Protet Stomatol, 2017; 67(3): 221-236
DOI: 10.5604/01.3001.0010.3345

A comparative analysis of the artificial occlusal surface formation, conventional Gysi's method and Biofunctional Prosthetic System in complete dentures*

Analiza porównawcza ukształtowania powierzchni zwarcia w protezach całkowitych metodą klasyczną Gysiego i bioczynnościową (BPS)*

Bartosz Bienias[1], Wojciech Michalski[2]

[1] **Zakład Propedeutyki i Profilaktyki Stomatologicznej, Studenckie Koło Naukowe, Warszawski Uniwersytet Medyczny**
Department of Dental Propedeutics and Prophylaxis, Students' Research Group, Medical University of Warsaw
[2] **Zakład Propedeutyki i Profilaktyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny**
Department of Dental Propedeutics and Prophylaxis, Medical University of Warsaw
Head: dr hab. *L. Wagner*

KEY WORDS:
complet dentures, occlusal surface, Gysi's method, Biofunctional Prosthetic System

HASŁA INDEKSOWE:
protezy całkowite, powierzchnia zwarcia, metoda Gysiego, Bioczynnościowy System Protetyczny

Summary

Introduction. *Nowadays, the conventional method of setting teeth developed by Alfred Gysi and Biofunctional Prosthetic System (BPS) have been successfully applied. Both methods are significantly different, but their common intention is to achieve a balance in the morphological and functional masticatory system.*

Aim of the study. *To compare geometrical features of the artificial occlusal surface formation in complete dentures whose teeth were set using two methods, Gysi's conventional and biofunctional.*

Material and method. *An analysis was performed on 224 complete dentures. One set was made in accordance with the setting of artificial teeth by Gysi's method. The other set of dentures was made by using BPS. The 3D-MicroScribe™ G2X system was applied to measure the distribution of 20 occlusion-active points. The use of the*

Streszczenie

Wstęp. *Klasyczna metoda ustawienia zębów oraz Biofunkcjonalny System Protetyczny (BPS) są z powodzeniem stosowane w dzisiejszych czasach. Obie metody znacznie różnią się od siebie, jednak ich wspólnym celem jest osiągnięcie równowagi w układzie morfologiczno-czynnościowym narządu żucia.*

Cel pracy. *Porównanie geometrycznych cech ukształtowania powierzchni sztucznego zwarcia w protezach całkowitych, w których zęby ustawiano dwiema metodami: klasyczną Gysiego i biofunkcjonalną.*

Materiał i metoda. *Analizę przeprowadzono na 224 protezach całkowitych. Jedna para protez została wykonana zgodnie z metodą Gysiego. Drugą parę wykonano w BPS. Do pomiaru rozmieszczenia 20 punktów zwarciowych zastosowano system 3D-MicroScribe™ G2X. Zastosowanie oprogramowania MonsOpt 2.0 umożliwiło*

* Praca prezentowana podczas Warsaw International Medical Congress 12-15.05.2016.
* This paper was presented at the Warsaw International Medical Congress held on 12-15 May 2016.

MonsOpt 2.0 software allowed for assessing and analysing the geometry of the occlusal surface in accordance with Monson's Spherical Concept of Occlusion. The following were calculated: adjustment of the generated optimal radius sphere R_{opt} to a 4-inch Monson's sphere R_s = 101.6 mm and also the length of the dental arch on the right side (DLP) and on the left side (DLL),the index of sphere depth on the right side (WGSP) and on the left side (WGSL) and the index of occlusion curve (IKZ).

Results. *In Gysi's method R_{opt} was about 1.5 mm longer than in BPS. The length of the dental arch in BPS achieved a value of 85.8 mm, whereas 84.58 mm using Gysi's method. In both methods slightly higher WGSL relative to WGSP was obtained. IKZ in BPS was 0.015 higher compared to that obtained with Gysi's method (1.201).*

Conclusions. *Occlusal surface in the BPS method is better adjusted to Monson's sphere than in the conventional method. Using both methods the length symmetry of the dental arch and depth of occlusion curve is bilateral. Gysi's method and BPS are comparable in the parametric quality evaluation of their performance.*

analizę i ocenę geometrycznego ukształtowania powierzchni zwarcia łuków zębowych, zgodnie z teorią Monsona. Wyznaczono: dopasowanie wygenerowanej sfery o promieniu optymalnym R_{opt} do 4-calowego wzorca Monsona R_s = 101,6 mm, a także długość łuku zębowego po stronie prawej (DLP) i lewej (DLL), wskaźnik głębokości sfery po stronie prawej (WGSP) i lewej (WGSL) oraz indeks krzywej zwarcia (IKZ).

Wyniki. *R_{opt} w metodzie Gysiego był o ok. 1,5 mm dłuższy niż w systemie BPS. Długość łuku zębowego w BPS osiągnął wartość 85,8 mm, podczas gdy w metodzie Gysiego uzyskano 84,58 mm. W obu metodach uzyskano niewiele wyższy WGSL względem WGSP. IKZ dla systemu BPS był wyższy o 0,015 w porównaniu do metody Gysiego (1,201).*

Wnioski. *Powierzchnia zwarcia w metodzie BPS jest lepiej dopasowana do sfery Monsona niż w metodzie klasycznej. W obu metodach występuje obustronna symetria długości łuków zębowych i głębokości krzywej zwarcia. Metoda Gysiego oraz system BPS są porównywalne w ocenie parametrycznej jakości ich wykonania.*

Introduction

Prosthetic rehabilitation of edentate patients has been the subject of numerous clinical studies and theoretical debates ever since the beginnings of restorative dentistry. Full dentures constitute one of the biggest challenges in the area of prosthetic reconstructions. Protocols that have been worked out in the course of research in the area of prosthodontics have been utilized for the functional positioning of artificial teeth in occlusion that would correspond to the existing morphological conditions of both the maxilla and the mandible to reflect statics and dynamics of the masticatory process.[1-5]

Reconstruction of the occlusal plane of artificial teeth as related to natural dentition is closely linked with the name of *Alfred Gysi*,[6]

Wstęp

Rehabilitacja protetyczna pacjentów z bezzębiem stanowiła przedmiot licznych badań klinicznych i rozważań teoretycznych od początków rozwoju stomatologii odtwórczej. Protezy całkowite należą bowiem do jednych z trudniejszych do wykonania uzupełnień protetycznych. W prowadzonych badaniach opracowane modele rozwiązań wykorzystano do funkcjonalnego ustawienia sztucznych zębów w zwarciu odpowiednio do istniejących warunków morfologicznych bezzębnej szczęki i żuchwy z uwzględnieniem statyki i dynamiki podczas żucia.[1-5]

Rekonstrukcja powierzchni zwarcia sztucznych zębów w relacji do uzębienia naturalnego jest ściśle związana z *Alfredem Gysim*,[6]

who, in 1910, was one of the first to define functional relationship between the shapes of dental arches and mandibular movements during occlusal articulation. The conventional geometric-articulatory method of positioning teeth in full dentures is based on Gysi's theory of cusp articulation,[7,8] and is successfully applied to this day.[9] Biofunctional Prosthetic System (BPS) proposed in the second half of the 20th century for the fabrication of full dentures is equally effective, and produces satisfactory results.[10-15]

The aim of the study was to compare geometric features of the occlusal surface shape in full dentures in which teeth were positioned using conventional Gysi's method and the BPS.

Material and methods

A total of 112 pairs of full upper and lower dentures made by 56 third year students of Dental Technology Department, Faculty of Dentistry, Medical University of Warsaw were subjected to comparative analysis.

