za obiektywny wyznacznik poprawnego położenia płaszczyzny okluzyjnej w wymiarze pionowym należy przyjąć pozycje guzków górnych kłów.

Aby wykorzystać opisane powyżej zasady pozycjonowania zębów, konieczne jest wykonanie fotografii uzębienia i twarzy.

Dzięki cyfryzacji praca z dokumentacją fotograficzną nabrała innego wymiaru, niż miało to miejsce jeszcze kilkanaście lat temu.

Po pierwsze, zdjęcie można natychmiast obejrzeć – co bardzo istotne – razem z pacjentem. Pozwala to już przy pierwszym spotkaniu uświadomić pacjentowi problemy, o których być może nie wiedział, które wymuszają określone procedury terapeutyczne oraz wytłumaczyć, jakie ograniczenia mają planowane działania lecznicze.

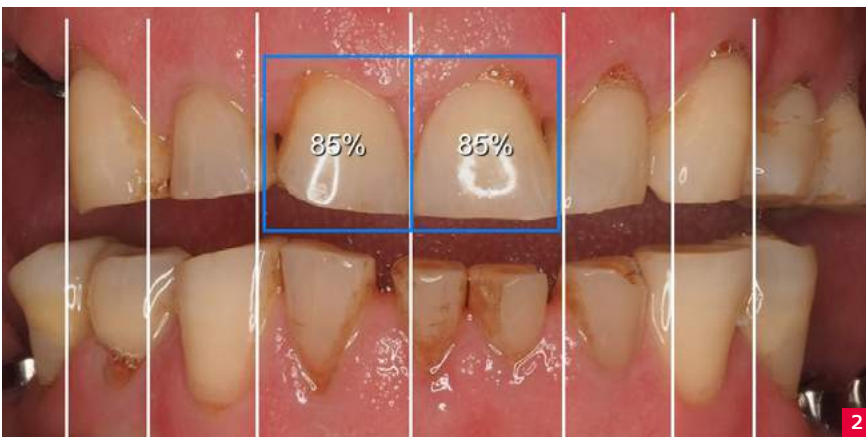
Po drugie, wykorzystując możliwości komputerów, zdjęcia można modyfikować i wykonać symulację nowych pozycji zębów. Klasyczny komplet zdjęć diagnostycznych obejmuje 9 zdjęć twarzy: z zamkniętymi ustami, z wargami w spoczynku i w uśmiechu od frontu z półprofilu i z profilu oraz 6 zdjęć wewnątrzustnych: od frontu w zwarciu, w lekkim rozwarciu, zdjęcia boczne prawe i lewe oraz zdjęcia powierzchni okluzyjnych obu łuków zębowych. Powszechna dostępność fotografii cyfrowej i komputerów osobistych była podstawą opracowania przez Coachmanna i wsp. [6] techniki DSD (*Digital Smile Design*). Koncepcja cyfrowego projektowania uśmiechu DSD jest przykładem wykorzystania możliwości cyfrowej obróbki zdjęć przy pomocy najprostszymi narzędzi dostępnymi w niemalże każdym komputerze osobistym. Dzięki takiemu wykorzystaniu ww. możliwości pacjent przed jakimikolwiek działaniami klinicznymi może zobaczyć, jakie są realne perspektywy zmiany estetyki w przebiegu leczenia. Punktem wyjścia pozostają jednak zawsze poprawnie wykonane zdjęcia. Na ich podstawie wirtualnie projektuje się nowy kształt i pozycję zębów. Następnie w precyzyjny sposób przenosi się wymiary na model diagnostyczny i wykonuje identyczne z projektem komputerowym

of positions of teeth and the vertical dimension of occlusion:

1. The balance of facial dimensions and the location of occlusal plane are the most important determinants for establishing proper vertical dimension of occlusion.
2. There are clear interrelations between aesthetic defects of the face and the anatomy of teeth and alveolar processes.
3. The classic evaluation of mounted models and occlusion analysis are not sufficient to perform full evaluation and planning of dental treatment.

Planning of teeth positions and the course of the occlusal plane is the first stage; the second one focuses on the function of the masticatory organ. The presented sequence does not mean that function is less important; this is just the consequence of a given strategy of proceeding. In accordance with the procedure worked out for many years and used conventionally by the authors, in the case of performing a prosthetic reconstruction of both full dental arches, the upper arch is reconstructed in the first stage with attention paid mainly to the aesthetic effect; hence, the positions of teeth and the course of the aesthetic plane are based on a facial analysis. After completing the upper reconstruction and determining the optimal position of the mandible and the vertical dimension of occlusion, the second stage begins, which consists in the reconstruction of the lower arch, with most of the attention paid to obtaining stable centric occlusion, physiological range of mandibular movements and disclusion of lateral teeth in functional movements based on canine guidance.

Determining the correct position of front teeth in the vertical and labiopalatal dimension is the first stage of occlusal plane's position planning. This applies not only to edentulous patients, but also the ones who still have their own dentition, the position of which – as a result of pathological processes (abrasion, erosion, pathological migration, malocclusion, etc.) – requires correction and additionally hinders objective assessment and planning. When determining the correct position of front teeth in the vertical dimension, in other words their exposure from underneath the lower lip, it is important to take into account a series of factors, i.e. patient's age and sex, length and dynamics of the upper lip, curvature of the lower lip, bone structure of the facial part of the skull, etc. Average values of exposure of upper central incisors – depending on sex, race and age – were described by Vig and Brundo in 1978. The authors of this work mainly take those values into account in the planning process [4]. However, subsequent studies provided that dispersion of those values in a population are fairly large and reach even 10 mm in white people, while average values are encountered in less than 30% of cases. Meanwhile, values of exposure of canine cusps are a more reliable determinant of the plane owing to the fact that dispersion does not exceed 5 mm and the values encountered most often do not differ from average values by more than 1 mm [5]. Therefore, the position of cusps of upper



**Ryc. 1-4.** Wykorzystanie techniki cyfrowego planowania DSD. Określenie prawidłowych proporcji zębów i ich kształtu (1-3) w projekcji cyfrowym. Kolejne etapy rekonstrukcji protetycznej – *wax up* i *mock up* (4) charakteryzuje duża powtarzalność.

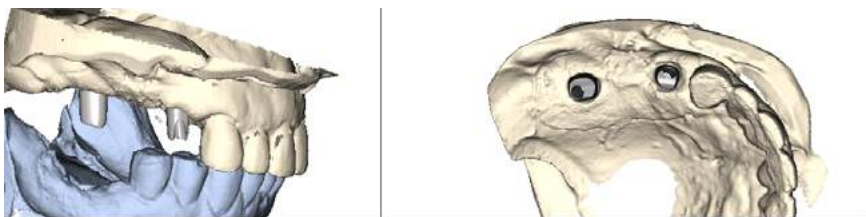
**Fig. 1-4.** The application of digital smile design (DSD). Determination of correct proportions of teeth and their shape (1-3) in a digital design. Subsequent stages of prosthetic reconstruction – *wax-up* and *mock-up* (4) are characterised by high repeatability.



**Ryc. 5, 6.** Wykorzystanie techniki cyfrowego planowania DSD. Kolejne etapy rekonstrukcji protetycznej – tymczasowe uzupełnienia typu *shells* (5) i docelowe uzupełnienia (6) charakteryzuje duża powtarzalność.

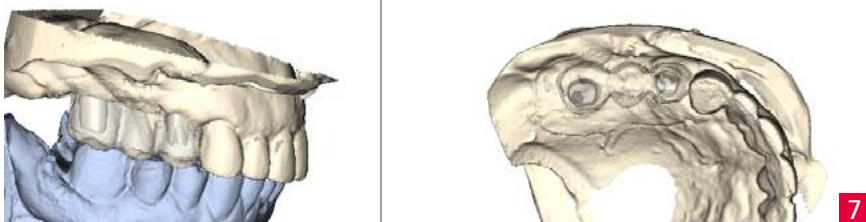


**Fig. 5, 6.** The application of digital smile design (DSD). Subsequent stages of prosthetic reconstruction – shell-type temporary restorations (5) and final restorations (6) are characterised by high repeatability.



