

# Comparison of marginal adaptation of fixed ceramic restorations prepared with the ceramic heat-pressed technique and CAD/CAM technology – review of literature

## Porównanie adaptacji brzeżnej stałych uzupełnień ceramicznych wykonanych metodą tłoczenia masy ceramicznej do formy oraz przy użyciu systemu CAD/CAM – przegląd piśmiennictwa

**Magdalena Rączkiewicz, Karolina Mazurek, Elżbieta Mierzwińska-Nastalska**

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Department of Prosthodontics, Medical University of Warsaw

Head: prof. dr hab. n. med. Elżbieta Mierzwińska-Nastalska

---

---

### KEY WORDS:

marginal adaptation, CAD/CAM, dental ceramics, pressed ceramics

---

---

---

---

### HASŁA INDEKSOWE:

adaptacja brzeżna, CAD/CAM, ceramika denty-styczna, ceramika tłoczona

---

---

### Summary

Constant advances in laboratory technology, along with the development of dental materials, have created new opportunities for prosthetic reconstruction of clinical crowns of teeth. The most important factor affecting the possibility of the long-term functioning of a permanent prosthetic restoration in the oral cavity is the precision of its production, including the accuracy of adhesion of the restoration to the abutment.

The aim of the study is to review the latest research results concerning the impact of the technology of ceramic restoration production on the accuracy of their adhesion to the structure of the abutment.

Among the articles available in the Medline database, those from the years 2011-2018 were selected for the analysis. All chosen articles present a description of in vitro studies and concern the comparison of marginal adaptation depending on the type and method of preparation of the ceramic material.

Despite the widespread use of digital techno-

### Streszczenie

Stały postęp dotyczący technologii laboratoryjnych, idący w parze z rozwojem materiałów stomatologicznych stworzył nowe możliwości wykonywania protetycznych rekonstrukcji koron klinicznych zębów. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na możliwość długoczasowego funkcjonowania stałego uzupełnienia protetycznego w jamie ustnej jest jego precyzja wykonania, w tym dokładność przylegania uzupełnienia do filaru.

Celem pracy jest podsumowanie najnowszych wyników badań dotyczących wpływu technologii wykonania ceramicznych uzupełnień protetycznych na dokładność ich przylegania do struktur filaru.

Śród artykułów udostępnionych w bazie Medline do analizy wybrano opublikowane w latach 2011-2018. Wszystkie analizowane artykuły przedstawiają opis badań in vitro i dotyczą porównania adaptacji brzeżnej w zależności od rodzaju oraz sposobu obróbki materiału ceramicznego.

logies, and the continuous development of laboratory materials and procedures, the analysed studies have not been conclusive as to whether they allow obtaining a restoration with a higher marginal integrity. The results of the three studies presented here show a better marginal adhesion of restorations made in the CAD/CAM system to the abutment tooth. Two studies did not demonstrate a statistically significant difference in the marginal integrity of restorations made in the CAD/CAM system and in pressed ceramics. Different results were obtained by Azar et al., who presented statistically significant differences of marginal seal of crowns made in the CAD/CAM system in comparison to those made of heat-pressed ceramics, in favour of the traditional method of using the impression.

*Mimo powszechnego stosowania technologii cyfrowych oraz ciągłego rozwoju materiałów i procedur laboratoryjnych, w analizowanych badaniach nie wykazano jednoznacznie, czy pozwalają one uzyskać bardziej szczelne uzupełnienie protetyczne. Wyniki trzech przedstawionych badań wykazują lepsze przyleganie brzeżne do filaru uzupełnień wykonanych w systemie CAD/CAM. Dwa badania nie wykazały istotnej statystycznie różnicy w szczelności uzupełnień wykonanych w systemie CAD/CAM oraz z ceramiki tłoczonych. Odmienne wyniki uzyskał Azar i wsp., przedstawiając statystycznie istotne różnice szczelności brzeżnej koron wykonanych w systemie CAD/CAM w porównaniu z wykonanymi z ceramiki tłoczonych, na korzyść tradycyjnej metody z wykorzystaniem wycisku.*

Ongoing advances in laboratory technology, along with developments in the field of dental materials, have created new possibilities for the prosthetic reconstruction of clinical crowns of teeth.<sup>1</sup> When choosing a technique and material for a restoration, it is important to take under consideration the amount of retained hard dental tissues and pulp vitality, as well as the clinical capabilities needed in order to produce a correct restoration.<sup>2</sup> A crown insert such as an inlay, onlay or overlay is a restoration that reconstructs the correct shape of the tooth with vital pulp when the amount of healthy hard tissues exceeds 50%.<sup>2-4</sup> In the case of a tooth with non-vital pulp or when the amount of the remaining hard tissues is not sufficient to make a coronal insert, it should be rebuilt with a crown.<sup>2</sup> Ceramics used for extensive reconstruction of hard tissues of the tooth replace composite materials as the materials of choice used for the restoration of clinical crowns defects.<sup>5,6</sup> This procedure eliminates polymerization shrinkage, and ensures correct interproximal contacts, anatomical shape of teeth, abrasion

