



Agata Prylińska – Czyżewska

**Wpływ sposobów przygotowania podbudowy cyrkonowej
na siłę wiązania ze szkliwem i zębina
przy zastosowaniu różnych cementów**

ROZPRAWA NA STOPIEŃ DOKTORA NAUK MEDYCZNYCH

Promotor:

Dr hab. n. med. Paweł Piotrowski

Klinika Rehabilitacji Narządu Żucia Uniwersytetu Medycznego

Im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznań 2012

Spis skrótów

CF – cement cynkowo-fosforanowy

PC – cement cynkowo-polikarboksylowy

EL – cement adhezyjny Eco-Link

PN – cement adhezyjny Panavia F 2.0

CL – cement adhezyjny Clerfil SA

MC – cement adhezyjny Max-Cem Elite

GC – cement szkłoionomerowy Fuji Plus

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp	5
2.	Przegląd piśmiennictwa	7
3.	Cel pracy	16
4	Materiał i metody	17
4. 1.	Materiał	17
4. 2.	Metody przygotowania zębów do badań	17
4. 3.	Metody przygotowania próbek ceramiki do badań	19
4. 4.	Metody badań laboratoryjnych	21
4. 5.	Metody łączenia próbek cyrkonowych z zębami bydlęcymi w zależności od zastosowanego cementu	22
4. 6.	Ocena rodzaju przełomów oraz pozostałego na powierzchni twardych tkanek zębów bydlęcych cementu	29
4. 7.	Metody analizy statystycznej	31
5.	Wyniki badań laboratoryjnych	32
5. 1.	Wyniki badań porównawczych wpływu przygotowania powierzchni podbudowy cyrkonowej na siłę wiązania ze szkliwem zębów bydlęcych w teście na ścinanie	32
5. 2.	Wyniki badań porównawczych wpływu przygotowania powierzchni podbudowy cyrkonowej na siłę wiązania z zębina zębów bydlęcych w teście na ścinanie	47
5. 3.	Wyniki badań porównawczych wpływu cementu na siłę wiązania pomiędzy podbudową cyrkonową a szkliwem zębów bydlęcych w teście na ścinanie.....	55

5. 4.	Wyniki badań porównawczych wpływu cementu na siłę wiązania pomiędzy podbudową cyrkonową a zębina zębów bydłych w teście na ścinanie.....	70
5. 5.	Wyniki badań porównawczych siły wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa i zębiny w teście na ścinanie	75
5. 6.	Wyniki analizy powierzchni przełomów oraz wskaźnika ilościowego i jakościowego pozostawionego cementu na powierzchni twardych tkanek zębów bydłych	78
6.	Omówienie wyników i dyskusja	87
7.	Wnioski	95
8.	Streszczenie	96
9.	Summary	98
10.	Piśmiennictwo	100
11.	Spis rycin	111
12.	Spis tabel	112

1. WSTĘP

Estetyka jest bardzo ważnym aspektem stomatologii odtwórczej który obecnie może, przy dostępności coraz doskonalszych materiałów oraz technologii ich przetwarzania być spełniony w stopniu satysfakcjonującym zarówno dla pacjenta jak i lekarza. Pacjenci pod wpływem kreowanego w mediach wizerunku tzw. „idealnego białego uśmiechu” są w pełni świadomi tych możliwości i oczekują od lekarza spełnienia swych pragnień.

Stąd coraz większą popularność zyskują uzupełnienia pełnoceramiczne, które charakteryzują się nie tylko lepszą estetyką w porównaniu z uzupełnieniami metalowo – ceramicznymi, lecz także znacznie większą biogodnością.