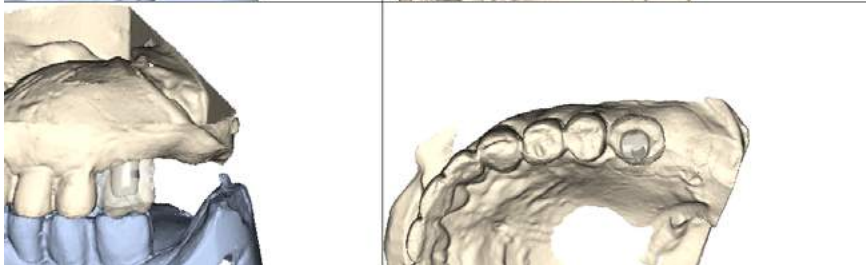
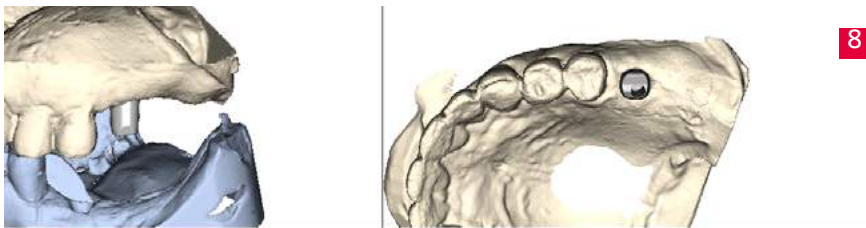
**7**

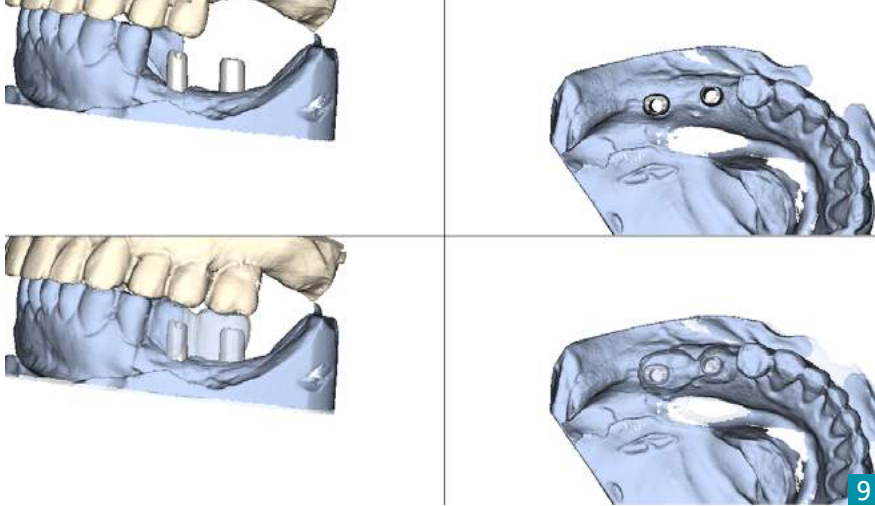
**Ryc. 7, 8.** Cyfrowy projekt łączników indywidualnych do implantów w pozycjach 14, 16, 26, 35, 36, 46.



**8**

**Fig. 7, 8.** CAD of individual abutments for implants in positions 14, 16, 26, 35, 36, 46.

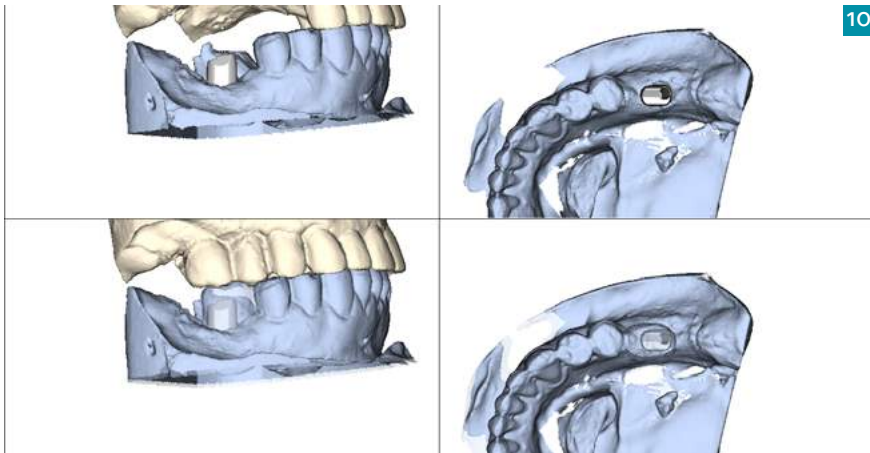




**Ryc. 9, 10.** Cyfrowy projekt łączników indywidualnych do implantów w pozycjach 14, 16, 26, 35, 36, 46.

10

**Fig. 9, 10.** CAD of individual abutments for implants in positions 14, 16, 26, 35, 36, 46.



**Ryc. 11, 12.** Te same łączniki indywidualne na modelach, które były poddawane skanowaniu.

11



**Fig. 11, 12.** The same individual abutments on models, which were subject to scanning.

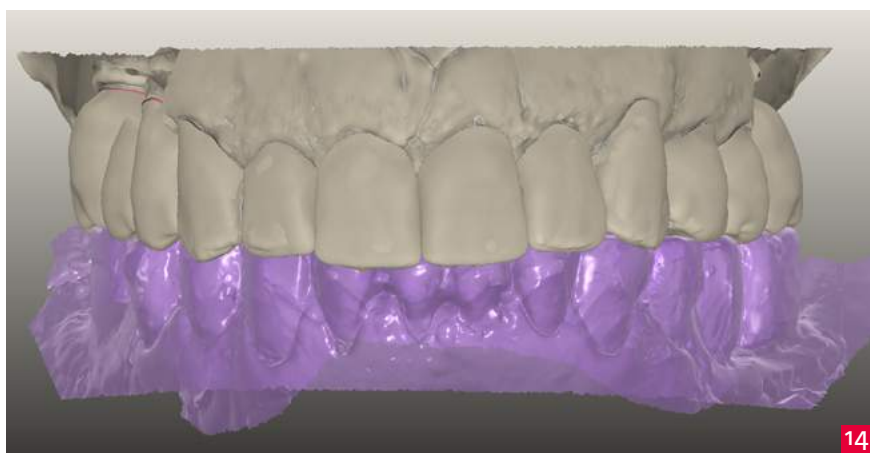
12



13

**Ryc. 13.** Wycisk roboczy górny. W pozycjach 14 i 16 duplikaty łączników indywidualnych. W pozycji 26 wycisk z poziomu implantu, ponieważ tu wykonywana będzie korona przykręcana, a więc wykonywanie duplikatu łącznika nie ma uzasadnienia.

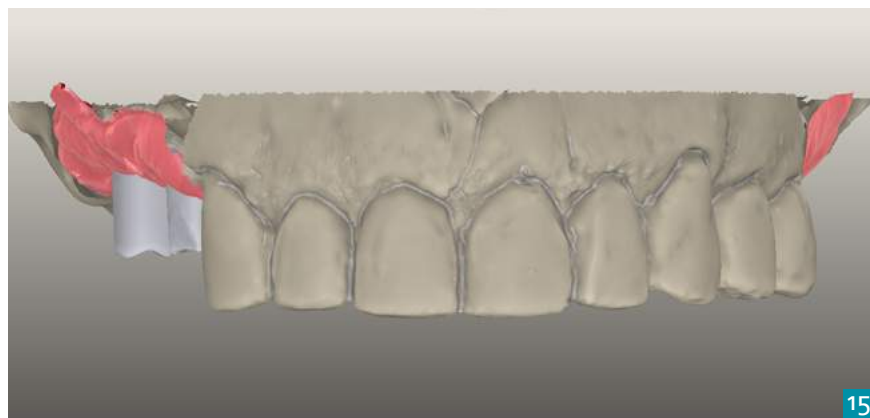
**Fig. 13.** Upper master impression. Duplicates of individual abutments in positions 14 and 16. Impression from the implant level in position 26 due to the fact that a screw-retained crown will be made here, hence executing an abutment duplicate is not justified.



14

**Ryc. 14.** Skan modelu *mock up-u*.

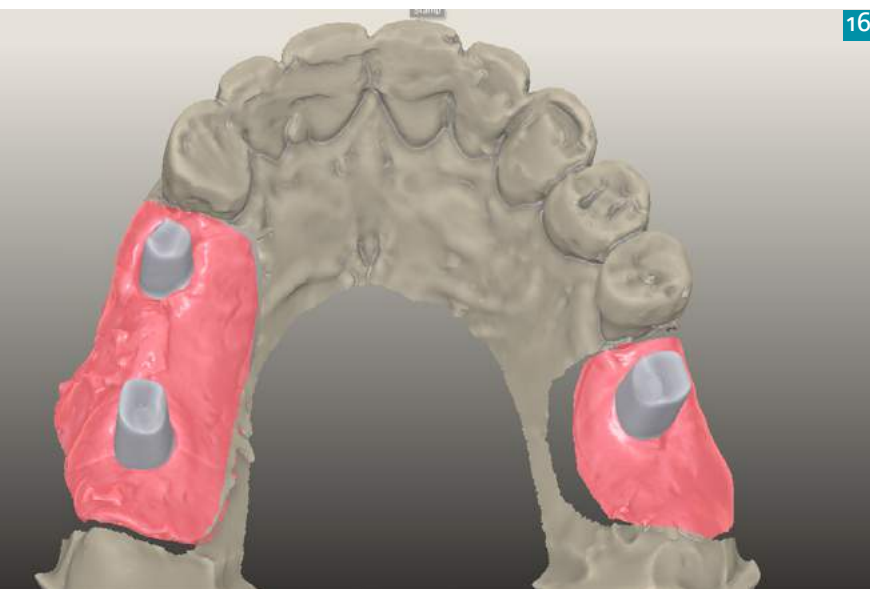
**Fig. 14.** Mock-up model scan.