Stały postęp dotyczący technologii laboratoryjnych, idący w parze z rozwojem w dziedzinie materiałów stomatologicznych stworzyły nowe możliwości wykonywania protetycznych rekonstrukcji koron klinicznych zębów.<sup>1</sup> Podczas wyboru techniki i materiału do odbudowy należy wziąć pod uwagę ilość pozostałych twardych tkanek zębów oraz żywotność miazgi, a także możliwości kliniczne poprawnego wykonania uzupełnienia.<sup>2</sup> Wkład koronowy typu inlay, onlay lub overlay jest uzupełnieniem odtwarzającym prawidłowy kształt zęba z żywą miazgą, gdy ilość zdrowych tkanek twardych przekracza 50%.<sup>2-4</sup> W przypadku zęba z martwą miazgą lub gdy ilość pozostałych twardych tkanek nie jest wystarczająca by wykonać wkład koronowy należy odbudować go koroną.<sup>2</sup> Zastosowanie ceramiki do rozległych rekonstrukcji twardych tkanek zęba pozwala zastąpić materiały złożone używane jako materiał z wyboru do odbudowy ubytków koron klinicznych.<sup>5,6</sup> Takie postępowanie zapewnia eliminację skurczu polimeryzacyjnego, uzyskanie prawidłowych kontaktów stycznych, anatomicznego kształtu zębów, odporności na ścieranie,

resistance, mechanical strength and a clinically acceptable gingival margin.<sup>6-9</sup> The use of ceramic materials offers much better aesthetics than other reconstructive materials.<sup>10</sup> Lithium disilicate pressed ceramic is characterized by stability over time in a variable oral environment, biocompatibility and good aesthetic properties.<sup>1,11</sup> Imperfections resulting from numerous procedures and materials during impression-taking and from the use of pressed ceramic restorations can be eliminated by introducing computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM).<sup>12</sup> Computerization also applies to general dentistry; however, despite numerous new methods, there are not many *in vitro* or long-term *in vivo* studies that would confirm the superiority of new technologies.<sup>13</sup>

The most important factor affecting the possibility of the long-term functioning of a permanent prosthetic restoration in the oral cavity is the precision of its fabrication, which almost directly translates into the accuracy of adhesion of the restoration to the abutment preparation. Numerous studies aim at determining the maximum permissible interproximal marginal gap; however, no single measurement protocol has been established. For crowns made by the heat-pressed technique, the maximum marginal width of this gap was set at 45-120  $\mu\text{m}$ , while for crowns performed in the CAD/CAM system it was 40-90  $\mu\text{m}$ .<sup>14</sup> Björn et al. believe that the clinically acceptable marginal width size is 200  $\mu\text{m}$ .<sup>15</sup> Despite many controversies, scientists and clinicians are trying to determine which method of making permanent restorations is the most accurate one to achieve long-term clinical success.

The aim of the following literature review is to summarize the latest and most reliable research results concerning the impact that the technology of ceramic restoration production has had on marginal adaptation. An electronic search of the most relevant articles in English

wytrzymałości mechanicznej oraz akceptowalnej klinicznie adaptacji brzegu dziąsłowego.<sup>6-9</sup> Wykorzystanie materiałów ceramicznych pozwala uzyskać znacznie lepszą estetykę, niż w przypadku wykorzystania innych materiałów rekonstrukcyjnych.<sup>10</sup> Dwukrzemowo-litowa ceramika tłoczona charakteryzuje się stabilnością w czasie w zmiennym środowisku jamy ustnej, biokompatybilnością oraz dobrymi właściwościami estetycznymi.<sup>1,11</sup> Niedoskonałości wynikające z licznych procedur i materiałów stosowanych podczas pobierania wycisków oraz wykonania uzupełnień z ceramiki tłoczonej mogą zostać wyeliminowane dzięki wprowadzeniu technologii projektowania wspomaganego komputerowo oraz wytwarzania wspomaganego komputerowo (computer-aided design and computer-aided manufacturing CAD/CAM).<sup>12</sup> Komputeryzacja dotyczy również obszaru stomatologii, jednakże pomimo licznych nowych metod nie ma jeszcze wielu badań *in vitro* ani długoterminowych badań *in vivo*, które potwierdzałyby wyższość nowych technologii.<sup>13</sup>

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na możliwość długoczasowego funkcjonowania stałego uzupełnienia protetycznego w jamie ustnej jest jego precyzja wykonania, co niemal bezpośrednio przekłada się na dokładność przylegania uzupełnienia do filaru. Liczne badania mają na celu określenie największej dopuszczalnej szerokości szczeliny brzeżnej, jednakże nie ustalono jednego protokołu pomiaru tej wielkości. Dla koron wykonanych metodą tłoczenia maksymalna szerokość tej szczeliny została ustalona na poziomie 45-120  $\mu\text{m}$ , natomiast dla koron wykonywanych w systemie CAD/CAM wynosi 40-90  $\mu\text{m}$ .<sup>14</sup> Björn i wsp. uważają iż klinicznie akceptowalna wielkość szczeliny wynosi 200  $\mu\text{m}$ .<sup>15</sup> Mimo wielu kontrowersji naukowcy i klinicyści próbują ustalić, która z metod wykonywania stałych uzupełnień protetycznych jest najbardziej dokładna i pozwoli osiągnąć długotrwały sukces kliniczny.

was carried out in the MEDLINE database with access via PubMed.

Among the articles made available in the Medline database, the years 2011-2018 were selected for the analysis. The key words used in the publication search were: adaptation, adjustment, CAD/CAM, ceramics, dental porcelain, discrepancy, heat pressed, marginal fit, marginal gap. All analysed articles present a description of *in vitro* studies and they concern the comparison of marginal adaptation depending on the type of ceramic material and the method of its preparation. In this paper, the only studies taken under consideration were the ones comparing the restorations made using the heat-pressed technique of forming porcelain into a mould and those made with the use of the CAD/CAM technology. Only six studies met the criteria presented above and were analysed in this article.