Ilość aktualnie dostępnych na rynku systemów pełnoceramicznych jest dość duża, stąd wybór tego, który najlepiej spełni warunki wymagane w konkretnej sytuacji klinicznej bywa często trudny. Jak wiadomo w środowisku jamy ustnej uzupełnienia protetyczne są poddawane ciągłym obciążeniom, które mogą być przyczyną pęknięć lub złamań (2). Zdaniem Gerlacha i Nussbauma (30) wielkość siły żucia w obrębie zębów przednich wynosi około 250 N, a w bocznym odcinku łuku zębowego około 500 N. Natomiast Waltimo i wsp. (97) uważają, że wielkość sił wyzwalanych podczas żucia w okolicy zębów trzonowych może nawet osiągać wartość 847 N. Dlatego też celem zapewnienia odpowiedniej trwałości konstrukcji protetycznej, zwłaszcza w bocznym odcinku łuku zębowego, materiał z którego jest ona wykonana powinien posiadać wytrzymałość rzędu co najmniej 1000 N (1). Według Ahmada (2) ceramiki na bazie dwutlenku cyrkonu stabilizowanego itrem są w stanie wytrzymać obciążenia okluzyjne wynoszące nawet 2500 N. Wydaje się zatem, że są one najbardziej przydatne w wykonawstwie konstrukcji protetycznych uzupełniających braki w obszarze zębów przedtrzonowych i trzonowych.

W piśmiennictwie coraz częściej pojawiają się doniesienia (88, 94) sugerujące, że protezy stałe wykonane z dwutlenku cyrkonu nie wymagają kondycjonowania powierzchni

uzupełnienia kontaktującej się z zębem filarowym jak również, iż można je osadzać nie tylko w sposób adhezyjny, lecz za pomocą cementów tradycyjnych. Dlatego też istotne było wyjaśnienie czy i jaki rodzaj kondycjonowania powierzchni ceramiki cyrkonowej ma wpływ na siłę wiązania ze szkliwem i zębina. Ze względów klinicznych natomiast ważne było sprawdzenie czy cementy konwencjonalne zapewniają siłę połączenia dwutlenku cyrkonu z zębami filarowymi porównywalną z cementami adhezyjnymi.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

Pojawiające się coraz częściej doniesienia o właściwościach alergizujących stopów metali, w tym także tytanu (57, 73, 90, 91), spowodowały, że coraz większą popularność zyskują pełnoceramiczne uzupełnienia protetyczne. Związane jest to nie tylko z ich doskonałą estetyką, trwałością koloru i wysoką odpornością mechaniczną ale również z wysokim stopniem biozgodności. Uzupełnienia te mocowane są na zębach filarowych za pomocą niewielkiej ilości materiału łączącego przez co występujący w nim skurcz polimeryzacyjny jest mało znaczący w aspekcie praktyki klinicznej. Stosowane do cementowania ceramiki materiały charakteryzują się również dobrą adhezją do tkanek zęba co wydatnie poprawia trwałość uzupełnienia (76).

W wykonawstwie protez stałych stosuje się różne rodzaje ceramiek dentystycznych oraz technologie ich przetwarzania. Pod względem składu chemicznego wyróżnia się następujące rodzaje porcelany (54): ceramika skaleniowa na bazie szpatu polnego (krzemian glinu), ceramika leucytowa na bazie glinokrzemianu potasu, ceramika na bazie dwukrzemianu litu, ceramika szklana na bazie fluoroaminy czterokrzemowej oraz ceramika na bazie trójtlenku glinu i dwutlenku cyrkonu. Natomiast w oparciu o procedury wytwarzania ceramiki dzielimy je na : spiekane, lane, tłoczone, szlifowane oraz przetwarzane w technologii CAD / CAM (7).

Tradycyjna ceramika skaleniowa charakteryzuje się zadawalającą estetyką ze względu na zbliżoną do tkanek twardych zęba barwę oraz transparencję (20, 55, 63). Jej niejednorodna struktura wewnętrzna składa się z dwóch faz; fazy krystalicznej oraz fazy szklistej. Odmienne współczynniki rozszerzalności termicznej tych faz powodują, że podczas wypalania kurczą się one w różnym stopniu. Prowadzi to do znacznej koncentracji naprężeń na ich granicy (20), a w następstwie do mikropęknięć w wewnętrznej strukturze ceramiki. Kliniknym efektem tego zjawiska mogą być odpryski lub odłamywanie się fragmentów uzupełnienia protetycznego.

Badania prowadzone nad możliwością zwiększenia odporności ceramiek wielofazowych na pęknięcia wykazały, że dodanie kryształów leucytu, dwukrzemianu litu, lub fluoroaminy czterokrzemowej, powoduje blokowanie rozprzestrzeniających się pęknięć (20).