15

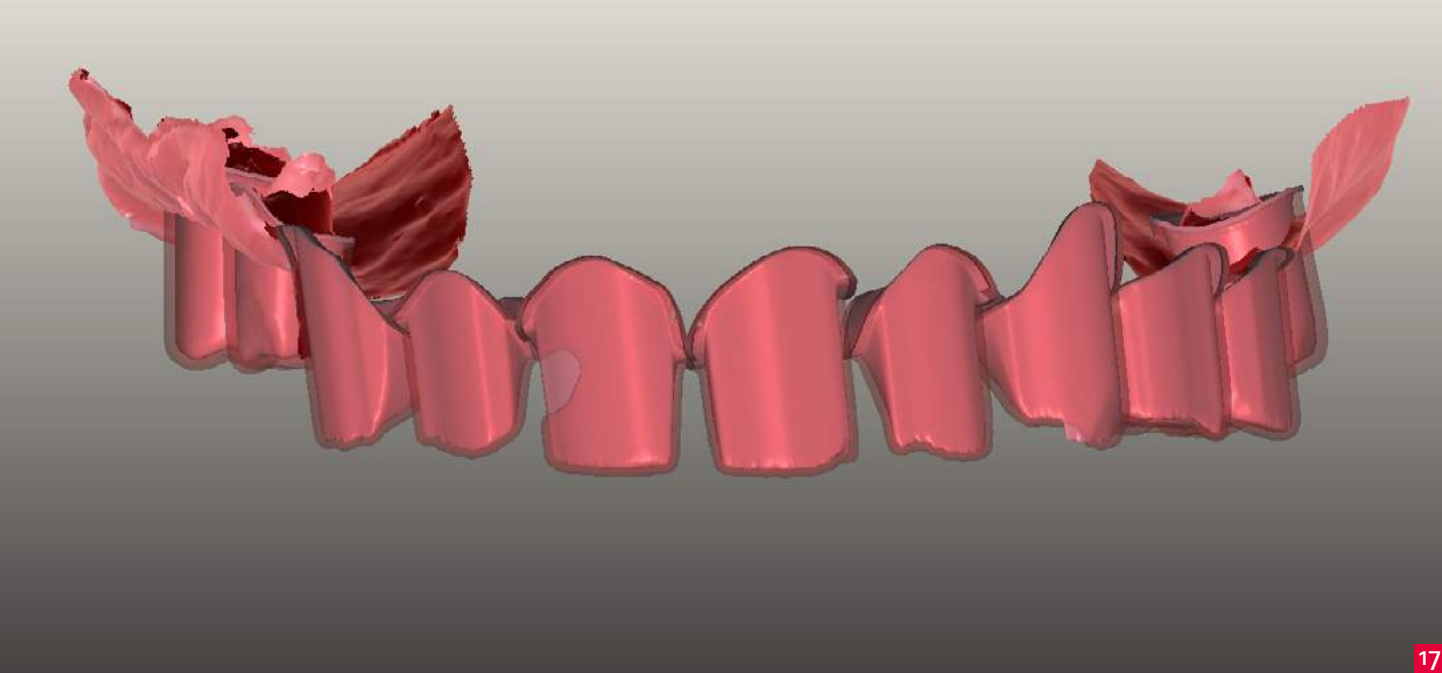
**Ryc. 15, 16.** Skany modelu z łącznikami indywidualnymi.

**Fig. 15, 16.** Scans of the model with custom abutments.

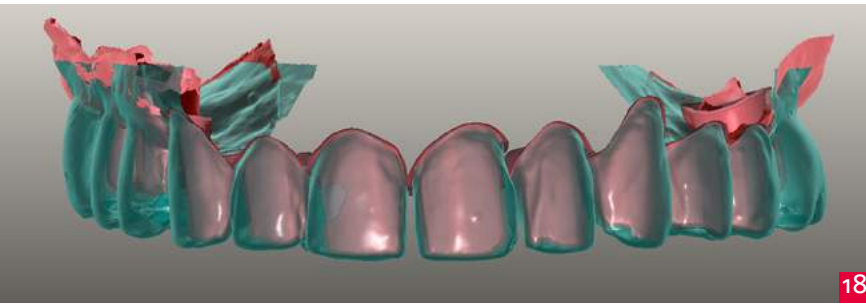


16

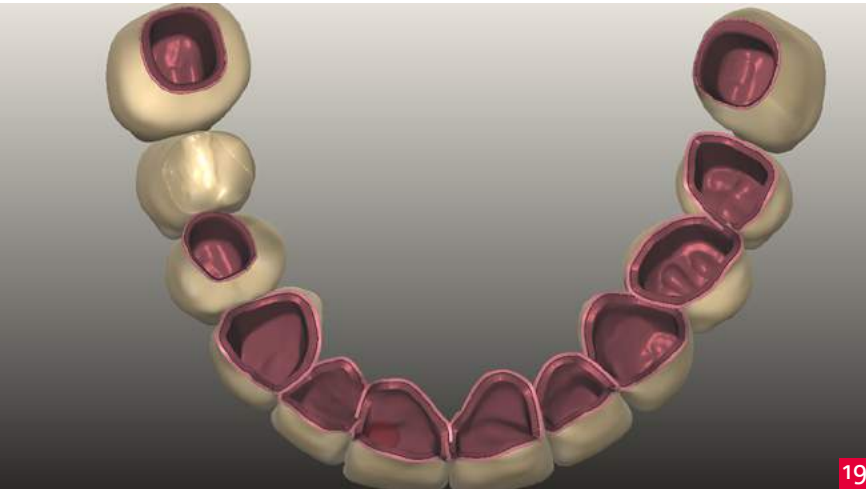
**Fig. 15, 16.** Scans of the model with custom abutments.



17



18



19



20

Ryc. 17–20. Wirtualna preparacja i projekt uzupełnień tymczasowych typu shells.

Fig. 17–20. Virtual preparation and design of shell-type temporary restorations.



21

**Ryc. 21, 22.** Uzupełnienie tymczasowe górnego łuku zębowego typu *shells* przygotowane przed preparacją zębów filarowych, przed jego wewnątrzustnym podścieleniem.



22

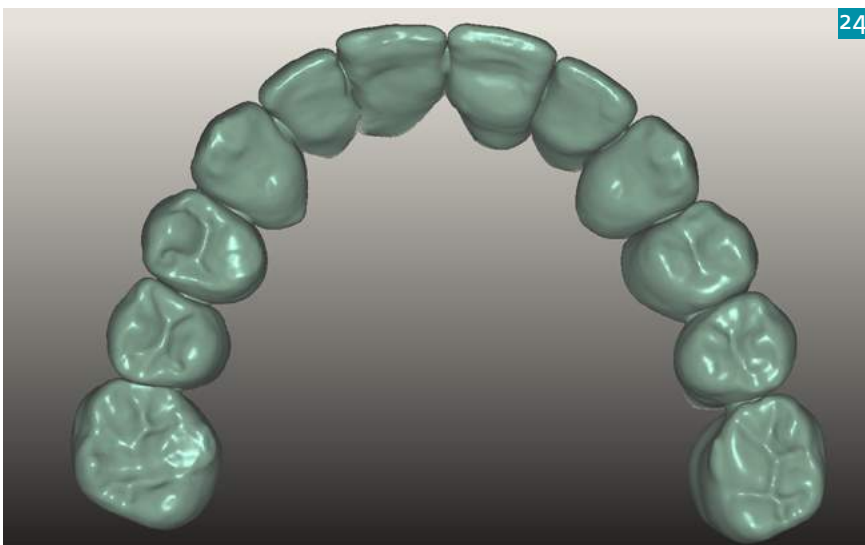
**Fig. 21, 22.** Shell-type temporary restoration of the upper dental arch made before preparation of abutment teeth, before intraoral relining.



23

**Ryc. 23.** Uzupełnienie tymczasowe typu *shells* po podścieleniu i zacementowaniu na cement tymczasowy. Po jego wewnątrzustnej weryfikacji i ewentualnych modyfikacjach wykonuje się wycisk będący wzorcem do wykonania docelowej rekonstrukcji.