Each student produced two pairs of full dentures under identical clinical conditions of shaping the artificial occlusal plane according to compensating curve of Spee[16] and curve of Wilson.[17] The first pair was made by adapting the standards of positioning the teeth with the cuspal method by Gysi relative to the flat plane of the occlusal table, which is the clinically determined occlusal plane, in the standard ASA-Dental articulator. The second pair was made by adapting the biofunctional method of positioning teeth with the use of calotte in Stratos 100 articulator of the BPS (Ivoclar), which reflected the spherical shape of the occlusal surface according to Monson.[18] In both methods, the occlusal plane of the artificial dental arches can be reproduced with the occlusal line connecting points distributed on the occlusal cusps of posterior teeth and incisal edges of anterior teeth in the mandible

który jako jeden z pierwszych sformułował w 1910 roku zależności czynnościowe między kształtem łuków zębowych a ruchami żuchwy podczas artykulacji zwarciowej. Klasyczna metoda geometryczno-artykulacyjna ustawiania zębów w protezach całkowitych oparta na teorii artykulacji guzkowej Gysiego,[7,8] jest z powodzeniem stosowana do dnia dzisiejszego.[9] Równie efektywna i dająca zadowalające wyniki leczenia jest opracowana w drugiej połowie XX wieku metoda wykonywania protez całkowitych w systemie bioczynnościowym – BPS (Biofunctional Prosthetic System).[10-15]

Celem pracy było porównanie geometrycznych cech ukształtowania powierzchni zwarcia w protezach całkowitych, w których zęby ustawiano metodą klasyczną Gysiego i w bioczynnościowym systemie BPS.

Materiał i metoda

Analizie porównawczej poddano 112 par protez całkowitych szczęki i żuchwy wykonanych przez 56 studentów III roku studiów licencjackich Technik Dentystycznych Wydziału Lekarsko-Dentystycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Każdy student wykonał dwie pary protez całkowitych w jednakowych warunkach klinicznych kształtowania powierzchni sztucznego zwarcia z uwzględnieniem krzywych kompensacyjnych Spee[16] i Wilsona.[17] Przy czym jedna para protez została wykonana zgodnie z zasadami ustawiania zębów metodą guzkową Gysiego względem płaskiej płyty stolika okludalnego, będącej wyznaczoną klinicznie płaszczyzną zwarcia, w artykulatorze standardowym ASA-Dental. Natomiast drugą parę wykonano bioczynnościową metodą ustawiania zębów z zastosowaniem kaloty, która stanowiła odwzorowanie sferycznego kształtu powierzchni zwarcia wg teorii Monsona[18] w artykulatorze Stratos 100 systemu BPS (Ivoclar). W obu metodach powierzchnię zwarcia sztucznych łuków

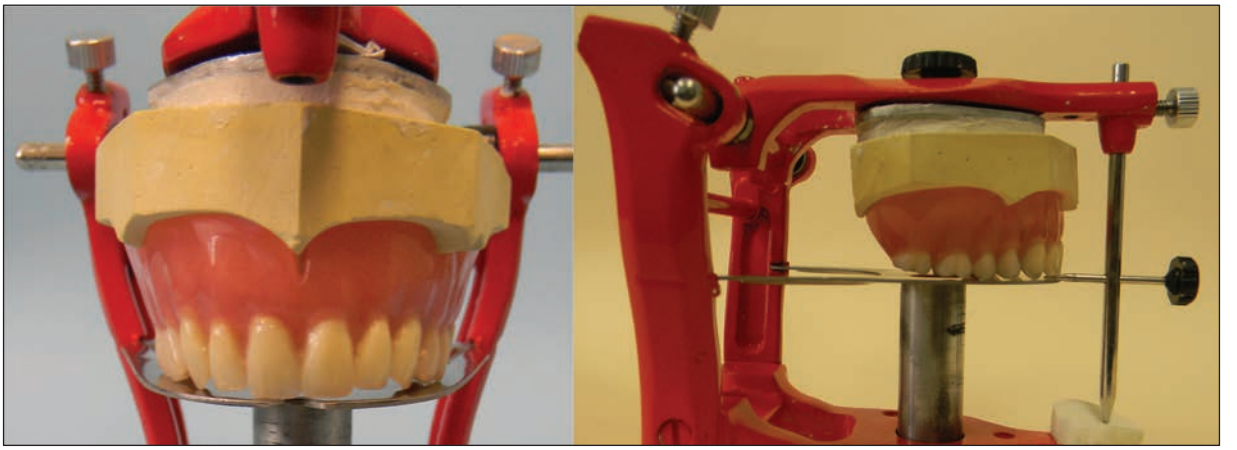

Fig. 1. Positioning of the upper teeth relative to to the flat accessory plate in Gusi's method in the ASA-Dental articulator.
Ryc. 1. Ustawienie zębów górnych względem płaskiej płyty pomocniczej metodą Gysiego w artykulatorze ASA-Dental.

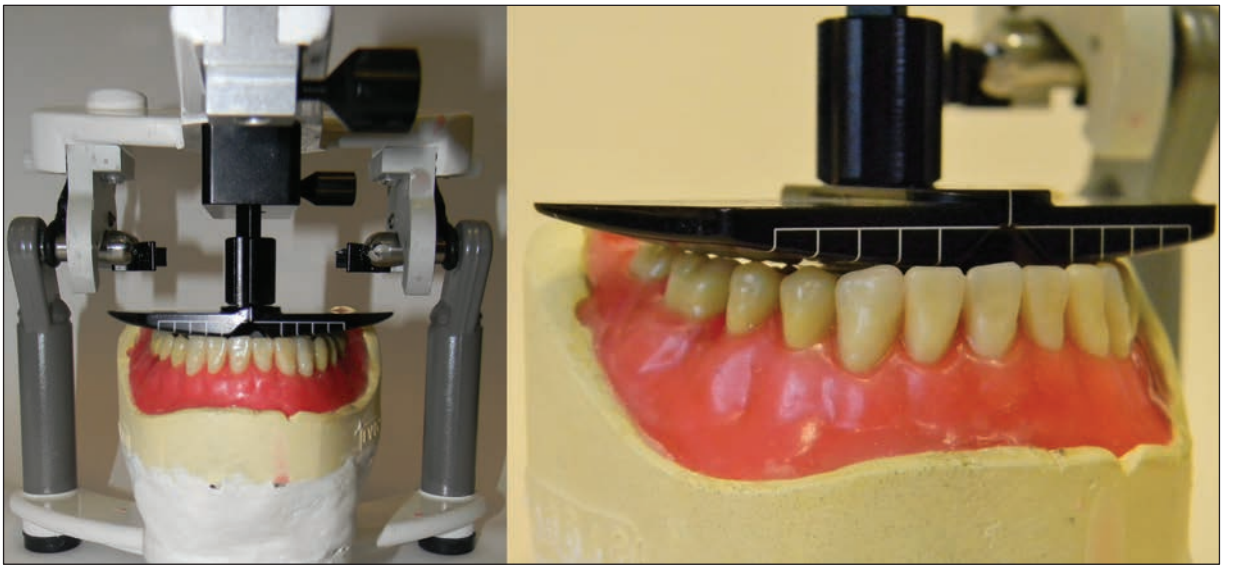

Fig. 2. Positioning of the lower teeth by means of a calotte in Stratos 100 articulator in the BPS.
Ryc. 2. Ustawienie dolnych zębów z zastosowaniem kaloty w artykulatorze Stratos 100 systemu BPS.

relative to the 4-inch (101.6 mm) model sphere of Monson (Fig. 1, 2).

In view of the above, the spherical curvature of the occlusal line was analysed on the basis of approximal sequencing of twenty functionally active occlusal points in the lower dentures marked according to Slavicka's concept of occlusal morphology.[19] The line involved two occlusal points each bilaterally on tips of buccal cusps of the second and first molar, one buccal cusp each on premolars and the cuspal tip, and

zębowych można odwzorować przebiegiem linii zgryzu przez punkty rozmieszczone na guzkach zwarciowych zębów bocznych i brzegach siecznych zębów przednich żuchwy w odniesieniu do 4-calowego wzorca (101,6 mm) sfery Monsona (ryc. 1 i 2).