*Riccitello* et al. studied the marginal and internal adaptation of zirconium dioxide and lithium disilicate crowns. Forty-five extracted human teeth were prepared for crown placement. Zirconium dioxide restorations (Katana Zirconia, Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) (Group 1) and lithium disilicate (IPS e.max Cad, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Group 2) were made in the CARES System CAD/CAM system (Straumann, Basel, Switzerland) and by the lithium disilicate ceramic heat-pressing technique (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) (Group 3). All the crowns were placed using Panavia V5 cement (Kuraray Noritake). The assessment was based on micro-tomography (Skyscan 1072, Bruker, Kontich, Belgium) in the mesio-distal and bucco-palatal planes. Measurements were made at eighteen fixed points, nine in each cross-section, by two researchers who did not know which group they were analysing. The statistics were calculated in the SPSS 16.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). All the examined crowns showed clinically acceptable marginal integrity.

Celem poniższego przeglądu piśmiennictwa jest podsumowanie najnowszych i najbardziej wiarygodnych wyników badań dotyczących wpływu technologii wykonania ceramicznych uzupełnień protetycznych na adaptację brzeżną. Elektroniczne wyszukiwanie najbardziej trafnych artykułów w języku angielskim zostało przeprowadzone w bazie MEDLINE z dostępem przez PubMed.

Spośród artykułów udostępnionych w bazie Medline do analizy wybrano opublikowane w latach 2011-2018. Słowa klucz, na podstawie których wyszukiwano publikacje to: adaptation, adjustment, CAD/CAM, ceramics, dental porcelain, discrepancy, heat pressed, marginal fit, marginal gap. Wszystkie analizowane artykuły przedstawiają opis badań *in vitro* i dotyczą porównania adaptacji brzeżnej w zależności od rodzaju materiału ceramicznego oraz sposobu jego obróbki. W niniejszej pracy wzięto pod uwagę tylko badania porównujące uzupełnienia wykonane metodą tłoczenia porcelany do formy z wykonanymi przy użyciu technologii CAD/CAM. Powyższe kryteria zostały spełnione jedynie przez 6 badań, które zostały poddane ocenie w tej pracy.

*Riccitello* i wsp. badali brzeżne i wewnętrzne dostosowanie koron tlenkowo-cyrkonowych oraz dwukrzemowo-litowych. Czterdzieści pięć usuniętych ludzkich zębów zostało opracowanych pod korony. Uzupełnienia tlenkowo-cyrkonowe (Katana Zirconia, Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) (Grupa 1) i dwukrzemowo-litowe (IPS e.max Cad, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Grupa 2) zostały wykonane w systemie CAD/CAM CARES System (Straumann, Basel, Switzerland) oraz metodą tłoczenia ceramiki dwukrzemowo-litowej (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) (Grupa 3). Wszystkie korony osadzono przy użyciu cementu Panavia V5 (Kuraray Noritake). Ocenę przeprowadzono na podstawie wykonanej mikro tomografii (Skyscan 1072, Bruker, Kontich, Belgium) w płaszczyznach mezjo-dystalnej oraz



Restorations made in the CAD/CAM system showed better marginal adaptation ( $65\mu\text{m}$  – for zirconium dioxide,  $69\mu\text{m}$  – for lithium disilicate) than those made by means of the heat-pressed technique ( $85\mu\text{m}$ ).<sup>14</sup>

Other researchers prepared sixty extracted human molars for crowns with a  $90^\circ$  shoulder (Group 1) and a  $135^\circ$  chamfer preparation (Group 2). The marginal integrity of crowns made in the Sirona inLab MC XL Computer Aided Design and Manufacturing (CAD/CAM) from Feldspar porcelain (Vitablocs Mark II) (Group A) and aluminum oxide (In-Ceram 2000 AL) was compared (Group B). The control group (Group C) consisted of lithium disilicate crowns (IPS e.max Press). On the basis of micro-tomography, the marginal integrity (MG) and marginal discrepancy (MD) were assessed before and after the cementation of the crowns. The restorations were placed using Multilink Automix cement (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Statistical analysis determined that the MG and MD values significantly increased after cementation of the restoration. Ceramic crowns showed acceptable marginal integrity. The smallest variability was obtained when the crowns were made of Feldspar porcelain in the CAD/CAM system ( $50\text{--}120\mu\text{m}$ ).<sup>16</sup> Researchers at the University of Ankara compared the integrity of zirconium dioxide crowns made in the CAD/CAM system (3M ESPE Lava, St. Paul, USA), crowns pressed from lithium disilicate (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), and metal chromium-cobalt crowns (Wirobond C, BEGO, Bremen, Germany). Thirty-six extracted human upper incisors that had similar dimensions were prepared. In order to cement the restorations, self-adhesive cement (RelyX U100, 3M ESPE, St. Paul, USA) and glass-ionomer cement (KETAC CEM, 3M ESPE, St. Paul, USA) were used. One thousand thermal cycles were carried out with a temperature change of  $5\text{--}55^\circ\text{C}$ . Teeth were stained for 24

policzkowo-podniebiennej. Pomiary wykonywane były w 18 ustalonych punktach, po 9 w każdym przekroju przez dwóch badaczy, którzy nie wiedzieli jaką grupę analizują. Statystyki zostały przeprowadzone w oprogramowaniu (SPSS 16.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Wszystkie badane korony wykazywały akceptowalną klinicznie szczelność brzeżną. Uzupełnienia wykonane w systemie CAD/CAM wykazały lepszą adaptację brzeżną ( $65\mu\text{m}$  - tlenkowo-cyrkonowe,  $69\mu\text{m}$  – dwukrzemowo-litowe) niż te wykonane metodą tłoczenia ( $85\mu\text{m}$ ).<sup>14</sup>