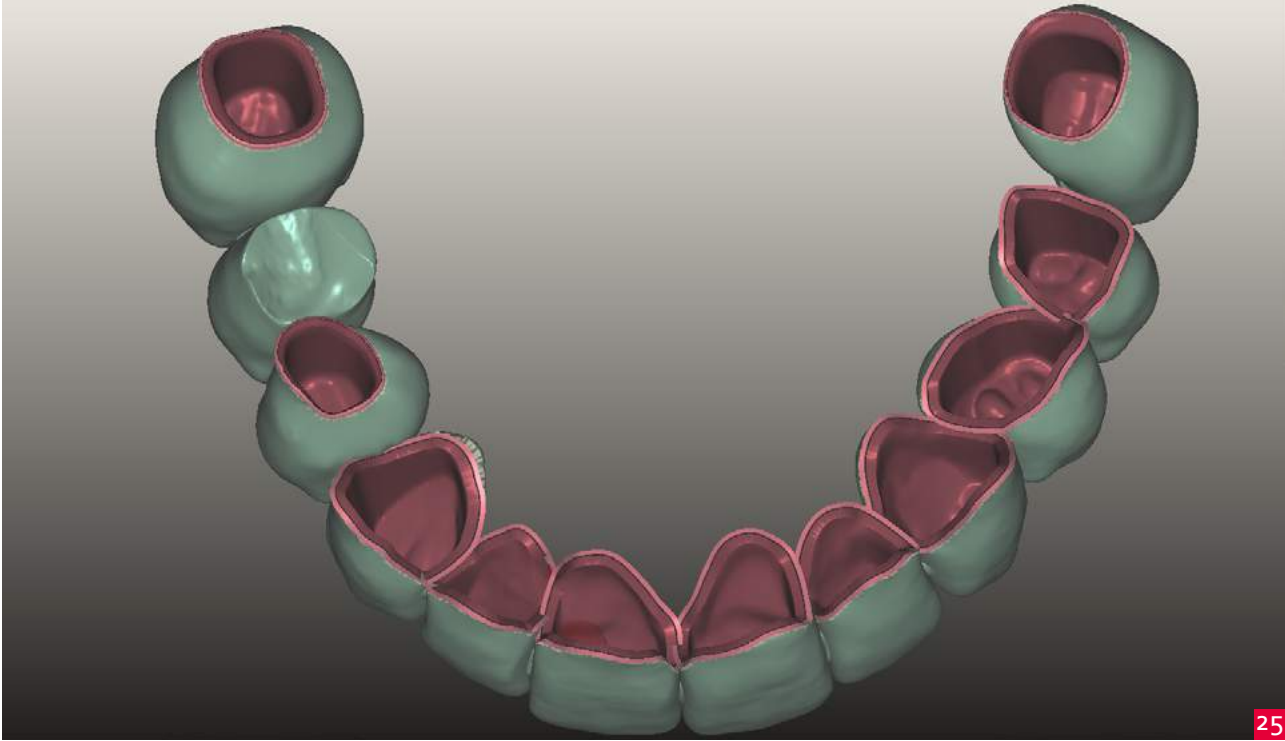
**Fig. 23.** Shell-type temporary restoration after relining and cementing with the use of temporary cement. After intraoral verification and potential modifications, an impression that will serve as a template for the preparation of a definitive reconstruction is taken.



24

**Ryc. 24.** Kolejne etapy cyfrowego projektowania rekonstrukcji.

**Fig. 24.** Subsequent stages of digital reconstruction designing.



25

**Ryc. 25.** Kolejne etapy cyfrowego projektowania rekonstrukcji.

**Fig. 25.** Subsequent stages of digital reconstruction designing.



26

**Ryc. 26.** Górna rekonstrukcja przed zacementowaniem.

**Fig. 26.** Upper reconstruction before cementing.



27

**Ryc. 27, 28.** Rejestracja zwarcia z wykorzystaniem deprogramacji na platformie przedniej.

**Fig. 27, 28.** Bite registration with the use of deprogramming on the anterior platform.



28



**Ryc. 29.** Rejestracja zwarcia z wykorzystaniem deprogramacji na platformie przedniej.

**Fig. 29.** Bite registration with the use of deprogramming on the anterior platform.



**Ryc. 30.** Pole protetyczne przygotowane do wycisku. Na przykręconych łącznikach CAD/CAM indywidualne klucze wyciskowe.

**Fig. 30.** Prosthetic field ready for impression. Individually made impression cups on screwed on CAD/CAM abutments.



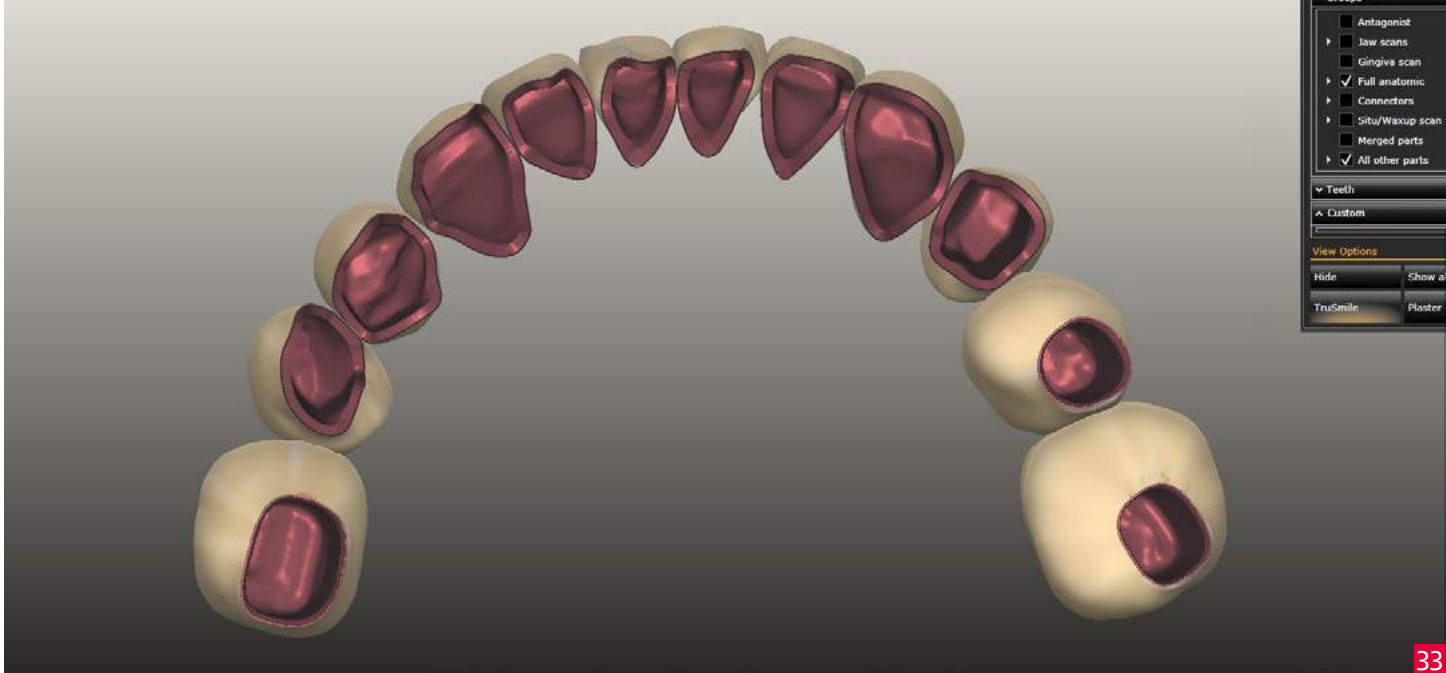
**Ryc. 31.** Dolny wycisk roboczy z poziomu kikutów i łączników indywidualnych z duplikatami łączników umieszczonymi w kluczach zatopionych w masie wyciskowej.

**Fig. 31.** Lower working impression from the level of prepared teeth and individual abutments with abutment duplicates inserted in impression cups embedded in impression material.



**Ryc. 32.** Dolne uzupełnienie tymczasowe typu *shells* w projekcie cyfrowym.

**Fig. 32.** Shell-type lower temporary restoration in a digital design.



33



34

Ryc. 33–35. Dolne uzupełnienie tymczasowe typu *shells* w projekcie cyfrowym i po wyfrezowaniu z akrylu.



35

Fig. 33–35. Shell-type lower temporary restoration in a digital design and after milling from acrylic.



36

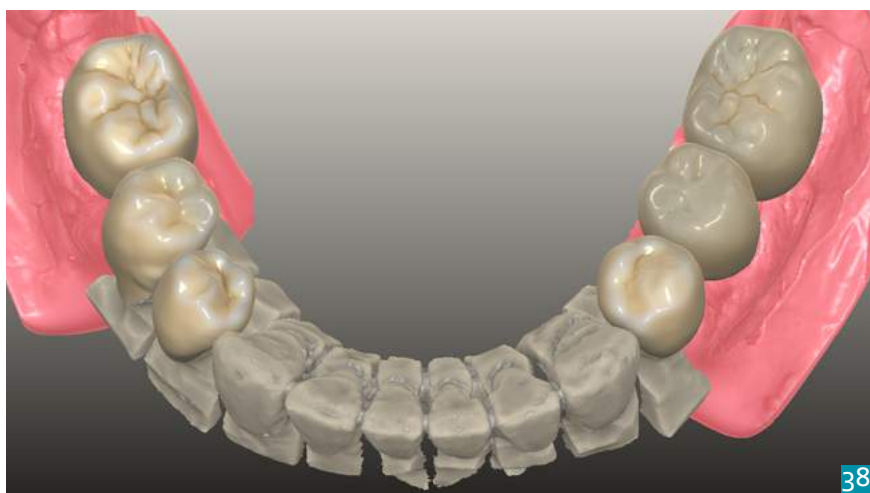
Ryc. 36. Dolne uzupełnienia tymczasowe typu *shells* po podścieleniu i zacemntowaniu na cement tymczasowy.