Wobec powyższego sferyczne zakrzywienie linii zgryzu analizowano na podstawie aproksymacji sekwencji 20 punktów zwarciowych funkcjonalnie aktywnych w protezach dolnych oznaczonych według schematu

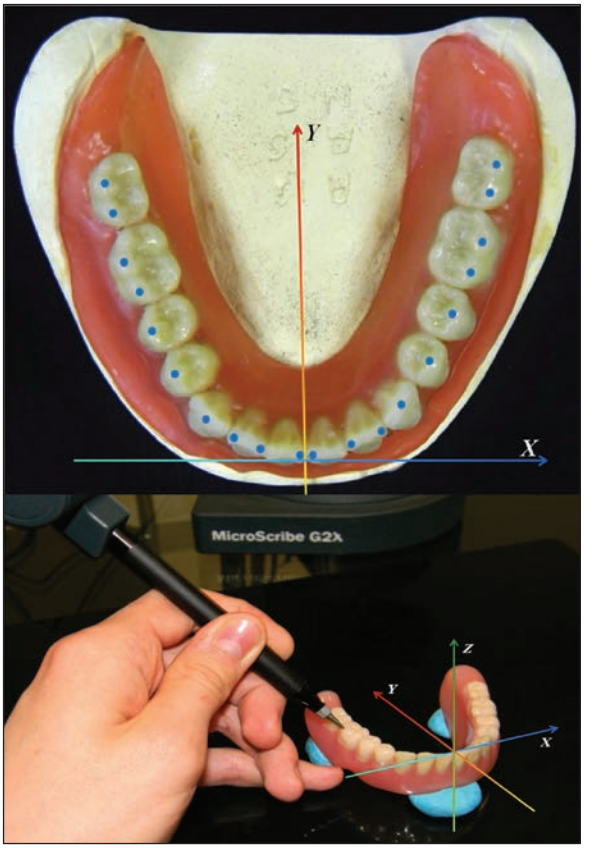

Fig. 3. 3D-MicroScribeTM G2X manual digitalization system utilized to measure x, y, z distribution coordinates of twenty reference points of the occlusal surface in lower dentures.

Ryc. 3. Manualny system digitalizacji 3D-MicroScribeTM G2X zastosowany do pomiarów współrzędnych x, y, z rozmieszczenia 20 punktów referencyjnych powierzchni zwarcia w protezach dolnych.

three points on incisal edges: two points distally and mesially on the incisal edge of the lateral incisor and one point mesially on the central incisor.

Geometrical parameters of the occlusal line curvature were analysed relative to the occlusal plane as one common plane of reference defined by the outermost position of three points: on tips of distobuccal cusps of second molars (37 and 47) as well as the contact point of incisal edges of central incisors (31 and 41) (Fig. 3, 4).

3-D MicroScribe™ G2X (Immersion) scanner for manual digitalization system with *MonsOpt 2.0* software was used to determine

morfologii okluzji Slavicka.[19] Obejmowała ona obustronnie po 2 punkty zwarciowe na szczytach guzków policzkowych drugiego i pierwszego zęba trzonowego, po 1 na guzku policzkowym obu zębów przedtrzonowych i szczycie brzegu siecznego kła oraz 3 punków w obrębie brzegów siecznych siekaczy: 2 dystalnie i mezjalnie na brzegu siecznym siekacza bocznego i 1 mezjalnie na siekaczu przyśrodkowym. Geometryczne parametry zakrzywienia linii zgryzu analizowano względem płaszczyzny zwarcia, jako wspólnej płaszczyzny odniesienia, zdefiniowanej skrajnym położeniem 3 punktów: na szczytach guzków dystalno-policzkowych drugich zębów trzonowych 37 i 47 oraz punktu stycznego brzegów siecznych siekaczy przyśrodkowych 31 i 41 (ryc. 3 i 4).

Do wyznaczenia współrzędnych *x, y, z* rozmieszczenia 14 punktów referencyjnych od drugich trzonowców do kłów i 6 punktów w strefie siekaczy, zastosowano manualny system digitalizacji 3D skanera MicroScribe™ G2X (Immersion) w oprogramowaniu MonsOpt 2.0. Stanowił on przestrzenne rozwinięcie analizy krzywej zwarcia metodą fotogrametryczną w procedurze 2D SpeeCur 2.0 przy dopasowaniu do wyidealizowanego modelu powierzchni sferycznej.[20,21]

Odwzorowanie każdego układu punktów referencyjnych realizowano w 5-ciu seriach pomiarów w celu kontroli powtarzalności uzyskanych wyników z dokładnością 0,01 mm między skrajnymi punktami pomiarowymi w przestrzeni poszukiwanej sfery. W procesie optymalizacji obliczeń przy aproksymacji 20 punktów zwarciowych wyznaczono:

– współrzędne środka X_S, Y_S, Z_S sfery o optymalnej długości promienia R_{opt} względem 4-calowego wzorca Monsona (101,6 mm),
– długość łuku zębowego po stronie prawej (*DŁ-P*) i lewej (*DŁ-L*), tzn. odległości między skrajnymi punktami zwarciowymi na guzku dystalno-policzkowym drugiego zęba trzonowego i brzegu siecznym

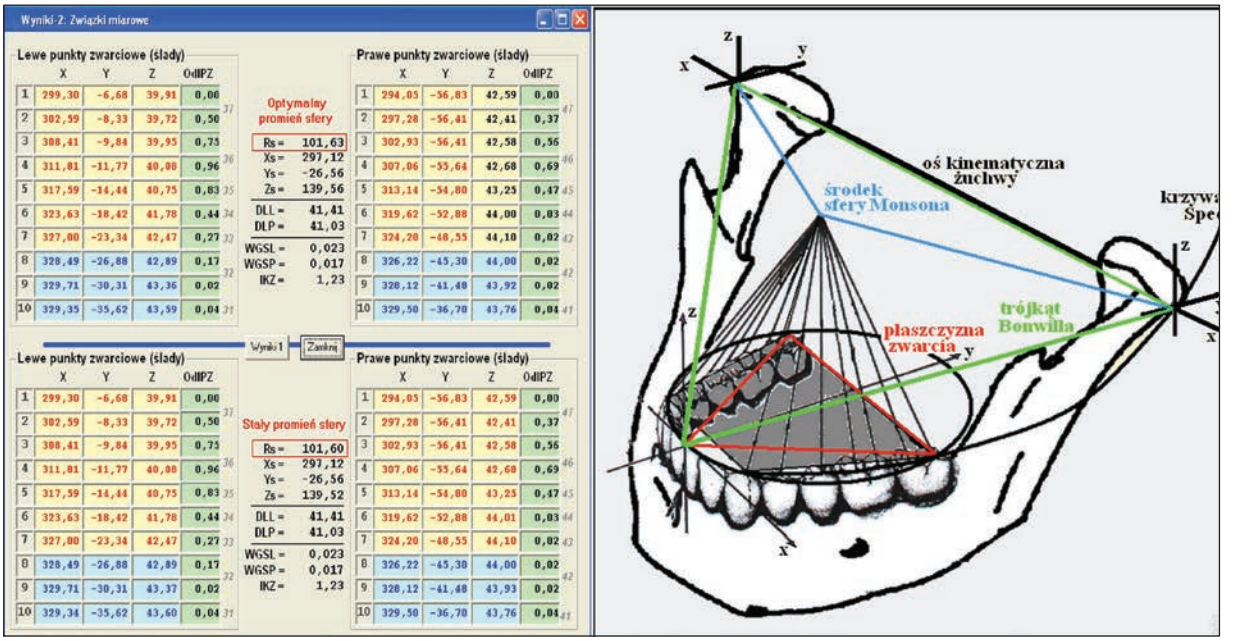

Fig. 4. MonsOpt 2.0 software used for calculating geometric parameters of the occlusal surface according to Monson's spherical theory.