Inni badacze opracowali 60 usuniętych ludzkich zębów trzonowych pod korony ze stopniem shoulder  $90^\circ$  (Grupa 1) oraz chamfer  $135^\circ$  (Grupa 2). Porównywano szczelność brzeżną koron wykonanych w systemie Cerec Sirona inLab MC XL Computer Aided Design and Manufacturing (CAD/CAM) z porcelany skaleniowej (Vitablocs Mark II) (Grupa A) oraz tlenkowo glinowej (In-Ceram 2000 AL) (Grupa B). Grupę kontrolną (Grupa C) stanowiły korony dwukrzemowo-litowe (IPS e.max Press). Na podstawie mikro-tomografii oceniano szczelność brzeżną (MG) oraz rozbieżność (dyskrepancję) brzeżną (MD) przed i po zacementowaniu koron. Uzupełnienia osadzono przy użyciu cementu Multilink Automix (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Analiza statystyczna pozwoliła ustalić, iż wartości MG oraz MD istotnie zwiększają się po zacementowaniu uzupełnienia. Korony ceramiczne wykazywały akceptowalną szczelność brzeżną. Najmniejszą zmienność uzyskano gdy korony były wykonane z porcelany skaleniowej w systemie CAD/CAM ( $50\text{--}120\mu\text{m}$ ).<sup>16</sup>

Badacze z Uniwersytetu w Ankarze porównywali szczelność koron tlenkowo-cyrkonowych wykonanych w systemie CAD/CAM (3M ESPE Lava, St. Paul, USA), koron tłoczonych z dwukrzemianu litu (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), oraz metalowych koron chrom-kobaltowych (Wirobond C, BEGO, Bremen, Germany). Opracowano 36

hours with 0.5% fuchsine dye, and then, four specimens were prepared from each sample using diamond discs (mesio-distal and buccopalatal). The penetration depth of the dye was evaluated using a stereoscopic microscope. Based on the conducted tests, it was found that a statistically significant smaller micro-leakage occurs when the restorations are made in the CAD/CAM system (82.7  $\mu\text{m}$ ). However, no statistically significant differences between the crowns made of lithium disilicate (92.6 $\mu\text{m}$ ) and chromium-cobalt (96.5  $\mu\text{m}$ ) were observed.<sup>17</sup>

In another study comparing the marginal adaptation of crowns, the IPS e.max Press, IPS e.max CAD for Cerec, and IPS e.max CAD for E4D ceramics were used. Human premolars were prepared for ceramic crowns placement, and then, impressions were taken (HP Group) or preparations were scanned with appropriate intraoral scanners Cerec 3D Bluecam scanner (Sirona Dental Systems GmbH) (CR Group) and E4D Laser scanner (D4D Technologies) (ED Group). Crowns were made by heat pressing the ceramic mass into a mould (HP Group) and using Cerec inLab MC XL (CR Group) and ED4 milling machines (Group ED). All crowns were placed using a silicone material (Fit Checker, GC Dental Industrial Corp.). To take measurements, the samples were subjected to microtomography (Scanco CT40, Scanco Medical AG). Thirteen images of sagittal sections and thirteen in the coronal plane of each tooth were evaluated. Two measurements were taken of each of the pictures at fixed points. The statistical analysis demonstrated that the crowns made of pressed ceramics (36.8  $\mu\text{m}$ ) and in the Cerec system (39.2  $\mu\text{m}$ ) show much better marginal adaptation than those made in the E4D system (66.9  $\mu\text{m}$ ). The studies did not show statistically significant differences between the groups using pressed ceramics and the Cerec 18 system.<sup>18</sup>

*Guess et al.* used seventy-two extracted human molars, which were prepared for crown

usuniętych ludzkich górnych zębów siecznych, które miały podobne rozmiary. W celu zacementowania uzupełnień wykorzystano samo-adhezyjny cement (RelyX U100, 3M ESPE, St. Paul, USA) oraz cement szkło-jonomero-wy (KETAC CEM, 3M ESPE, St. Paul, USA). Przeprowadzono 1000 cykli termicznych ze zmianą temperatury 5-55°C. Zęby wybarwiano przez 24 godziny 0,5% barwnikiem fuk-syny, następnie z każdej próbki wykonano 4 zgłady przy użyciu tarcz diamentowych (me-zjo-dystalne oraz policzkowo-podniebienne). Głębokość penetracji barwnika oceniano za pomocą mikroskopu stereoskopowego. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż znacząco mniejszy statystycznie mikroprze-ciek powstaje, gdy uzupełnienia wykonane są w systemie CAD/CAM (82,7 $\mu\text{m}$ ). Nie zauważono natomiast istotnych statystycznie różnic pomiędzy koronami wykonanymi z dwukrzemianu-litu (92,6 $\mu\text{m}$ ) oraz chrom-kobaltu (96,5 $\mu\text{m}$ ).<sup>17</sup>