Fig. 36. Shell-type lower temporary restoration after relining and cementing with the use of temporary cement.

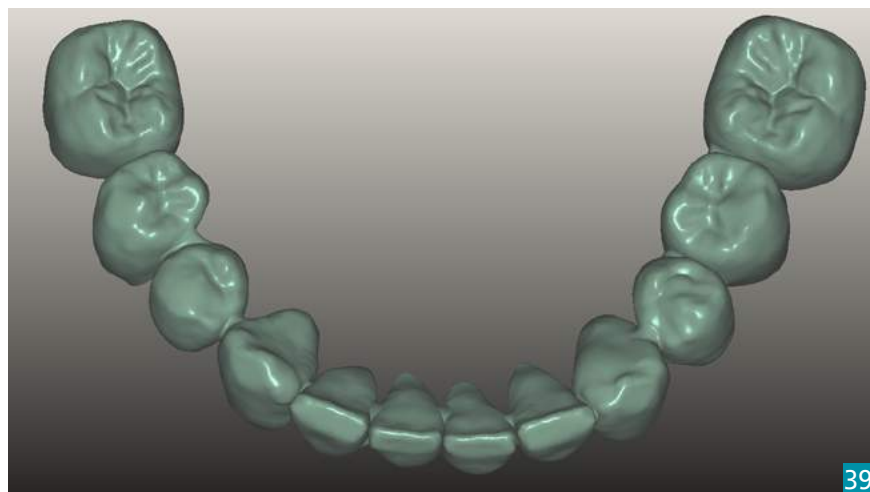


**Ryc. 37.** Próba dolnych prototypów typu *try-in* w pozycjach zębów bocznych i ceramiki bez glazury w odcinku przednim; weryfikacja zwarcia.

**Fig. 37.** Checking of lower try-in prototypes on the positions of lateral teeth and bisque bake ceramics in the anterior segment; occlusion verification.



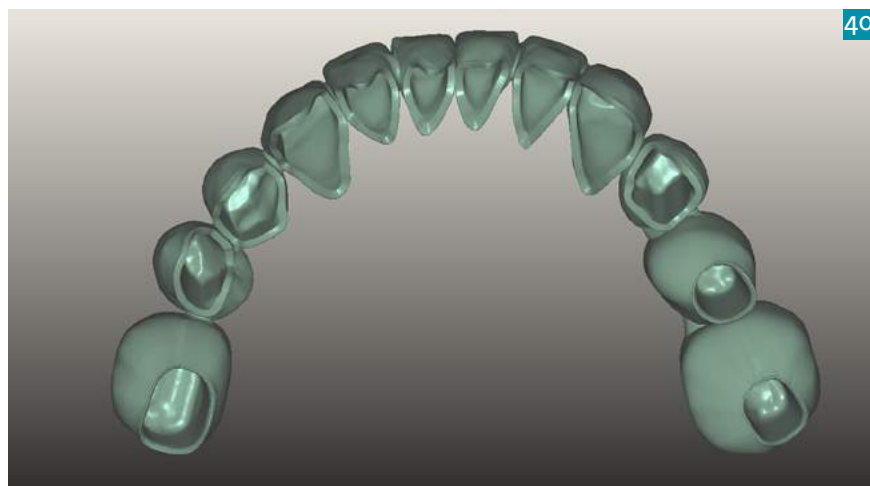
38



39

**Ryc. 38–40.** Etapy cyfrowego projektowania dolnej rekonstrukcji.

**Fig. 38–40.** Stages of digital designing of the lower reconstruction.



40



41

**Ryc. 41.** Etapy cyfrowego projektowania dolnej rekonstrukcji.

**Fig. 41.** Stages of digital designing of the lower reconstruction.



42

**Ryc. 42.** Dolna rekonstrukcja przed oddaniem.

**Fig. 42.** Lower reconstruction before delivery.



43

**Ryc. 43, 44.** Sytuacja wewnątrzustna po zakończeniu rehabilitacji.

**Fig. 43, 44.** Intraoral situation after rehabilitation.



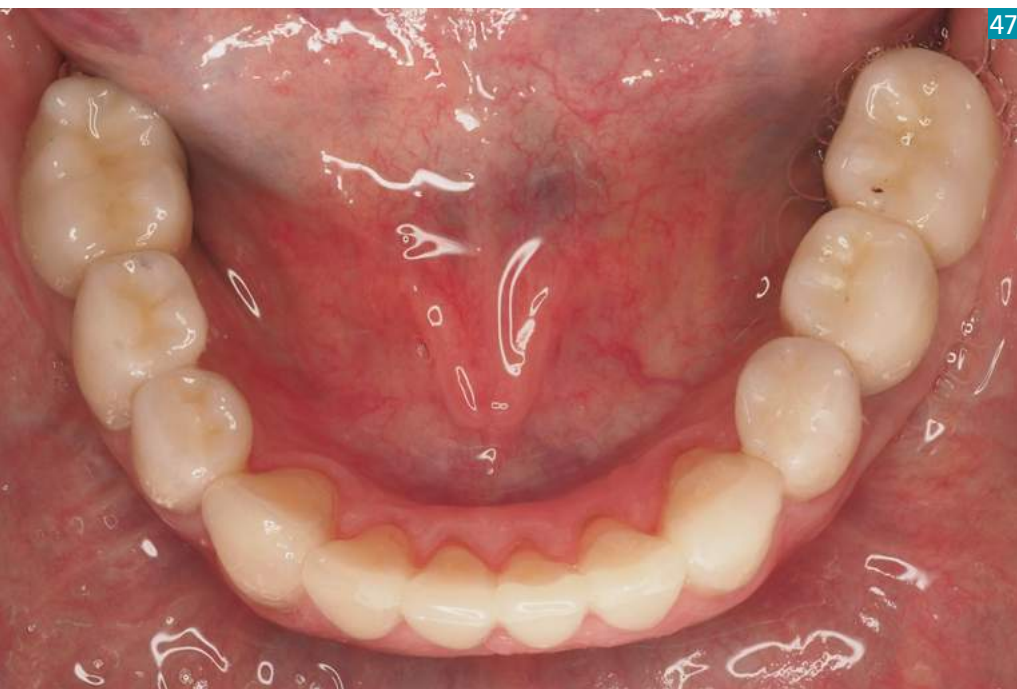
44



45



46



47

Ryc. 45–47. Sytuacja wewnątrzustna po zakończeniu rehabilitacji.

Fig. 45–47. Intraoral situation after rehabilitation.

woskowanie diagnostyczne (*wax up*), po czym przenosi się je w kompozycie do jamy ustnej pacjenta (*mock up*) w celu przedstawienia celu i możliwości planowanego leczenia w postaci swobodnego prototypu kompozytowego (ryc. 1–6). Jeżeli po wewnętrznej kontroli prototypu wymaga on modyfikacji (przez szlifowanie lub zmianę kształtu kompozytem), po jej przeprowadzeniu można wykonać wycisk utrwalający osiągnięty wewnętrznie docelowy kształt.

Na tym etapie pojawiają się kolejne do tychczas niedostępne możliwości, jakie daje cyfryzacja i zastosowanie w stomatologii technologii CAD/CAM (ang. *computer-aided design/computer-aided manufacturing*). Metodę wykorzystującą CAD/CAM stosuje się obecnie zarówno przy obróbce metali, jak i ceramiki [7–12]. Jeżeli w planowanej rekonstrukcji stosowane są implanty zębowe, przed wykonaniem docelowej korony lub mostu należy zaplanować odpowiednie łączniki indywidualne. Koncepcja łączników indywidualnych nie jest nowa, ale dopiero od momentu, kiedy pojawiły się możliwości wykonywania ich poprzez frezowanie w oparciu o projekt cyfrowy, stały się o wiele bardziej dostępne. Koszt i czasochłonność ich wykonania uległy znaczącej redukcji. Odkąd w 2011 roku autorzy w swojej praktyce po raz pierwszy użyli łącznika indywidualnego wykonanego w technologii CAD/CAM, nigdy więcej żadna cementowana rekonstrukcja protetyczna nie została wykonana przez nich na łącznikach standardowych.