Odmienne skład chemiczny poszczególnych rodzajów ceramiki dentystycznej powoduje, że uzyskanie właściwej adhezji z materiałem łączącym wymaga zastosowania odpowiedniego sposobu kondycjonowania powierzchni uzupełnienia przylegającej do zęba filarowego. W przypadku konstrukcji wykonanych z ceramiki krzemowej (skaleniowa, szklana, wzmocniana leucytem i dwukrzemianem-litu) najkorzystniejszym sposobem uzyskania powyższego celu jest trawienie wewnętrznej powierzchni porcelany kwasem fluorowodorowym (HF) z następną silanizacją (29, 34, 45). Wytworzone pod wpływem trawienia porowatości umożliwiają uzyskanie mikromechanicznego połączenia z cementem (32, 52). Ponadto proces ten przyczynia się do oczyszczenia powierzchni oraz poprawia jej zwilżalność (63). Uzyskany w wyniku trawienia wzór retencyjny jest uzależniony nie tylko od rodzaju ceramiki, lecz także od czasu i stężenia aplikowanego na jej powierzchnię kwasu fluorowodorowego (80, 87, 93). Przeprowadzone przez Sokołowskiego i wsp. oraz Łapińską i wsp. (49, 89) badania w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) połączone z oceną profilometryczną wykazały, że wraz z wydłużaniem czasu trawienia na powierzchni ceramiek krzemionkowych pojawia się większa ilość chropowatości, a tym samym wzór trawienia staje się bardziej retencyjny. Zdaniem tych samych autorów siła połączenia poddanych badaniu ceramiek z materiałem kompozytowym zależy zarówno od składu chemicznego jak i struktury określonej ceramiki. Nieco inną opinię prezentują Shimada i wsp. (86) którzy wykazali, że w przypadku ceramiki na bazie fluoroaminy powstająca na jej powierzchni po procesie wypalania warstwa szklista przyczynia się do poprawy właściwości mechanicznych i dlatego nie powinno się jej usuwać ze względu na możliwość negatywnego wpływu na siłę wiązania. Opinia ta jest jednak odosobniona i nie potwierdzają jej doniesienia innych

autorów (32, 45). Po zakończonym procesie trawienia uzupełnienie należy oczyścić z pozostałości kwasu i zdemineralizowanych soli krzemowo-fluorowych za pomocą ultradźwięków w obojętnym roztworze detergentu lub w 96 % alkoholu izopropylowym przez okres 3 minut. Zdaniem niektórych autorów (86) pominięcie tej procedury może zakłócać proces wiązania pomiędzy wytrawioną powierzchnią ceramiki a silanem, ze względu na obecność fluoru w zagłębieniach mikroretencyjnych.

O poprawności przeprowadzonego procesu trawienia świadczy zdaniem Gürella (32) powstanie równomiernie nieprzezierną powierzchnią ceramiki. Zdaniem tego autora testem sprawdzającym dokładność wykonanego zabiegu może być naniesienie kropli wody na powierzchnię porcelany, która w przypadku właściwego wytrawienia ceramiki rozplywa się nie pozostawiając plam.

Stosowana powszechnie w kondycjonowaniu dozębowej powierzchni metalowych elementów retencyjnych mostów adhezyjnych obróbka strumieniowo – ścierna nie jest ze względu na znaczną abrazję ceramiki krzemowych oraz możliwość inicjacji mikropęknięć polecana jako sposób retencyjnego przygotowania ich powierzchni (17, 70).

Dla uzyskania zadawalającego połączenia chemicznego pomiędzy żywicą łączącą a wytrawioną ceramiką, konieczne jest poddanie porcelanowej powierzchni procesowi silanizacji (34, 43, 56). W tym celu nanosi się na jej powierzchnię Silan, który jest związkiem krzemooorganicznym (3 – metakryloksypropylotrimetoksylsilan) posiadającym dwie grupy funkcyjne, metakrylową i metylową. Proces silanizacji przebiega w dwóch etapach. W pierwszym z nich Silan zostaje przekształcony w silanol, który tworzy na powierzchni nieorganicznego substratu powłokę o grubości od 5 do 20 nm. W drugim natomiast pod wpływem temperatury lub katalizatora grupy metylowe (-OCH₃) ulegają hydrolizie do grup hydroksylowych (-OH), które poprzez kowalencyjne mosty tlenowe oraz wiązania wodorowe (słabe niekowalencyjne) łączą się z nieorganicznym substratem

(35, 36, 83). Natomiast grupy metakrylowe wchodzą w reakcję z analogicznymi grupami cementu kompozytowego.