W kolejnym badaniu porównującym adaptację brzeżną koron wykorzystano ceramikę IPS e.max Press, IPS e.max CAD for Cerec oraz IPS e.max CAD for E4D. Ludzkie usunięte zęby przedtrzonowe opracowano pod korony ceramiczne i następnie pobrano wyciski (Grupa HP) lub zeskanowano odpowiednimi skanerami wewnątrzustnymi - Cerec 3D Bluecam scanner (Sirona Dental Systems GmbH) (Grupa CR) oraz E4D Laser scanner (D4D Technologies) (Grupa ED). Wykonano korony metodą tłoczenia masy ceramicznej do formy (Grupa HP) oraz przy użyciu frezarek Cerec inLab MC XL (Grupa CR) i ED4 (Grupa ED). Wszystkie korony osadzono za pomocą materiału silikonowego (Fit Checker; GC Dental Industrial Corp.). W celu wykonania pomiarów, próbki zostały poddane mikrotomografii (Scanco CT40; Scanco Medical AG). Oceniano 13 zdjęć przekrojów sagitalnych oraz 13 w płaszczyźnie koronowej każdego zęba. Przeprowadzono po dwa pomiary na każdym ze zdjęć w ustalonych punktach. Przeprowadzone analizy statystyczne

inserts. The onlay restorations were made of pressed ceramics IPS-e.max-Press (Ivoclar-Vivadent), Vita-PM9 (VP, Vita-Zahnfabrik) and IPS-e.max-CAD (IC, Cerec 3D / InLab / Sirona). Variolink II cement was used to place the inserts. All the restored teeth were then subjected to fatigue tests (98 N, 1.2 million cycles, 5°C/55°C). In a 200x magnification microscope, marginal and internal integrity were assessed. The marginal gap measurements were taken every 100 µm, which produced 400-500 results for each of the examined teeth. The internal integrity was measured after mesio-distal and bucco-palatal sections were made at pre-established points. The influence of thermo-mechanical cycles on the quality of adhesion of marginal restorations was not demonstrated. However, much greater discrepancies in adhesion were found between internal inserts made in the CAD/ CAM system (IPS-e.max-CAD-103 µm, Vita-PM9-58 µm) in comparison to those made by heat-pressing (IPS-e.max-Press-66.9 µm). There were no differences in marginal adhesion of restorations among the methods and materials studied (before thermo-mechanical cycles: IPS-e.max-CAD-54.05 µm, Vita-PM9-48.555 µm, IPS-e.max-Press-62.86 µm; after thermo-mechanical cycles: IPS-e.max-CAD-50.54 µm, Vita-PM9-50.98 µm, IPS-e.max-Press-58.59 µm).<sup>5</sup>

Different results were obtained by researchers at the University of Palacky in the Czech Republic. According to the manufacturers' recommendations, forty extracted human molars were prepared for crowns. In the first group, scans of the prepared teeth were made using CEREC Omnicam (Sirona, Germany) and the crowns were designed using the CEREC SW 4.4 software (Sirona, Germany), which were made of blocks (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) using milling machines (CEREC MC XL, Sirona) and crystallized in a special furnace (Programat CS2, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). In the second research group,

wykazały, że korony wykonane z ceramiki tłoczonej (36,8 µm) oraz w systemie Cerec (39,2 µm) wykazują znacznie lepszą adaptację brzeżną niż te wykonane w systemie E4D (66,9 µm). Badania nie wykazały istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami wykorzystującymi ceramikę tłoczoną i system Cerec.<sup>18</sup>

Guess i wsp. wykorzystali 72 ludzkie usunięte zęby trzonowe, które opracowano pod wkłady koronowe. Uzupełnienia typu onlay wykonano z ceramiki tłoczonej IPS-e.max-Press (Ivoclar-Vivadent), Vita-PM9 (VP, Vita-Zahnfabrik) oraz IPS-e.max-CAD (IC, Cerec 3D/InLab/Sirona). Do osadzenia wkładów wykorzystano cement Variolink II. Następnie wszystkie zęby z uzupełnieniami poddano testom zmęczeniowym (98 N, 1.2 milion cykli; 5°C/55 °C). W mikroskopie stereoskopowym w powiększeniu 200x oceniano szczelność brzeżną i wewnętrzną. Pomiary szczeliny brzeżnej wykonywano co 100 µm, co pozwoliło otrzymać 400-500 wyników dla każdego z badanych zębów. Szczelność wewnętrzną mierzono po wykonaniu przekrojów mezjo-dystalnych oraz policzkowo-podniebiennych w ustalonych wcześniej punktach. Nie wykazano wpływu cykli termo-mechanicznych na jakość przylegania brzeżnego uzupełnień. Jednakże wykazano znacznie większe rozbieżności przylegania wewnętrznego wkładów wykonanych w systemie CAD/CAM (IPS-e.max-CAD-103µ, Vita-PM9-58µm) w stosunku do tych wykonanych metodą tłoczenia (IPS-e.max-Press-66,9µm). Nie wykazano różnic w przyleganiu brzeżnym uzupełnień wśród badanych metod i materiałów (przed cyklami termo-mechanicznymi: IPS-e.max-CAD-54,05µm, Vita-PM9-48,55µm, IPS-e.max-Press-62,86µm; po cyklach termo-mechanicznych: IPS-e.max-CAD-50,54µm, Vita-PM9-50,98µm, IPS-e.max-Press-58,59µm).<sup>5</sup>