Ryc. 4. Oprogramowanie MonsOpt 2.0 użyte do obliczeń parametrów geometrycznych powierzchni zwarcia opracowane według schematu sferycznej teorii Monsona.

x, y, z coordinates of 14 reference points distributed from second molars to canines, and for 6 points in the incisal region. It constituted a dimensional extension of the photogrammetric method of the occlusal curvature analysis by means of 2-D *SpeeCur 2.0* software following adjustment to the idealized model of spherical surface.[20,21]

Reconstruction of each combination of reference points was accomplished in five series of measurements to monitor repeatability of the obtained results with 0.01 mm accuracy between outermost points in the space of the examined sphere. As calculations were being optimized for approximation of 20 occlusal points, the following were determined:

- X_S, Y_S, Z_S coordinates of the sphere's centre R_{opt} having optimal radius relative to the 4-inch Monson's model (101.6 mm),
- the length of the dental arch on the right side (*L-R*) and the left one (*L-L*), namely the distances between the outermost

siekacza przyśrodkowego mierzonej na powierzchni sfery,

- wskaźnik głębokości krzywej zwarcia po stronie prawej (*WG-P*) i lewej (*WG-L*), który wyznaczano z proporcji odległości od płaszczyzny zwarcia najniższego punktu zakrzywienia linii zgryzu mierzonej wzdłuż promienia sfery względem długości łuku zębowego (*DŁ-P* i *DŁ-L*) wyrażonej w%,
- indeks krzywej zwarcia (*IKZ*) zdefiniowany iloczynem długości promienia optymalnego R_{opt} wygenerowanej sfery do długości obwodu całego łuku zębowego (*DŁ-P* +*DŁ-L*).

Wyniki

Wartości średnie parametrów geometrycznych powierzchni zwarcia kształtowanej dwiema metodami obliczono z oszacowaniem niepewności rozszerzonej uzyskanych wyników

Table 1. Summary of mean values of geometric parameters of the surface of artificial occlusion in positioning the teeth in the conventional Gysi's method and Biofunctional Prosthetic System

Positioning artificial teeth in complete dentures		Geometric parameter					
		R_{opt} [mm]	DL-P [mm]	DL-L [mm]	WG-P [%]	WG-L [%]	IKZ
Conventional Gysi's method	mean	103.14	42.85	42.95	2.18	2.37	1.201
	combined standard uncertainty	0.35	0.19	0.2	0.12	0.11	0.007
Biofunctional Prosthetic System	mean	101.63	42.21	42.37	2.21	2.37	1.216
	combined standard uncertainty	0.12	0.33	0.30	0.11	0.09	0.006

occlusal points on the distobuccal cusp of the second molar and the incisal edge of the central incisor as measured on the sphere's surface,

– index of the depth of the occlusal curve on the right side (*DI-R*) and the left (*DI-L*), which was calculated from the proportion of the distance from the occlusal plane of the lowest point of the occlusal line curvature measured along the radius of the sphere relative to the length of the dental arch (*L-R*) and (*L-L*) expressed as percentage,

– occlusal curve index (*IKZ*) defined by the product of the length of the optimal radius R_{opt} of the generated sphere to the circumference's length of the whole dental arch (*L-R* +*L-L*).

Results

Mean values of geometric parameters of the

(*combined standard uncertainty*) przy współczynniku rozszerzenia $k = 2$ (*coverage factor*). Oznaczało to, że prawdopodobieństwo wyniku obliczeń z dowolnego pomiaru mieściło się w przedziale wartości $\bar{x} \pm 2S_x$ i wynosiło 0,9545. Tym samym współczynnik rozszerzenia *k* przyjmował wartości zmiennej standaryzowanej odczytanej z tablic dla rozkładu normalnego w naukach przyrodniczych, który odpowiadał poziomowi ufności $a = 0{,}95$ (tab. 1).[22,23]

Średnia długość promienia optymalnego zakrzywienia powierzchni zwarcia kształtowanego metodą Gysiego względem płaskiej płyty stolika okludalnego była o ok. 1,5 mm większa w porównaniu do systemu BPS z zastosowaniem 4-calowego wzorca (101,6 mm) sferycznej powierzchni kaloty. Z kolei bezwymiarowy indeks krzywej zwarcia wyznaczony z proporcji długości promienia optymalnego do długości obwodu całego łuku zębowego, dla systemu BPS był wyższy o 0,015

occlusal surface shaped with both methods were calculated with combined standard uncertainty with the coverage factor of $k = 2$. It meant that the probability of calculated result obtained in any measurement ranged $x \pm 2S_x$ and was 0.9545. This way, the coverage factor k assumed values of standardized variable obtained from tables for normal distribution in natural sciences, which equaled the confidence level of a = 0.95 (Tab. 1).[22,23]

The mean length of the optimal radius of the curve of the occlusal plane when shaped with Gysi's method in relation to the flat plane of the occlusal table was 1.5 mm higher in comparison with the BPS when the 4-inch (101.6 mm) sphere of calotte's surface was used. In turn, dimensionless index of the occlusal curve calculated from the proportion of the length of the optimal radius to the circumference of the entire dental arch was 0.015 higher for the BPS in comparison with Gysi's method when the index value was 1.201 (Fig. 5).

The above-mentioned observation resulted from the differences in the entire dental arch circumference in the BPS procedure (85.8 mm) in comparison with Gysi's method (84.58 mm) with a relatively minor difference in the length w porównani do metody Gysiego przy wartości indeksu 1,201 (ryc. 5).

Powyższe wynikało z różnicy długości obwodu całego łuku zębowego kształtowanego w systemie BPS osiągającej wartość 85,8 mm w porównaniu do 84,58 mm w metodzie Gysiego przy relatywnie niewielkiej różnicy długości promienia optymalnego. Natomiast zwracało uwagę podobieństwo niewielkich różnic między długością łuku zębowego po stronie prawej i lewej występujące w obu metodach. Jednakże porównywalne przeciętne wartości po obu stronach łuków zębowych wskazywały na zachowanie ich symetrii (ryc. 6).

Potwierdzały to również porównywalne wartości procentowego wskaźnika głębokości krzywej zwarcia mierzonej względem płaszczyzny zwarcia po obu stronach łuków zębowych, która stanowiła wspólną płaszczyznę odniesienia w metodzie Gysiego i systemie BPS. Niewiele wyższe wskaźniki głębokości krzywej zwarcia po stronie lewej względem prawej łuków zębowych wynikały z różnicy długości promienia optymalnego i wyższej wartości długości łuku zębowego po stronie lewej względem prawej w obu metodach (ryc. 7).

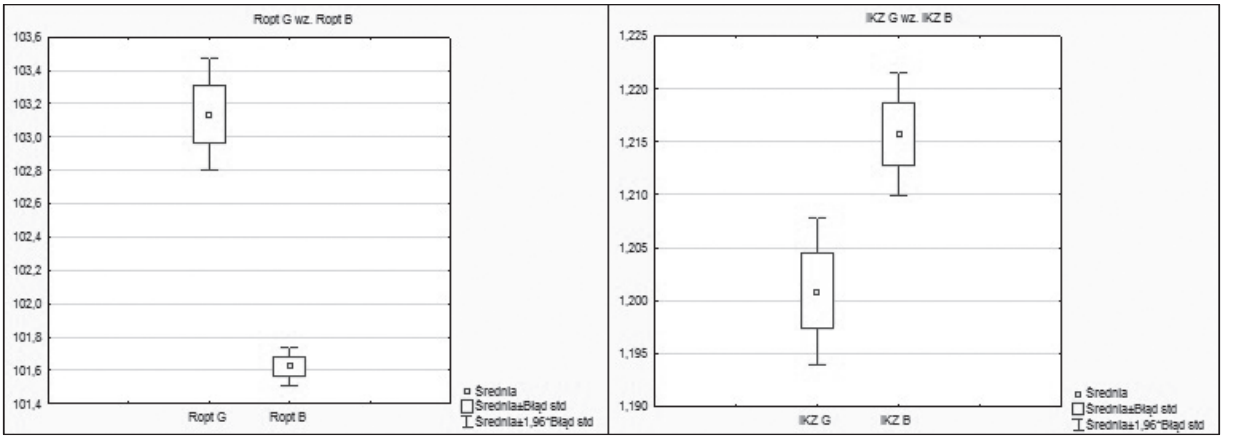

Fig. 5. Comparison of mean values of optimal radius Ropt G and Ropt B sphere with approximation of twenty occlusal points and dimensionless index of the occlusal curvature IKZ G and IKZ B when artificial teeth are positioned according to Gysi and Biofunctional Prosthetic System.