W przypadku ceramiki na bazie trójtlenku glinu i dwutlenku cyrkonu zastosowanie trawienia kwasem fluorowodorowym nie doprowadzi do powstania mikroretencji, ponieważ materiały te stanowiąc monofazę nie zawierają w swym składzie krzemu. Zdaniem Kim (47) piaskowanie tych ceramiki w niewielkim stopniu wpływa na wzrost siły wiązania z cementem kompozytowym. Jednak w opinii większości autorów (42, 43, 46). dozębowa powierzchnię protez stałych wykonanych z trójtlenku glinu należy w celu uzyskania zadawalającej retencji poddać piaskowaniu tlenkiem glinu o średnicy ziarna $50\mu\text{m}$ przez okres 15 sekund pod ciśnieniem 2,5 bara z odległości 10 mm (98). Zdaniem Piwowarczyka i wsp. (71) proces ten przyczynia się nie tylko do powstania lepszego połączenia mikromechanicznego, lecz również oczyszcza i aktywuje powierzchnię.

Duarte i wsp. (26, 27) uważają natomiast, że abrazja ścierna ceramiki cyrkonowej tlenkiem glinu może powodować mikropęknięcia, które obniżają jej wytrzymałość. Autorzy Ci zamiast piaskowania proponują modyfikację powierzchni cyrkonowych przy pomocy materiału Zi Unite / Nobel Bond (Nobel Biocare, Szwecja). Nobel Bond stanowi mieszaninę proszku ceramiki cyrkonowej oraz niesprecyzowanego przez producenta preparatu wytwarzającego retencję mechaniczną w postaci mikroporów. Materiałem tym pokrywa się dozębowa powierzchnię wyfrezowanej podbudowy, która po procesie syntezy charakteryzuje się szorstkością i porowatością (26, 27). Zdaniem wymienionych autorów tak kondycjonowana powierzchnia cyrkonu posiada wygląd „rafy koralowej” z mikroporowatościami o szerokości $7,3 - 10,4\ \mu\text{m}$ oraz głębokości $1,6 - 26,2\ \mu\text{m}$. Pozwala to na penetrację do wytworzonych zagłębień cementów kompozytowych (86, 87). Phark i wsp. (65) badali w warunkach laboratoryjnych siłę połączenia ceramiki cyrkonowej Procera Zirconia kondycjonowanej materiałem Zi Unite oraz tlenkiem glinu o dwóch średnicach ziarna; $50\ \mu\text{m}$ i $110\ \mu\text{m}$ z żywicą

kompozytowa TPH-3. Zastosowali następujące cementy adhezyjne Panavia F 2.0, Rely X ARC i Rely X Unicem oceniając siłę wiązania w dwóch funkcjach czasu. Najlepsze wyniki uzyskali dla powierzchni modyfikowanej preparatem Zi Unite (20,01 MPa) oraz piaskowanej tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm (18,51 MPa) i łączonych cementem kompozytowym Panavia F 2.0 po trzydniowym przechowywaniu próbek w wodzie destylowanej. Jednak wartości te uległy znacznemu obniżeniu po 90 – dniowym składowaniu próbek w wodzie destylowanej oraz przeprowadzonym procesie termocyklingu obniżając siłę wiązania do poziomu 12,20 MPa (Zi Unite) oraz 7,98 MPa po zastosowaniu tlenku glinu o średnicy ziarna 50 μm .

Proponowany przez tych autorów sposób kondycjonowania powierzchni cyrkonu jest obecnie w fazie doświadczeń kliniczno – laboratoryjnych i wyciągnięcie ostatecznych wniosków odnośnie przydatności klinicznej będzie możliwe po uzyskaniu wyników badań długoterminowych.