Odmienne wyniki zostały uzyskane przez badaczy w Uniwersytecie Palacky w Czechach. Zgodnie z zaleceniami producentów opracowano 40 ludzkich usuniętych zębów trzonowych

traditional silicone impressions were taken, gypsum models were made, and then, the waxed crown forms were made (Geo classic opak, Renfert, Germany). Lithium disilicate (IPS e.max press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) restorations were made using the lost wax and heat-press techniques. Microscopic observations were performed using 200x magnification at twenty-five bonding sites for each of the crowns with the previously prepared tissues. The measurements allowed determining that both methods enable reconstruction with clinically acceptable marginal integrity. Crowns made using the traditional method showed statistically significantly better marginal adaptation (38  $\mu\text{m}$ ) than those made in the CAD/CAM system (48  $\mu\text{m}$ ).<sup>19</sup>

The above work presents *in vitro* studies comparing the marginal integrity of ceramic prosthetic restorations made utilizing a traditional impression and CAD/CAM technology throughout the entire cycle. Despite the widespread use of digital technologies, and the continuous development of laboratory materials and procedures,<sup>20</sup> the research analysed in this study does not show clearly whether they allow a tighter seal of prosthetic restorations. Clinicians are still looking for an answer to this question because the abnormal adhesion of permanent restorations to the prepared tooth tissues can cause the exposure of the bonding material to the oral environment. This can then cause the bonding material to dissolve and create a microleakage. This is a clinically unnoticeable phenomenon where fluids, bacteria, particles, and ions flow between the wall of the defect and the filling material.<sup>21</sup> In order to obtain a long-lasting prosthetic restoration in the oral cavity and to limit the flow of bacteria to the pulp, it is necessary to ensure the best possible marginal integrity, which is why the accuracy of adhesion of the restoration to the crown preparation is of such great clinical significance.<sup>12</sup>

w celu wykonania koron. W pierwszej grupie przygotowano skany opracowanych zębów przy użyciu CEREC Omnicam (Sirona, Germany), korzystając z oprogramowania CEREC SW 4.4 (Sirona, Germany) zaprojektowano korony, które zostały wykonane z bloczków (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) przy użyciu frezarki (CEREC MC XL, Sirona) oraz poddane krystalizacji w specjalnym piecu (Programat CS2, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). W drugiej grupie badawczej zostały pobrane tradycyjne wyciski silikonowe, wykonano modele gipsowe a następnie woskowe formy koron (Geo classic opak, Renfert, Germany). Metodą traco-nego wosku oraz tłoczenia na gorąco wykonano dwukrzemowo-litowe (IPS e.max press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) uzupełnienia. Obserwacje mikroskopowe zostały przeprowadzone przy użyciu 200x powiększenia w 25 miejscach łączenia każdej z koron z preparowanymi wcześniej tkankami. Pomiarzy pozwoliły ustalić iż obie metody pozwalają na wykonanie odbudowy z akceptowalną klinicznie szczelnością brzezną. Korony wykonane tradycyjną metodą wykazywały statystycznie istotnie lepszą adaptację brzezną (38 $\mu\text{m}$ ) niż te wykonane w systemie CAD/CAM (48 $\mu\text{m}$ ).<sup>19</sup>

Powyższa praca przedstawia badania *in vitro* porównujące szczelność brzezną ceramicznych uzupełnień protetycznych wykonanych z zastosowaniem tradycyjnego wycisku oraz wykorzystujących w całym cyklu technologię CAD/CAM. Mimo powszechnego stosowania technologii cyfrowych oraz ciągłego rozwoju materiałów i procedur laboratoryjnych<sup>20</sup>, w analizowanych w tej pracy badaniach nie wykazano jednoznacznie, czy pozwalają one uzyskać bardziej szczelne uzupełnienie protetyczne. Lekarze klinicyści wciąż poszukują odpowiedzi na to pytanie, gdyż nieprawidłowe przyleganie stałego uzupełnienia do opracowanych tkanek zęba może powodować ekspozycję cementu łączącego na środowisko jamy ustnej. To



Each technique presented in the described studies (heat-press and CAD/ CAM) has its limitations. When an impression is taken, it has to be transported to the laboratory, subjecting it to different temperatures, which may affect its dimensions.<sup>19</sup> Additionally, the time between taking the original impression and the model casting, surface moisture and disinfection can adversely affect the proper shape of the cast.<sup>22,23</sup> Application of an isolating dye, making a wax model and heat-pressing porcelain into a mould can also cause errors.<sup>24,25</sup> CAD/CAM technology eliminates errors related to transport and imperfections of impression materials. However, it is dependent on software limitations: scanners and milling machines. In addition, the quality and experience of the system operator influences the quality of the restorations made using CAD/CAM technology.<sup>5</sup>

All of the presented results allowed establishing a clinically acceptable size of the differences in marginal integrity. However, *Azar et al.* believe that these values are still too high when the molecular and bacterial level is considered.<sup>19</sup>