Ryc. 5. Porównanie wartości średnich promienia optymalnego sfery Ropt G i Ropt B przy aproksymacji 20 punktów zwarciowych oraz bezwymiarowego indeksu krzywej zwarcia IKZ G i IKZ B w ustawieniu sztucznych zębów metodą klasyczną Gysiego względem bioczynnościowego systemu BPS.

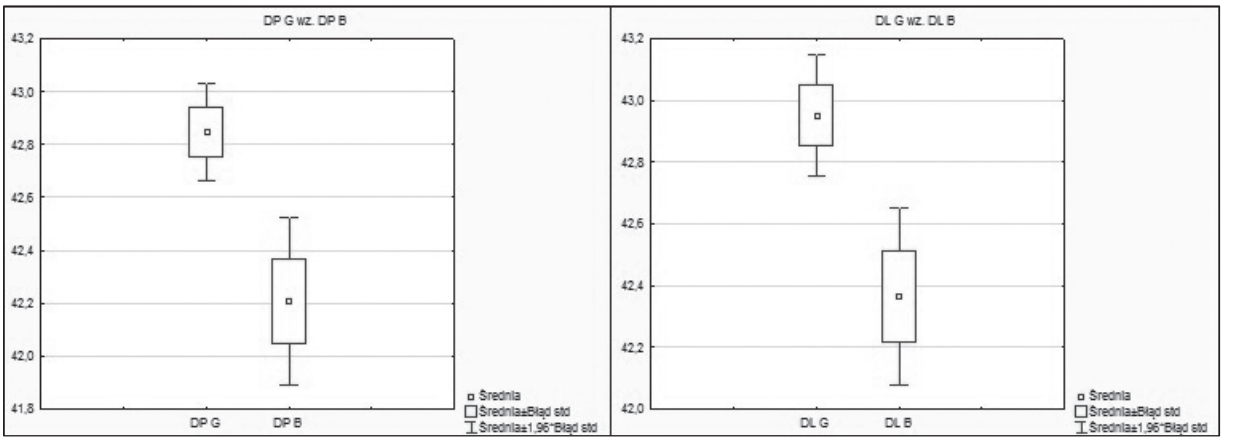

Fig. 6. Comparison of mean values of the dental arch length on the right DP G i DP B and the left DL G i DL B when artificial teeth are positioned according to Gysi and Biofunctional Prosthetic System.
Ryc. 6. Porównanie wartości średnich długości łuku zębowego po stronie prawej DP G i DP B oraz lewej DL G i DL B w ustawieniu sztucznych zębów metodą klasyczną Gysiego względem bioczynnościowego systemu BPS.

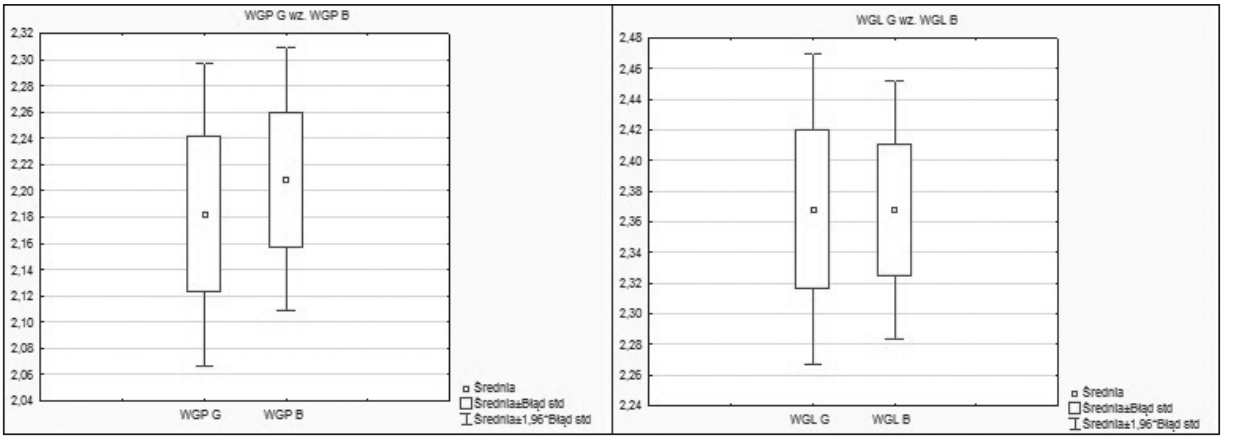

Fig. 7. Comparison of mean values of the index of the occlusal curve depth on the right WGP G i WGP B and the left WGL G i WGL B when artificial teeth are positioned according to Gysi and Biofunctional Prosthetic System.
Ryc. 7. Porównanie wartości średnich wskaźnika głębokości krzywej zwarcia po stronie prawej WGP G i WGP B oraz lewej WGL G i WGL B w ustawieniu sztucznych zębów metodą klasyczną Gysiego względem bioczynnościowego systemu BPS.

of the optimal radius. However, the sameness of slight differences between the lengths of the left and right dental arches in both methods was remarkable. Comparable mean values on both sides of the arches indicated that their symmetry was maintained (Fig. 6).

This was also confirmed by the comparable percentage values of the depth of the occlusal curve index measured against the occlusal plane on both sides of the dental arches, which constituted a common reference plane for

Dyskusja

Doskonalenie współpracy lekarza z technikiem dentystycznym ma na celu wykonywanie protez całkowitych jak najbardziej zbliżonych do warunków zrównoważonej artykulacji zwarciowej w uzębieniu naturalnym. Istotną rolę odgrywa rozmieszczenie sztucznych zębów na wspólnej akrylowej płycie protezy, która podlega innym warunkom statyki i dynamiki związanym z oddziaływaniem sił zgryzu

Gysi's method and the BPS. Slightly higher indices of the depth of the occlusal curve on the left side when compared with the right side of the dental arch resulted from the difference of the length of the optimal radius and a higher value of the length of the dental arch on the left when compared with the right side in both methods (Fig. 7).

Discussion

Perfecting the cooperation between the dentist and the dental technician aims at making full dentures most similar to the natural dentition's conditions of balanced occlusal articulation. Distribution of artificial teeth on one acrylic plate of the prosthesis plays a significant role since there are different static and dynamic conditions related to the impact of occlusal forces on the mucosal base when compared with natural teeth individually set by means of periodontal ligaments in their alveoli.[1,2,5]

For this reason, as Gysi's conventional method of cuspal occlusion was becoming popular, adjustable articulating devices were being developed starting with Gysi's Simplex articulator. It enabled shaping artificial dental arches in relation to the flat plate of the occlusal table which, when fixed to the articulator's lower arm, determined the position of the occlusal plane previously defined clinically. Gysi's method was honoured with the Marcel Benoit award in 1926 for its universality.