Wykonawstwo łączników indywidualnych w technologii CAD/CAM oparte jest na zupełnie innej filozofii, niż ma to miejsce w przypadku łączników standardowych. Przy tych ostatnich technik dentystyczny dopasowuje fabryczny łącznik do planowanej odbudowy protetycznej – korony lub mostu. Możliwości modyfikacji fabrycznie przygotowanego łącznika są ograniczone, w związku z czym nierzadko retencja korony na łączniku nie jest wystarczająca, a połączenie korony z łącznikiem głęboko poddziąsłowe. Przy łącznikach projektowanych cyfrowo sytuacja ulega odwróceniu. Najpierw projektowana jest docelowa odbudowa protetyczna, następnie po zeskanowaniu jej prototypu woskowego lub akrylowego (*wax-up/set-up*) łącznik projektowany jest wirtualnie w taki sposób, aby najlepiej pasował do przyszłej rekonstrukcji [13] (ryc. 7–12). Po wykonaniu łączników indywidualnych w jednym lub dwóch kompletach i umieszczeniu ich w modelu przystępuje się do kolejnego etapu. Wykonanie dwóch kompletów łączników indywidualnych pozwala na dodatkowe skrócenie czasu trwania wizyt klinicznych, ochronę wrażliwych tkanek wokół implantów oraz uproszczenie procedur wyciskowych. Szczegóły tej metody autorzy opisali w pracy publikowanej w roku 2013 [14] (ryc. 13). Model odlany z wycisku zmodyfikowanego *mock up* staje się wzorcem, w oparciu o który wykonywana będzie docelowa rekonstrukcja oraz uzupełnienia tymczasowe, które lekarz będzie miał gotowe jeszcze przed rozpoczęciem

canine teeth should be considered the objective determinant of correct positioning of the occlusal plane in the vertical dimension.

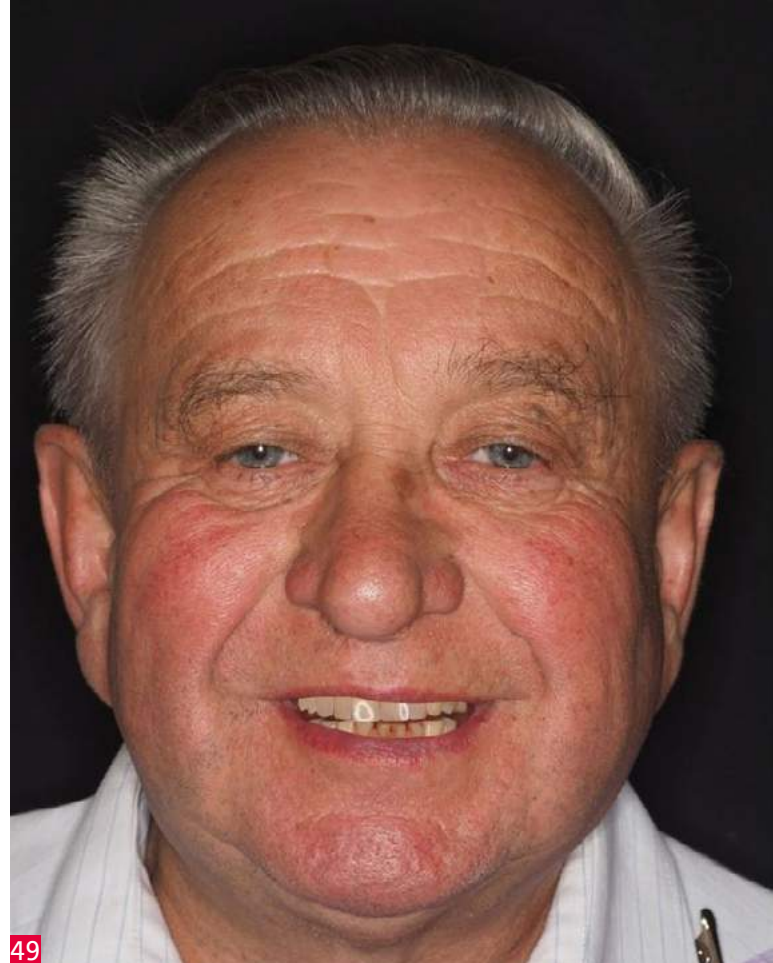
In order to make use of the aforementioned principles of teeth positioning, it is important to take photographs of dentition and face. Owing to digitisation, work with photographic documentation has become more significant as compared to the situation a dozen or so years ago. Firstly, photographs can be viewed immediately simultaneously with the patient, which is extremely important. This way, the patient is aware of the problems he or she may not have even known about, which determine certain therapeutic procedures. Moreover, specific limitations the planned therapeutic activities entail can be explained. Secondly, photographs can be modified or simulations of new positions of teeth can be prepared with the use of a computer. A traditional set of diagnostic photographs includes 9 images of the face: with the mouth closed, with lips repose and in a smile from the front, from semi-profile and profile, and 6 intraoral photographs: from the front in occlusion, slightly opened, photographs of the right and left side, and images of occlusal surfaces of both dental arches.

Common accessibility of digital cameras and personal computers was the basis for the development of the DSD technology (Digital Smile Design) by Coachmann et al. [6]. The concept of DSD is an example of the use of digital image processing with the help of the simplest tools available almost on every personal computer. Owing to the application of the said technology, the patient – before any clinical activities – has a chance to see the real changes and effects of treatment. Nevertheless, correctly taken photographs always remain the starting point. Based on them, a new shape and position of teeth is designed virtually. Then, dimensions are transferred in a precise way onto a diagnostic model and a wax-up is made, which is identical to the computer design; the wax-up is then placed inside the patient's oral cavity in a composite material (*mock-up*) with the aim of presenting the objective and possibilities of planned treatment in the form of a specific composite prototype (fig. 1–6). After intraoral control of the prototype, certain modifications are conducted (by grinding or changing the shape of the composite), if required; then, it is possible to make an impression of the ultimate intraoral shape.

At this stage, new possibilities – not available so far – are provided by digitisation and the application of the CAD/CAM technology in dentistry (*computer aided design/computer-aided manufacturing*).

**Pojęcie stomatologii estetycznej należy rozumieć jako koncepcję planowania leczenia, w którym ocena estetyki – nie samego uzębienia, ale jego relacji i wpływu na twarz – jest pierwszym i podstawowym narzędziem diagnostycznym.**

The idea of aesthetic dentistry should be understood as a treatment planning concept, in which the evaluation of aesthetics – not only of dentition but also its relationships with and impact on the face – is the first and most important diagnostic tool.



**Ryc. 48-51.** Przewidywalność estetycznych efektów leczenia już od etapu wirtualnego planowania: stan wyjściowy (48-49), *mock up* (50), docelowa rekonstrukcja (51).

**Fig. 48-51.** Predictability of aesthetic effects of treatment beginning with the stage of virtual planning: pre-op situation (48-49), *mock-up* (50), final reconstruction (51).



preparacji zębów. Rozpoczynając wirtualne przygotowanie do pierwszej wizyty klinicznej, skanuje się model diagnostyczny (albo w przypadku implantoprotetyki model z łącznikami indywidualnymi) oraz model prototypu (ryc. 14–16). Nałożenie skanów na siebie bardzo ułatwia wirtualne projektowanie rekonstrukcji. Korzystając z cyfrowych bibliotek kształtów zębów, wpasowuje się je w obrys uzębienia prototypu. Następnie w programie komputerowym ustawia się grubość preparacji zębów filarowych na wartości mniejsze niż będzie to miało miejsce w rzeczywistości (np. 0,3 lub 0,5 mm) i cyfrowo wykonuje się preparację. Na tak przygotowanym wirtualnym modelu projektuje się uzupełnienia tymczasowe (ryc. 17–20). Tego typu uzupełnienia potocznie określa się jako *shells* (ang. *shell* – skorupa, powłoka), bowiem ich zewnętrzne kształty przypominają już docelową odbudowę protetyczną, jednak wymagają jeszcze podścielenia wewnątrzustnego, gdyż są za luźne w stosunku do prawdziwych oszlifowanych filarów protetycznych. Zaprojektowane *shells* frezuje się z akrylu (ryc. 21, 22). Warte uwagi jest to, że opisane dotychczas czynności laboratoryjne

wykonywane są bez potrzeby angażowania pacjenta. W ten sposób na kolejną wizytę kliniczną, jeszcze przed rozpoczęciem preparacji, lekarz ma już przygotowane uzupełnienia tymczasowe. Co więcej, są one znacznie lepsze, ładniejsze i mocniejsze niż typowe uzupełnienia tymczasowe wykonywane metodą „z wycisku” lub nawet laboratoryjnie z akrylu polimeryzowanego w laboratorium [12, 15, 16].