## Summary

Six studies that met the search criteria have been described. All of them compared ceramic restorations made in the CAD/CAM system with those made by heat-pressing the ceramic mass to the mould. The results of the three presented studies indicate a better marginal adhesion to the abutment tooth made in the CAD/CAM system.<sup>14,16,17</sup> However, only the studies by *Yüksel et al.* show statistically significant results.<sup>17</sup> Another study proved the statistically significant superiority of the Cerec system over ED4; however, the difference in marginal seal of restorations made of IPS E.max CAD for CEREC and IPS E.max Press ceramics has not been shown to be statistically significant.<sup>18</sup> *Guess et al.* also did

natomiast może wpływać na rozpuszczanie materiału łączącego i powstawanie mikroprzecieku. Jest to klinicznie niedostrzegalny fenomen przepływu płynów, bakterii, cząsteczek i jonów pomiędzy ścianą ubytku a materiałem wypełniającym.<sup>21</sup> W celu długoczasowego użytkowania uzupełnienia protetycznego w jamie ustnej oraz ograniczenia przepływu bakterii do miazgi należy zapewnić jak najlepszą adaptację brzeżną, dlatego dokładność przylegania uzupełnienia do filaru ma tak duże znaczenie kliniczne.<sup>12</sup>

Każda z przedstawionych w opisywanych badaniach technik (tłoczenia i CAD/CAM) ma swoje ograniczenia. Metoda, w której wykonywany jest wycisk wymaga jego transportu do laboratorium, poddania go różnym temperaturom, co może wpływać na zmianę wymiarów.<sup>19</sup> Ponadto czas pomiędzy wykonaniem wycisku a odlaniem modelu, wilgotność powierzchni oraz dezynfekcja mogą działać niekorzystnie na zachowanie właściwych kształtów odlewu.<sup>22,23</sup> Aplikacja barwnika izolującego, wykonanie modelu woskowego oraz tłoczenie masy porcelanowej do formy może także być przyczyną powstających błędów.<sup>24,25</sup> Technologia CAD/CAM pozwala na wyeliminowanie błędów związanych z transportem i niedoskonałością materiałów wyciskowych. Jednakże jest ona zależna od ograniczeń oprogramowania: skanerów i frezarek. Ponadto na jakość uzupełnień wykonanych w technologii CAD/CAM ma wpływ doświadczenie i sprawność operatora systemu.<sup>5</sup>

Wszystkie z przedstawionych wyników pozwalały ustalić klinicznie akceptowalną wielkość rozbieżności szczelności brzeżnej. Jednakże *Azar i wsp.* uważają, że są to wciąż zbyt duże wartości jeżeli bierze się pod uwagę poziom molekularny i bakteryjny.<sup>19</sup>

## Podsumowanie

Opisano sześć badań, które spełniały kryteria wyszukiwania. Wszystkie porównywały uzupełnienia ceramiczne wykonywane

not find any differences between the marginal adaptation of the studied restorations made of heat-pressed ceramics and produced in the CAD/CAM system.<sup>5</sup> Different results were obtained by *Azar et al.*, showing statistically significant differences of marginal integrity of crowns made in the CAD/CAM system in comparison to those made of heat-pressed ceramics, in favour of the traditional method using the impression.<sup>19</sup>

The studies analysed in this article had the most similar methodology available in the Medline database. However, significant variations in the presented results may be due to differences used during the preparation of teeth, laboratory performance, selection of bonding systems and cements as well as the assessment of their marginal integrity. It is also important to remember that *in vitro* studies cannot be uncritically transferred to everyday clinical practice. The oral environment significantly hinders the preparation of abutments for prosthetic restorations and changes the conditions of transferring the clinical situation to the laboratory by means of impressions or scans. The perfect blending of hard dental structures and ceramic tissues may not be achievable; however, technologies should be further perfected to improve the clinical outcome.<sup>19</sup>

w systemie CAD/CAM z uzupełnieniami wykonywanymi metodą tłoczenia masy ceramicznej do formy. Wyniki trzech przedstawionych badań stwierdzają lepsze przyleganie brzeżne do filaru uzupełnień wykonanych w systemie CAD/CAM.<sup>14,16,17</sup> Jednakże tylko badania *Yüksel i wsp.* wykazały istotność statystyczną wyników.<sup>17</sup> Kolejne badanie udowodniło statystycznie istotną wyższość systemu Cerec nad ED4, jednak nie wykazano istotnej statystycznie różnicy szczelności uzupełnień wykonanych z ceramiki IPS E.max CAD for CEREC i IPS E.max Press.<sup>18</sup> *Guess i wsp.* również nie wykazali różnic pomiędzy adaptacją brzeżną badanych uzupełnień wykonanych z ceramiki tłoczonej oraz wytwarzanych w systemie CAD/CAM.<sup>5</sup> Odmienne wyniki uzyskał *Azar i wsp.*, przedstawiając statystycznie istotne różnice szczelności brzeżnej koron wykonanych w systemie CAD/CAM w porównaniu z wykonanymi z ceramiki tłoczonej, na korzyść tradycyjnej metody z wykorzystaniem wycisku.<sup>19</sup>

Analizowane w pracy badania miały najbardziej zbliżoną metodologię spośród dostępnych w bazie Medline. Jednakże, znaczące różnice przedstawionych wyników mogą być spowodowane odmiennosciami stosowanymi zarówno podczas preparacji zębów, wykonawstwa laboratoryjnego, wyboru systemów łączących oraz cementów, jak i oceny ich szczelności brzeżnej. Należy również pamiętać o tym, iż badania *in vitro* nie mogą zostać jednoznacznie przeniesione do codziennej praktyki klinicznej. Środowisko jamy ustnej znacznie utrudnia preparację filarów do uzupełnienia protetycznego oraz zmienia warunki przeniesienia sytuacji klinicznej do laboratorium za pomocą wycisków czy skanów. Idealne połączenie twardych tkanek zęba z ceramiką może nie być osiągalne, jednakże technologie powinny być wciąż doskonalone, aby istniała możliwość poprawy uzyskiwanych efektów klinicznych.<sup>19</sup>