This method specifies the order of positioning artificial teeth in the arch namely incisors and canines whose incisal edges are distributed along the anterior occlusal line and their labial surfaces correspond to the outer surface of the occlusal model. Central incisors' edges are in contact with the occlusal plane while lateral incisors' edges are 1 mm short of the occlusal table. Canines contact the occlusal plane with the incisal point, and their long axes, similarly to incisors, are inclined towards the vestibule.

na podłoże śluzówkowe, niż zębów własnych osadzonych za pośrednictwem ozębnej każdy w oddzielnym zębodole.[1,2,5]

Z tego powodu upowszechnieniu klasycznej metody guzkowej Gysiego towarzyszył rozwój nastawialnych przyrządów artykulacyjnych, których jednym z prekursorów był artykulator Gysi-Simplex. Pozwalał on na kształtowanie sztucznych łuków zębowych w odniesieniu do płaskiej płyty stolika okludalnego, który przymocowany do dolnego ramienia artykulatora określał położenie płaszczyzny zwarcia wyznaczonej w postępowaniu klinicznym. Metoda Gysiego za swą uniwersalność została wyróżniona prestiżową nagrodą Marcela Benoita w 1926 roku.

Zgodnie z metodą Gysiego kolejność ustawiania sztucznych zębów dotyczy siekaczy i kłów w łuku szczęki, których brzegi sieczne rozmieszczone są wzdłuż linii zgryzowej przedniej, a ich powierzchnie wargowe odpowiadają zewnętrznej powierzchni wzornika zwarciowego. Siekacze przyśrodkowe kontaktują brzegiem siecznym z płaszczyzną zwarcia, a boczne oddalone są brzegiem siecznym o ok. 1 mm od stolika okludalnego. Kły kontaktują z płaszczyzną zwarcia kolcem siecznym, a ich długie osie podobnie do siekaczy nachylone są w kierunku przedsionkowym.

Przestrzenne zakrzywienie linii zgryzu warunkuje obustronne ustawienie zębów bocznych. Pierwsze zęby przedtrzonowe stykają się ze stolikiem okludalnym tylko guzkiem policzkowym, a guzek językowy jest oddalony o ok. 1 mm. Zęby przedtrzonowe drugie kontaktują z płaszczyzną zwarcia obydwoma guzkami. Z kolei pierwsze zęby trzonowe dotykają stolika tylko guzkiem podniebiennym mezjalnym, natomiast guzek policzkowy dystalny jest najbardziej oddalony od płaszczyzny zwarcia. Zęby trzonowe drugie nie mają kontaktu ze stolikiem okludalnym, a nachylenie ich powierzchni żującej stanowi przedłużenie powierzchni żujących pierwszych trzonowców.

Special occlusal curvature conditions the bilateral positioning of posterior teeth. First premolars contact the occlusal table only with the buccal cusp, and the lingual cusp is circa 1 mm away. Second premolars contact the occlusal table with both cusps. In turn, first molars touch the table only with the mesiopalatal cusp while the distobuccal cusp has the biggest distance from the occlusal plane. Second molars do not touch the occlusal table and their inclination to the occlusal plane is the extension of the occlusal surfaces of the first molars.

Lower teeth are positioned in occlusion relative to the upper ones in the following sequence: central incisors, first molars, canines, lateral incisors and second molars. It has to be stressed that anterior teeth do not contact the opposing ones; the distal incisal edge of the lower canine comes in contact with the mesial aspect of the incisal edge of the upper canine only when lateral movements are made.[1,4,10] While the deviation of occlusal line from the occlusal plane determined by its depth in the lateral segment – between the distobuccal cusp of the second molar and the incisal edge of the lower canine – defines the position of the upper teeth, then for the incisal edges of the lower incisors it is related to their vestibular inclination determined by the so-called intercoronal opening angle relative to the degree of upper and lower teeth overlap.[24]

Positioning the teeth in the biofunctional system is slightly different than in the conventional method. For this reason, Stratos 100 articulator which is used in the BPS method differs from the standard articulator used in Gysi's method, and accounts for differentiation of articular and incisal guiding parameters. It is also equipped with a calotte as a 3-D model plate used for spacial positioning of teeth.[10,11]

Similarly to Gysi's method, the upper central incisors are the first to be positioned. Their point of reference is the incisal papilla. There is a consensus that it remains in constant position

Zęby dolne ustawiane są w zwarciu odpowiednio do zębów górnych w kolejności: siekacze przyśrodkowe, pierwsze zęby trzonowe, kły, siekacze boczne oraz zęby przedtrzonowe i drugie zęby trzonowe. Należy zaznaczyć, że zęby przednie nie kontaktują z zębami przeciwstawnymi, lecz dopiero przy ruchach bocznych dystalny brzeg sieczny dolnego kła uzyskuje kontakt z mezjalnym brzegiem siecznym kła górnego.[1,4,10] A zatem o ile odchylenie linii zgryzu od płaszczyzny zwarcia określane jej głębokością w odcinku zębów bocznych, między guzkiem dystalno-policzkoym drugiego zęba trzonowego a brzegiem siecznym kła dolnego, wymusza ustawienie zębów górnych. To w obrębie brzegów siecznych siekaczy dolnych jest związane z ich nachyleniem przedsionkowym determinowanym tzw. międzykoronowym kątem otwarcia odpowiednio do stopnia zachodzenia siekaczy górnych na dolne.[24]

Ustawienie zębów w systemie bioczynnościowym jest nieco inne niż w metodzie klasycznej. Z tego względu artykulator Stratos 100 używany w metodzie BPS różni się od standardowego artykulatora używanego w metodzie Gysiego i uwzględnia zróżnicowanie parametrów prowadzenia stawowego i siecznego. Ponadto w swym wyposażeniu posiada kalotę jako płytę wzorcową 3-D służącą do ustawiania zębów w orientacji przestrzennej.[10,11]

Analogicznie do metody Gysiego jako pierwsze ustawia się górne siekacze przyśrodkowe. Ich punktem orientacyjnym jest brodawka przysieczna. Istnieje zgodność poglądów wielu autorów, że jest ona w stałym położeniu względem płaszczyzn anatomicznych strzałkowej i czołowej oraz stanowi dobry punkt orientacyjny do ustawienia siekaczy określając w przybliżeniu ich szerokość.[1-3,6,11,12] Podniebienna część szyjek siekaczy powinna znajdować się na przedłużeniu linii poprzecznej, dzielącej brodawkę przysieczną na dwie równe części. Następnie ustawia się kły górne tak, aby ich tylna część znajdowała się na linii pierwszej

relative to frontal and sagittal anatomical planes, and constitutes a good landmark for positioning incisors by defining their approximate width.[1-3,6,11,12] Palatal cervices of incisors should be located on the extension of the transverse line sectioning the incisal papilla into two equal parts. Then, the upper canines are positioned with their rear part situated on the first line of palatal folds. As for lateral incisors, they are positioned to maintain individual features of the dental arch.

In the lower dental arch, canines are the first to be positioned in the proper relation to the upper ones. Then, a calotte is fixed in the upper arm of the articulator for positioning premolars and lower molars. It ensures optimal contact of cusps and fissures of the opposing teeth through their bilaterally symmetric positioning. The calotte is fixed in such a way that its lower front edge touches the posterior part of the lower canines, and its lower back edge touches the distal part of distomolar triangles. Buccal cusps of the first molars and buccal and lingual cusps of the second molars should touch the calotte. Lower molars touch the calotte with front and back buccal cusps and front lingual cusps.[10-13] When posterior teeth are positioned in this manner, Christensen's phenomenon[25] in protrusive movement can be eliminated.

Then, upper posterior teeth are positioned to contact lower teeth starting with first molars. As the last teeth, incisors are positioned in the alveolar part of the mandible with a slightly labial inclination of the incisal edges for the best esthetic result. It has to be stressed that the order of positioning teeth in the upper and lower arch is not the only difference between conventional Gysi's method and the BPS. The basic difference in shaping the occlusal plane lies in the fact that in the BPS lower posterior teeth condition the position of upper posterior teeth while in Gysi's method it is the other way round.

Artificial teeth, which are used in both

pary fałdów podniebiennych. Natomiast siekacze boczne ustawia się z zachowaniem indywidulanych cech łuku zębowego.