Po zakończeniu preparacji i wykonaniu wycisków roboczych (ewentualnie skanu wewnątrzustnego) podściela się wewnątrzustnie wyfrezowane wcześniej *shells*, odcina nadmiary i cementuje na cement tymczasowy (ryc. 23). Na tym etapie obiektywna weryfikacja poprawności wirtualnego projektu z reguły nie jest możliwa ze względu na znieczulenie pacjenta, upośledzające mimikę i ruchomość warg. Najlepiej ocenić je następnego dnia i po ewentualnych modyfikacjach wykonać zdjęcia i wycisk w celu przekazania informacji estetycznych do laboratorium. W laboratorium, w wirtualnej pamięci są już zapisane obrazy skanu modelu diagnostycznego oraz projektu koron tymczasowych *shells*. Teraz skanuje

The CAD/CAM-based methodology is presently applied in the processing of both metals and ceramics [7–12].

If dental implants are intended to be used in a planned reconstruction, appropriate individual abutments need to be planned before making a definitive crown or bridge. The concept of individual abutments is not new, but they have become much more available since the time of developing a special technique of milling based on a digital design. The cost and time necessary for their preparation have been reduced, too. Since the moment when the authors used an abutment made in the CAD/CAM technology for the first time in their practice in 2011, no other cemented prosthetic reconstructions have been made by them with the use of standard abutments.

The manufacturing of custom made abutments in the CAD/CAM technology is based on a completely different philosophy as in the case of stock abutments. In case of the latter, a dental technician modifies a factory-made abutment to a planned prosthetic reconstruction – a crown or a bridge. Possibilities of changing a factory-made abutment are limited, hence crown retention on such an abutment is often insufficient and the junction of the crown with the abutment is deeply subgingival. The situation is reversed in case of using digitally designed abutments. Firstly, a definitive prosthetic reconstruction is designed. Then, after the process of scanning its wax-up or set-up, the abutment is designed virtually in a way that ensures its best fit in relation to the future reconstruction [13] (fig. 7–12).

Having made individual abutments in one or two sets, and placed them in a model, the next stage begins. Preparing two sets of individual abutments enables additional reduction of clinical appointments time, protection of sensitive peri-implant tissues and simplification of impression procedures. Details of this method were described by the authors in an article published in 2013 [14] (fig. 13). A model cast from an impression of a modified mock-up becomes a template, based on which a definitive reconstruction will be made, and also temporary restoration, which the dental practitioner will have at his or her disposal before the start of teeth preparation. At the beginning of virtual preparations to the first clinical appointment, the diagnostic model (or in the case of implant prosthetics – the model with individual abutments) and the model of the prototype are scanned (fig. 14–16). Overlapping the scans facilitates virtual reconstruction designing. With the help of digital tooth libraries, they are adjusted to the contours of prototype dentition. Then, with the use of special software, the thickness of abutment teeth preparations is set on lower values as compared to the actual values (e.g. 0.3 or 0.5 mm), and the preparation is made digitally. A temporary restoration is then designed on such a virtual model (fig. 17–20). Restorations of this type are commonly referred to as shells, because their external shape already resembles a definitive prosthetic reconstruction; however, they still require intraoral relining, as they are too loose in relation to

Etap Stage	Stara technologia Old technology	Nowa technologia New technology
Planowanie Planning	Analiza modeli Analysis of models	Analiza modeli, zdjęć cyfrowych kalibracja, DSD Analysis of models, digital images calibration, DSD
Weryfikacja planu Plan verification	Wax-up, mock-up	DSD -> wax-up -> mock-up
Implanty Implants	Łączniki standardowe Standard abutments	Łączniki indywidualne CAD/CAM; możliwość pracy na dwóch kompletach łączników CAD/CAM custom made abutments; possibility of working on two sets of abutments
Uzupełnienia tymczasowe Temporary restorations	Natychmiastowe – metoda z wycisku lub <i>shells</i> robione ręcznie; Odroczone – akryl polimeryzowany w laboratorium Immediate – from silicone matrix or manually prepared shells; Delayed – laboratory cured acrylic	Natychmiastowe – <i>shells</i> frezowane w oparciu o projekt cyfrowy Immediate – milled shells on the basis of a digital design
Próba Try in	Próba gotowej struktury metalowej lub ceramicznej Metal framework or bisque bake	Próba prototypu akrylowego Milled acrylic prototype

**Tabela I.** Zmiany w postępowaniu protetycznym wynikające z możliwości zastosowania technologii cyfrowej. **Table I.** Differences in prosthetic proceeding resulting from the use of digital technology.



**Ryc. 52.** Stabilna i jednoznaczna okluzja centralna.

52

**Fig. 52.** Stable and explicit centric occlusion.



53



54

**Ryc. 53–55.** Dyskluzja zębów bocznych przy ruchach ekscentrycznych żuchwy.



55

**Fig. 53–55.** Disclusion of lateral teeth in eccentric movements of the mandible.

się model roboczy oraz model odlany z wycisku uzupełnień tymczasowych. Wykorzystując wszystkie stare i nowe skany rozpoczyna się cyfrowe projektowanie docelowej pracy protetycznej (ryc. 24, 25). Po zakończeniu projektowania, w celu ostatecznej weryfikacji wewnątrzustnej pozycji i precyzji pasowania rekonstrukcji, jest ona frezowana ze sztucznego tworzywa. Najczęściej wykorzystuje się do tego celu miękkie tworzywa, np. materiał *Try-in* firmy Zirkon-Zahn. Ponieważ jest on kredowo biały, to w celu oceny estetyki uśmiechu przednie zęby można wyfrezować w akrylu albo na tym etapie mierzyć surową ceramikę bez glazury. Po wewnątrzustnej kontroli (w trakcie której sprawdza się pozycję i symetrię zębów, szczelność, możliwość wprowadzenia na filary, dodziąsłowe powierzchnie przęsł, punkty stykowe, przebieg płaszczyzny okluzyjnej itd.) ten ostatni prototyp jest odsyłany do laboratorium w celu skopiowania go w docelowej rekonstrukcji. W trakcie jego próby należy również zarejestrować relację prototypu do dolnego łuku zębowego, opierając się na fizjologicznej pozycji żuchwy, aby łącznie ze skończoną górną docelową rekonstrukcją laboratorium było w stanie dostarczyć *shells* na dolny łuk zębowy, zaprojektowane zgodnie z nową sytuacją okluzyjną.

Po permanentnym zacementowaniu/przykręceniu rekonstrukcji górnego łuku zębowego należy wstrzymać się z preparacją dolnego łuku do momentu pewnego określenia pozycji relacji centralnej (ryc. 26). Znanych jest wiele metod wyznaczania pozycji relacji centralnej – m.in. manualne, z użyciem miernika warstwowego, sztyftu centralnego, platformy przedniej i deprogramacji mięśniowej [17–24]. Metoda deprogramacji przy pomocy platformy przedniej jest godna polecenia, bowiem jest to metoda długo-

## Balans wymiarów twarzy oraz położenie płaszczyzny okluzyjnej są najważniejszymi determinantami dla ustanowienia odpowiedniego pionowego wymiaru zwarcia.

The balance of facial dimensions and the location of occlusal plane are the most important determinants for establishing proper vertical dimension of occlusion.

czasowa, dająca możliwość osiągnięcia rzeczywiście stabilnej pozycji stawowej, neutralnej mięśniowo w sposób całkowicie pasywny. Dlatego po oddaniu górnej rekonstrukcji pacjent jest deprogramowany przez około 2 tygodnie. Po tym czasie rejestruje się relację centralną i przygotowuje filary dolnego łuku zębowego (ryc. 27–31). Po wycisku, podobnie jak w przypadku górnego łuku, wykonuje się uzupełnienia tymczasowe, podścielając akrylowe *shells* (ryc. 32–36). Weryfikacji pasowania i okluzji dokonuje się również na prototypach frezowanych, w oparciu o wycisk uzupełnień tymczasowych i rejestrację zwarcia w relacji centralnej (ryc. 37). Po próbie prototypów *Try-in* laboratorium kopiuje je w docelowej rekonstrukcji, która jest cementowana/przykręcana podczas kolejnej wizyty klinicznej (ryc. 38–51). Po oddaniu pracy gwarancją stabilności uzyskanych efektów leczenia jest staranna korekta zwarcia, wykonana w oparciu o relację centralną. Jej celem jest uzyskanie stabilnej i jednoznacznej okluzji centralnej, zapewnienie fizjologicznej koperty ruchów funkcjonalnych żuchwy oraz dyskluzji zębów bocznych w oparciu o prowadzenie kłowe, a jeśli nie jest to możliwe – przednie (ryc. 52–55).

Przedstawiony powyżej schemat postępowania pozornie może wydawać się skomplikowany bądź dłuższy niż tradycyjny. Ma jednak wiele zalet – poszczególne etapy pracy są bardziej przewidywalne. Nie ma obawy, że rekonstrukcję

actual prepared prosthetic abutments. Designed shells are milled from acrylic (fig. 21, 22). It is important to note that the laboratory activities described above are carried out without engaging the patient. This way, during the next clinical appointment and before preparation commences, a dental practitioner already has ready-made temporary restorations at his or her disposal. What is more, the restorations are much better, prettier and stronger than typical temporary restorations manufactured from silicone matrix or even laboratory made acrylic provisionals [12, 15, 16].