## References / Piśmiennictwo

1. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R: Digitally oriented materials: Focus on lithium disilicate ceramics. *Int J Dent* 2016; 9840594.
2. Çelik Köycü B, Imirzalioglu P, Özden UA: Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in inlay-restored mandibular first molar under simultaneous thermo-mechanical loads. *Dent Mater J* 2016; 35(2): 180-186.
3. Hopp CD, Land MF: Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review. *Clin Cosmet Investig Dent* 2013; 5: 21-32.
4. Vagropoulou GI, Klifopoulou GL, Vlahou SG, Hirayama H, Michalakis K: Complications and survival rates of inlays and onlays vs. complete coverage restorations: A systematic review and analysis of studies. *J Oral Rehabil* 2018; 17.
5. Guess PC, Vagopoulou T, Zhang Y, Wolkewitz M, Strube JR: Marginal and internal fit of heat pressed versus CAD/CAM fabricated all-ceramic onlays after exposure to thermomechanical fatigue. *J Dent* 2014; 42(2): 199-209.
6. Alaghemand H, Abolghasemzadeh F, Pakdel F, Chelan RJ: Comparison of Microleakage and Thickness of Resin Cement in Ceramic Inlays with Various Temperatures. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2014; 8(1): 45-50.
7. Ishii N, Maseki M, Nara Y: Bonding state of metal-free CAD/CAM onlay restoration after cyclic loading with and without immediate dentin sealing. *Dent Mater J* 2017; 36(3): 357-367.
8. Duddu MK, Muppa R, Panthula P, Srinivas NCh: Comparison of shear bond strength and micro-leakage of three commercially available seventh generation bonding agents in primary anterior teeth: An *in vitro* study. *J of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* 2015; 33(2): 116-121.
9. Vinay S, Shivanna V: Comparative evaluation of microleakage of fifth, sixth, and seventh generation dentin bonding agents: An *in vitro* study. *J of Conservative Dentistry* 2010; 13(3): 136-140.
10. Sagsoz O, Yildiz M, Hojjat Ghahramanzadeh ASL, Alsaran A: *In vitro* Fracture Strength and Hardness of Different Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing Inlays. *Niger J Clin Pract* 2018; 21(3): 380-387.
11. Chougule KJ, Wadkar AP: An *In vitro* Comparative Evaluation of Flexural Strength of Monolithic Zirconia after Surface Alteration Utilising Two Different Techniques. *J Clin Diagn Res* 2017; 11(8): 20-23.
12. Papadiochou S, Pissiotis AL: Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J of Prosthetic Dentistry* 2018; 119(4): 545-551.
13. Joda T, Zarone F, Ferrari M: The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. *BMC Oral Health* 2017; 17: 124.
14. Riccitiello F, Amato M, Leone R, Spagnuolo G, Sorrentino R: *In vitro* Evaluation of the Marginal Fit and Internal Adaptation of Zirconia and Lithium Disilicate Single Crowns: Micro-CT Comparison Between Different Manufacturing Procedures. *Open Dent J* 2018; 12: 160-172.
15. Björn AL, Björn H, Grkovic BL: Marginal fit of restorations and its relation to periodontal bone level. II. Crowns. *Odontol Revy* 1970; 21(3): 337-346.
16. Demir N, Ozturk AN, Malkoc MA: Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the microcomputed tomography (micro-CT) technique. *Eur J Dent* 2014; 8(4): 437-444.
17. Yüksel E, Zaimoğlu A: Influence of marginal

- fit and cement types on microleakage of all-ceramic crown systems. *Braz Oral Res* 2011; 25(3): 261-266.
18. *Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Carneiro TAPN, Zancopé K, Davi LR, Mendoça G, Cooper LF, Soares CJ*: Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet Dent* 2014; 112(5): 1134-1140.
19. *Azar B, Eckert S, Kunkela J, Ingr T, Mounajjed R*: The marginal fit of lithium disilicate crowns: Press vs. CAD/CAM. *Braz Oral Res* 2018; 32: 1-7.
20. *Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC, Wirthman GP*: Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 357-36.
21. *Medić V, Obradović-Djuričić K, Dodić S, Petrović R*: *In Vitro* Evaluation of Microleakage of Various Types of Dental Cements. *Srp Arh Celok Lek* 2010; 138 (3-4): 143-149.
22. *Rodriguez JM, Bartlett DW*: The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies. *Dent Mater* 2011; 27(3): 253-258.
23. *Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT 2nd, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ*: Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont* 2002; 11(2): 98-108.
24. *Campagni WV, Preston JD, Reisbick MH*: Measurement of paint-on die spacers used for casting relief. *J Prosthet Dent* 1982; 47(6): 606-611.
25. *Gorman CM, McDevitt WE, Hill RG*: Comparison of two heat-pressed all-ceramic dental materials. *Dent Mater* 2000; 16(6): 389-395.
- Zaakceptowano do druku: 18.10.2018 r.  
Adres autorów: 02-006 Warszawa, ul. Nowogrodzka 59.  
© Zarząd Główny PTS 2018.