W dolnym łuku zębowym jako pierwsze ustawia się kły we właściwej relacji do kłów górnych. Następnie w górnym ramieniu artykulatora montuję się kalotę, do której ustawiane są zęby przedtrzonowe i trzonowe dolne. Gwarantuje to optymalny kontakt guzków i bruzd zębów przeciwstawnych dzięki obustronnie symetrycznemu ich ustawieniu. Kalotę montuje się tak, aby jej dolna krawędź przednia dotykała tylnej powierzchni kłów dolnych, a jej dolna krawędź tylna dystalnej części trójkątów zatrzonowcowych. Z kalotą powinny się stykać guzki policzkowe pierwszych zębów przedtrzonowych oraz guzki policzkowe i językowe drugich zębów przedtrzonowych. Zęby trzonowe dolne dotykają kaloty guzkami policzkowymi przednimi i tylnymi oraz językowymi przednimi.[10-13] Ustawione w ten sposób zęby boczne pozwalają na niwelację fenomenu Christensena[25] w ruchu protruzyjnym.

Następnie ustawia się zęby boczne górne do kontaktu z zębami dolnymi rozpoczynając od pierwszych zębów trzonowych. Jako ostatnie ustawia się w części zębodołowej żuchwy siekacze z niewielkim wychyleniem brzegów siecznych w kierunku wargowym dla uzyskania możliwie najlepszego efektu estetycznego. Należy podkreślić, że poza kolejnością ustawienia zębów w łuku górnym i dolnym podstawową różnicą w kształtowaniu powierzchni zwarcia metodą klasyczną a metodą bioczynnościową jest fakt, iż w systemie BPS zęby boczne dolne warunkują położenie zębów bocznych górnych, natomiast w metodzie Gysiego odwrotnie.

Zęby sztuczne używane w obu metodach różnią się między innymi powierzchnią okluzyjną. Gysi opracował kształty zębów sztucznych, które odpowiadały kształtom anatomicznym zębów naturalnych. Obecnie dostępne są sztuczne zęby Anatoform w trzech odmianach

methods, differ, among others, in the occlusal surface. Gysi designed the shape of artificial teeth to match the anatomical shapes of natural teeth. Anatoform artificial teeth, which are now available, come in three types of inclination of guiding the occlusal surface: 20°, 25° and 35°. In the biofunctional system, Orthotype teeth, which have anatomically shaped occlusal surfaces, are recommended. They are supposed to provide balanced articulation without the need of making additional adjustments in final prostheses.[11]

From the dental technician's point of view, positioning teeth in the BPS is easier. This method uses a 3-D model calotte with marked auxiliary lines for positioning artificial teeth. In this system, a dental technician positions teeth in the order proposed by *Schaffner*,[10,11] so that cusps touch the calotte in predetermined places.

It is for this reason that the BPS is more repeatable, which has been confirmed by results of measurements and calculations in the *MonsOpt 2.0* procedure. It enables verification of obtaining optimal geometry of the occlusal surface in relation to Monson's model. Moreover, shaping of the occlusal surface does not require from the dental technician as much expertise as it does in the conventional method. This is especially important for young technicians since the calotte's roundness enables almost perfect positioning of lower teeth relative to the compensating curves of Spee and Wilson.

Additionally, the biofunctional system comprises a systematic order of clinical and laboratory stages of fabrication, producing a denture with balanced occlusal articulation and ensuring patients' satisfactory adaptation to wear it.[15] The obtained results of clinical application of the BPS are very promising, as has been demonstrated by the prosthetic rehabilitation of a patient following partial removal of multiple odontomas.[26]

Another important issue is the ergonomics of the work of the prosthetist and the dental

nachylenia prowadzenia powierzchni okluzyjnych: 20°, 25° i 35°. Natomiast w systemie bioczynnościowym zaleca się stosowanie zębów Orthotype, które posiadają anatomiczne ukształtowanie powierzchni żujących. Mają one zapewnić zrównoważoną artykulację bez konieczności dokonywania dodatkowych korekt w gotowych protezach.[11]

Z punktu widzenia technika dentystycznego łatwiej jest ustawić zęby w systemie BPS. Metoda ta wykorzystuje wzorcową kalotę 3-D z zaznaczonymi liniami pomocniczymi względem których ustawia się zęby sztuczne. W tym systemie technik dentystyczny ustawia zęby w kolejności zaproponowanej przez Schaffner'a,[10,11] tak aby guzki dotykały kaloty w wyznaczonych miejscach.

Z tego powodu system BPS jest bardziej powtarzalny, co potwierdzają wyniki pomiarów i obliczeń w zastosowanej procedurze MonsOpt 2.0. Umożliwia ona weryfikację uzyskania optymalnej geometrii powierzchni zwarcia w odniesieniu do modelu zdefiniowanego przez Monsona. Ponadto kształtowanie powierzchni zwarcia nie wymaga od technika dentystycznego dużego doświadczenia jak w metodzie klasycznej. Jest to bardzo istotne w przypadku młodych techników, ponieważ wzorcowa wypukłość kaloty umożliwia niemal bezbłędne ustawienie zębów dolnych z uwzględnieniem krzywych kompensacyjnych Spee i Wilsona.

Ponadto system bioczynnościowy stanowi usystematyzowany ciąg klinicznych i laboratoryjnych etapów wykonawstwa, prowadzący do powstania protezy o zrównoważonej artykulacji zwarciowej co zapewnia dobrą adaptację pacjentów do protez.[15] Uzyskane rezultaty klinicznego stosowania systemu BPS są bardzo obiecujące, co między innymi wykazała rehabilitacja protetyczna pacjentki po częściowym usunięciu licznych zębiaków.[26]

Warto również wspomnieć o ergonomii pracy lekarza i technika dentystycznego. W systemie BPS dzięki zastosowaniu techniki

technician. In the BPS, the application of technology of acrylic polymerisation in Ivocap's pressure injecting system produces an excellent functional and esthetic result. In comparison with Gysi's method, the number of appointments for the patient is reduced from five to four.[10,11,13]

Gysi's method is primarily used by highly experienced dental technicians. When teeth are positioned relative to the flat occlusal table the distances of cusps from the occlusal surface, recommended by Gysi and *Wajs* et al., depend on individual clinical conditions of the patient and are not forced by the 3-D calotte, which is the case in the BPS. [27,28]

The cost of making a denture in the BPS and Gysi's method is another aspect which cannot be ignored. Prosthetic reconstructions made according to the BPS are more expensive than those made with Gysi's method. This is mainly due to manufacturer's recommendations of using a dedicated BPS articulator with accessories as well as specific materials.

Despite the fact that BPS was marketed in Europe in 1990s it is not popular in Poland. In view of the ever-growing population of the elderly requiring prosthetic rehabilitation with full dentures improvements to their fabrication is fully justified in order to obtain satisfactory outcome of treatment.

Conclusions

1. Following comparison of geometric parameters of shaping the occlusal surface in 56 pairs of mandibular and maxillary full dentures made according to the conventional method by Gysi with the same number of dentures made according to the biofunctional system the following conclusions can be drawn:
2. The occlusal surface in full dentures in which teeth have been positioned using the BPS demonstrates repeatable matching

polimeryzacji tworzywa akrylowego tłoczonego w kolumnie ciśnieniowej Ivocap osiąga się bardzo dobry efekt funkcjonalny i estetyczny. W porównaniu z metodą Gysiego zmniejsza się także ilość wizyt pacjenta z pięciu do czterech.[10,11,13]

Metoda Gysiego wykorzystywana jest powszechnie przede wszystkim przez techników z dużym doświadczeniem zawodowym. Przy ustawianiu zębów względem płaskiego stolika okludalnego, zalecane przez *Gysiego* oraz *Wajsa* i wsp. odległości guzków od płaszczyzny zwarcia zależą od indywidualnych warunków klinicznych pacjenta, a nie są wymuszone przez kalotę 3-D, co ma miejsce w systemie BPS.[27,28]

Nie bez znaczenia są różnice w cenach, jakie występują między protezami wykonanymi w systemie BPS a metodą klasyczną. Uzupełnienia protetyczne wykonane metodą bioczynnościową są droższe niż wykonane metodą Gysiego. Wynika to z zaleceń producenta posługiwania się dedykowanym do tej metody artykulatorem z dodatkowymi akcesoriami oraz używanie określonych materiałów.