Having finished preparation and made impressions (alternatively an intraoral scan), the milled shells are relined intraorally, excessive amounts of material are removed and the shells are cemented using temporary cement (fig. 23). At this point, an objective verification of the correctness of the virtual design is usually not possible due to anaesthesia, which affects facial expression and movements of lips. Therefore, it is preferred to verify the virtual design on the next day and – after potential modifications – photographs and an impression should be taken in order to provide the laboratory with all aesthetic details. In the dental laboratory, images of the scanned diagnostic model and of the design of shells of temporary crowns are already stored in the read/write memory of a computer. Now, the master model and models cast from an impression of temporary restorations are scanned. Based on the use of all old and new scans, digital designing of the definitive prosthetic framework begins (fig. 24, 25). After the process of designing, the reconstruction is milled from PMA resin in order to conduct a final intraoral verification of its position and passive fit. For this purpose, soft milling materials, e.g. Try-in by ZirkonZahn, are used most frequently. Due to the fact that this material is chalk white, front teeth may be milled from tooth-coloured resin to evaluate the smile aesthetics or bisque-bake ceramics should be measured at this stage. After intraoral control, during which the position and symmetry of teeth, fit, insertion pat, gingival surfaces of pontics, contact points, course of the occlusal plane, etc. are verified, the last prototype is sent to the laboratory with the aim of having it copied in the final reconstruction. During try-in appointment, the bite registration on the prototype is taken based on the physiological position of the mandible, so that together with the completed upper final reconstruction the laboratory is able to deliver shells for the lower provisionals,

protetyczną trzeba będzie powtórnie wykonywać na etapie próby struktury, próby bez glazury lub, co gorsza, próby oddania, bowiem większość poprawek wykonuje się na cyfrowych projektach. Wszystkie niuanse estetyczne i funkcjonalne można zweryfikować na prototypach z tworzywa sztucznego. Nie bez znaczenia jest też możliwość oddania przygotowanego wcześniej w laboratorium uzupełnienia tymczasowego z akrylu, a więc ładniejszego, trwalszego i wymagającego mniejszego nakładu czasu przy fotelu.

Możliwości zastosowania technologii cyfrowej w przebiegu rehabilitacji protetycznej zebrano w tabeli I.

## Piśmiennictwo References:

- Mack R.M.: Vertical dimension: a dynamic concept based on facial form and oropharyngeal function. *J. Prosthet. Dent.*, 1991, 66, 4: 478–485.
- Mack R.M.: Perspective of facial esthetics in dental treatment planning. *J. Prosthet. Dent.*, 1996, 75, 2: 169–176.
- Mack R.M.: Facially generated occlusal vertical dimension. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, 1997, 18, 12: 1183–1194.
- Vig R.G., Brundo G.C.: The kinetics of anterior tooth display. *J. Prosthet. Dent.*, 1978, 39, 5: 502–504.
- Misch C.E.: Guidelines for maxillary incisal edge position – a pilot study: the key is the canine. *J. Prosthodont.*, 2008, 17, 2: 130–134.
- Coachmann C., Calamita M.: Digital Smile Design: a tool for treatment planning and communication in esthetic dentistry. *Quintessence Dent. Technol.*, 2012, 35: 103–111.
- Drago C., Howell K.: Concepts for designing and fabricating metal implant frameworks for hybrid implant prostheses. *J. Prosthodont.*, 2012, 21, 5: 413–424.
- Maló P. i wsp.: Retrievable metal ceramic implant-supported fixed prostheses with milled titanium frameworks and all-ceramic crowns: retrospective clinical study with up to 10 years of follow-up. *J. Prosthodont.*, 2012, 21, 4: 256–264.
- Miyazaki T., Hotta Y.: CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust. Dent. J.*, 2011, 56, Suppl 1: 97–106.
- Mino T. i wsp.: In silico comparison of the reproducibility of full-arch implant provisional restorations to final restoration between a 3D

Scan/CAD/CAM technique and the conventional method. *J. Prosthodont. Res.*, 2015, 59, 2: 152–158.

- Kurbad A.: Provisional polymer-based CAD/CAM implant superstructures. *Int. J. Comput. Dent.*, 2014, 17, 3: 239–251.
- Karaokutan I., Sayin G., Kara O.: In vitro study of fracture strength of provisional crown materials. *J. Adv. Prosthodont.*, 2015, 7, 1: 27–31.
- Pietruski J.K., Pietruska M.D.: Zastosowanie łączników indywidualnych wykonanych w technologii CAD/CAM w implantoprotetyce. *e-Dentico*, 2012, 35, 1: 8–18.
- Pietruski J.K. i wsp.: A novel technique of impression making of CAD/CAM custom abutments when fabricating multi-unit implant prostheses. *J. Impl. Adv. Clin. Dent.*, 2013, 5, 2: 21–32.
- Kurbad A.: CAD/CAM based polimer provisionals as a treatment adjuncts. *Int. J. Comput. Dent.*, 2013, 16, 4: 327–346.
- Edelhoff D. i wsp.: CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int.*, 2012, 43, 6: 457–467.
- Dawson P.E.: Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. Mosby, St. Louis 1989.
- Keshvad A., Winstanley R.B.: Comparison of the replicability of routinely used centric relation registration techniques. *J. Prosthodont.*, 2003, 12, 2: 90–101.
- Long J.H.: Locating centric relation with a leaf gauge. *J. Prosthetic. Dent.*, 1973, 29, 6: 608–610.
- Wood D.P., Elliott R.W.: Reproducibility of the centric relation bite registration technique. *Angle Orthodont.*, 1994, 64, 3: 211–221.
- Dawson P.E.: Functional occlusion. From TMJ to Smile Design. Mosby, St. Louis 2007.
- McKee J.R.: Comparing condylar positions achieved through bimanual manipulation to condylar positions achieved through masticatory muscle contraction against an anterior deprogrammer: a pilot study. *J. Prosthet. Dent.*, 2005, 94, 4: 389–393.
- Hunter B.D., Toth R.W.: Centric relation registration using an anterior deprogrammer in dentate patients. *J. Prosthodont.*, 1999, 8, 1: 59–61.
- Jayne D.: A deprogrammer for occlusal analysis and simplified accurate case mounting. *J. Cosmet. Dent.*, 2006, 21, 4: 96–102.

Lista piśmiennictwa dostępna jest także w formie elektronicznej na stronie [www.edentico.pl](http://www.edentico.pl) 

designed in accordance with the new occlusal situation. After delivery of the upper reconstruction, the preparation of the lower arch needs to be withheld until the moment of determining the position of centric relationship (fig. 26). Many methods of determining the centric relationship are known, e.g. manual, with the use of leaf gauge, gothic arch, anterior platform and muscular deprogramming [17–24]. The deprogramming method with the use of an anterior platform is worth recommending, as this long-term method provides an opportunity to reach an actually stable, muscularly neutral joint position in a completely passive way. Therefore, after completing the upper reconstruction, the patient is subject to deprogramming for about 2 weeks. Afterwards, centric relationship is recorded and lower teeth are prepared (fig. 27–31). After impression, similarly as in the case of the upper dental arch, temporary restorations are made by relining acrylic shells (fig. 32–36). Fitting and occlusion verification is also conducted on the prototypes milled on the basis of an impression of temporary restorations and registration of occlusion in centric relationship (fig. 37). After trying in resin prototypes, the laboratory copies them in a definitive reconstruction, which is delivered in during the next clinical appointment (fig. 38–51).

After the restoration is complete, meticulous correction of occlusion performed on the basis of centric relationship guarantees stability of therapeutic effects. Its aim is to achieve stable and explicit centric occlusion, ensure a physiological envelope of function and disclusion of lateral teeth based on canine guidance, and – if it is not possible – anterior guidance (fig. 52–55).

The above-presented protocol may seemingly be complicated or longer than the traditional one. However, it has many advantages and individual stages are more predictable. There is no risk that a prosthetic reconstruction will have to be remade at the stage of try in of the framework, try in of bisque bake or, which is even worse, when the restoration is about to be delivered to the patient, because most of the corrections are made with the use of digital designs. All aesthetic and functional nuances may be verified on prototypes made from resin. The use of an acrylic temporary restoration made earlier in the laboratory, hence prettier, more durable and requiring less time in a dental office, is also very important.

The possible applications of the digital technology in the course of prosthetic rehabilitation are presented in table I.

Jan K. Pietruski MD PhD,  
Professor Małgorzata D. Pietruska MD PhD

The list of references is also available in an electronic form on [www.edentico.pl](http://www.edentico.pl) 