System BPS, pomimo tego iż został wprowadzony na rynek europejski w latach dziewięćdziesiątych XX wieku, nie jest w Polsce popularny. W aspekcie ciągle wzrastającej liczby osób w wieku podeszłym, wymagających rehabilitacji protetycznej z zastosowaniem protez całkowitych, uzasadnione jest ciągłe doskonalenie metod ich wykonania. Pozwala to na uzyskanie zadawalających wyników leczenia.

Wnioski

W wyniku porównania parametrów geometrycznych ukształtowania powierzchni zwarcia w 56 parach protez całkowitych dla szczęki i żuchwy wykonanych metodą klasyczną Gysiego względem równolicznej par protez wykonanych w systemie bioczynnościowym BPS, można sformułować następujące wnioski:

Powierzchnia zwarcia w protezach

with 4-inch Monson's model sphere (101.6 mm) in comparison with Gysi's method.
3. In both methods, there is bilateral symmetry of the length of dental arches and the depth of occlusal curvature measured in relation to the spacially oriented occlusal plane as a clinically measured common occlusal plane.
4. Despite differences in the geometric features of shaping the occlusal surface in full dentures, both methods are comparable in parametric evaluation of their fabrication. 3D-MicroScribe (Immersion) manual digitalization system used in conjunction with *MonsOpt 2.0* can be useful in objective diagnostics of the shape of the surface of artificial occlusion of entire dental arches.

całkowitych, w których zęby ustawiano w systemie BPS, wykazuje powtarzalne dopasowanie do 4-calowego wzorca sfery Monsona (101,6 mm) w porównaniu do metody Gysiego.

W obu metodach występuje obustronna symetria długości łuków zębowych i głębokości krzywej zwarcia mierzonej względem przestrzennie zorientowanej płaszczyzny zwarcia, jako wspólnej płaszczyzny odniesienia wyznaczanej klinicznie.

Pomimo występujących różnic w cechach geometrycznych ukształtowania powierzchni zwarcia w protezach całkowitych, obie metody są porównywalne w ocenie parametrycznej jakości ich wykonania.

Zastosowany w badaniu manualny system digitalizacji 3D-MicroScribe (Immersion) w oprogramowaniu MonsOpt 2.0, może być przydatny do zobiektywizowania diagnostyki pomiarowej ukształtowania powierzchni sztucznego zwarcia całych łuków zębowych.

References / Piśmiennictwo

1. *Spiechowicz E:* Protetyka Stomatologiczna, PZWL, Warszawa 2010, 241-350.
2. *Majewski S:* Gnatofizjologia stomatologiczna: normy okluzji i funkcje układu stomatognatycznego. PZWL, Warszawa 2007.
3. *Biesaga R:* Odbudowa okluzji u pacjentów bezzębnych. Biesaga R (red): Protetyka stomatologiczna w teorii i praktyce: protezy całkowite oraz protezy overdenture. Wydawnictwo BESTOM DENT Onet.pl, Łódź 2005, 101-104.
4. *Wajs S, Kozłowski W:* Ustawianie zębów sztucznych w protezach całkowitych. PZWL, Warszawa 1995.
5. *Majewski S:* Rehabilitacja protetyczna pacjentów bezzębnych z zastosowaniem protez całkowitych. *Majewski S.* (red): Współczesna protetyka stomatologiczna: podstawy teoretyczne i praktyka kliniczna. Urban & Partner, Wrocław 2014, 222-240.
6. *Gysi A:* The problem of articulation. Dental Cosmos 1910; 52 (1): 1-19.
7. *Gysi A:* Masticating efficiency in natural and artificial teeth. Dental Digest 1915; 21: 74-89.
8. *Gysi A:* Research in denture construction. JADA 1929; 16: 199-214.
9. *Betlej A:* Klasyczna metoda ustawienia zębów sztucznych. Nowocz Tech Dent 2015; 2: 34-43.
10. *Schaffner T:* Bioczynnościowy System Protetyczny część I. Stomatol Współcz 1994; 5: 377-382.
11. *Schaffner T:* Bioczynnościowy System Protetyczny część II i III. Stomatol Współcz 1995; 2 (1, 2): 49-58, 136-151.
12. *Okoński P, Niesłuchowska M, Siedlecki*

M, Szczyrek P, Mierzwińska-Nastalska E: Zastosowanie Biofunkcjonalnego Systemu Protetycznego (BPS) w rehabilitacji narządu żucia u pacjentów bezzębnych. Protet Stomatol 2002; 52 (4): 223-227.
13. *Leśniak W, Rojkowski R, Puchta Ł, Kosakowski P, Okoński P:* Zastosowanie metod biofunkcjonalnych w wykonawstwie protez całkowitych – system PBS. Mag Stomatol 2007; 9: 20-24.
14. *Saini V, Singala R:* Biofunctional Prosthetic System: A new era complete denture. J Pharm Bioallied Sci 2011; 3 (1): 170-172.
15. *Nabeel S:* Biofunctional Prosthetic System: Biofunctional Dentures - A new way to rehabilitate edentulous ridges. E-J Dent 2012; 7 (9): 1-4.
16. *Spee FG:* Die verschiebungsbanh des unterkiefersam schadel. Arch Anat Physiol 1890; 16: 285-294.
17. *Wilson GH:* A manual of dental prosthetics. 4th ed. Lea & Febiger, Philadelphia 1920: 43-44.
18. *Monson GS:* Applied mechanics to the theory of mandibular movements. Dent Cosmos 1932; 74: 1039-1053.
19. *Slavicek R, Mack H:* Die Funktionelle Morphologie der Okklusion. Dent Labor 1980; 16: 285-294.
20. *Michalski W, Bączkowski B, Michniowski Z:* Geometryczny aspekt powierzchni zwarcia w analizie i ocenie porównawczej. Protet Stomatol 2002; 52 (5): 264-272.
21. *Michalski W, Michniowski Z, Kuchta M, Wasek M:* Kliniczny kształt krzywej zwarcia a wyidealizowana powierzchnia sferyczna. Część I. Badanie stopnia dopasowania na modelu matematycznym układu. Protet Stomatol 2004; 54 (6): 375-383.
22. Guide to the expression of uncertainly in measurement ISO-IEC-OIML-BIPM, TAG 4/ WG 3 (1995), wyd. pol. Wyrażanie niepewności pomiaru – Przewodnik. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.
23. Expression of the uncertainty in measurement in calibration. Wyd. Pol. Zakładu Metrologii Ogólnej Głównego Urzędu Miar ISBN 83-906546-2-8, Warszawa 2001.
24. *Slavicek R:* Principien der Okklusion. Inform Orthodont Kiferorthop 1982; 14, 171-178.
25. *Christiansen C:* The problem of the bite. Dental Cosmos 1905; 47: 1184-1195.
26. *Lu W, Liao P, Liu D, Tchaou W, Liu D, Chen M:* Całościowa rehabilitacja po częściowym usunięciu licznych zębiaków. Dent Labor 2013; 1: 80-87.
27. *Wojda M, Kostrzewa-Janicka J, Mierzwińska-Nastalska E:* Współczesne systemy artykulacyjne. Protet Stomatol 2009; 59 (1) 4-9.
28. *Wojda M, Wojda R, Michalski W:* Model matematyczny powierzchni sztucznego zwarcia w protezach całkowitych. Protet Stomatol 2007; 57 (4): 245-252.

Zaakceptowano do druku: 10.03.2017 r.

Adres autorów: 02-006 Warszawa, ul. Nowogrodzka 59.

© Zarząd Główny PTS 2017.