Innym sposobem poprawy siły wiązania pomiędzy ceramiką cyrkonową, a żywicami kompozytowymi jest kliniczny odpowiednik metody Silicoauter, znany jako Pyrosil – Pen lub Silano – Pen (35, 94). Jest to palnik gazowy wielkości wiecznego pióra napełniany mieszaniną butanu z tetraetoxysilanem. Po otwarciu palnika mieszanka gazowa zawierająca silan zostaje zapalona przez urządzenie piezoelektryczne, po czym płomień zostaje skierowany na powierzchnie metalu lub ceramiki, przez okres 5 sek. / cm^2 . Podczas działania płomienia zawarty w gazie silan osadza się w postaci warstwy krzemianowej na powierzchni substratu (94). Następnie tak przygotowaną powierzchnię powleka się preparatem Sur A Link, (3- Metakryloyloxypropylo-trimetoxy-silan w roztworze organicznym), który chemicznie łączy się zarówno z warstwą krzemianową, jak i aplikowanym w dalszej kolejności materiałem łączącym. Badania prowadzone nad tym problemem przez Jandę i wsp. (35) wykazały, że zastosowanie Pyrosil – Pen nie wpływa znacząco na poprawę siły wiązania

między tlenkiem cyrkonu, z żywicą kompozytową. Według tych autorów uzasadnione natomiast wydaje się kondycjonowanie tą techniką powierzchni ceramik na bazie trójtlenku glinu. Dla sformułowania ostatecznych wniosków co do klinicznej przydatności omawianej technologii konieczne są jednak dalsze badania *in vitro* oraz *in vivo* (35).

Derand i wsp. (24) badając różne sposoby przygotowania powierzchni podbudowy cyrkonowej Procera All Ceram porównali cztery sposoby postępowania: grupa I bez kondycjonowania powierzchni, grupa II pokrycie ceramiki silanem Ultradent, grupa III na powierzchni podbudowy napyłano plazmę RF (hexametyldisiloxane 13,56 MHz) w reaktorze elektronicznym oraz grupa IV pokrycie cyrkonu proszkiem porcelany niskotopliwej Duceratin w temperaturze 720° C z próżnią. W tej ostatniej grupie powleczono dodatkowo powierzchnię silanem, a następnie łączono próbki za pomocą cementu kompozytowego Variolink II z kompozytem Charisma. Najwyższe wartości sił ścinających po godzinnym przetrzymywaniu próbek na powietrzu uzyskano w tym doświadczeniu dla próbek z napaloną porcelaną Ducerin i silanem (18,4 MPa), a najniższe dla próbek grup w których powierzchnia cyrkonu nie została poddana kondycjonowaniu (0,8 MPa).

Zarówno w literaturze krajowej, jak i zagranicznej, opisywane są bardzo korzystne właściwości ceramiki cyrkonowej w porównaniu z innymi rodzajami materiałów stosowanych w protetyce stomatologicznej (4, 8, 13, 16, 23, 31, 34, 41, 44, 51, 59, 63, 83, 95, 102).

Dwutlenek cyrkonu jest związkami polimorficznym, występującym w trzech formach krystalograficznych (18, 20, 39, 53 66). W temperaturze poniżej 1170° C krystalizuje w układzie jednoskośnym (monocyklicznym), w zakresie temperatur pomiędzy 1170° C a 2370° C przyjmuje postać tetragonalną, a w przedziale 2370° C a 2716° C formę kubiczną. Natomiast powyżej temperatury 2716° C ulega stopieniu (39).

Fenomen dwutlenku cyrkonu polega na transformacji z metastabilnej fazy tetragonalnej do stabilnej fazy jednoskośnej, pod wpływem pojawiającego się naprężenia (20, 35, 55).

Procesowi temu towarzyszy miejscowy wzrost objętości ziaren w granicach 3 – 5 %, powodując blokadę rozprzestrzeniających się pęknięć w strefie przemiany. Stąd ten rodzaj transformacji jest często w literaturze określany jako „transformacja wzmacniająca” lub „indukowana naprężeniem” (20, 35, 55) i jest to szczególny mechanizm odpowiadający za bardzo dobre właściwości mechaniczne dwutlenku cyrkonu. Celem utrzymania zadawalających właściwości fazy tetragonalnej również w temperaturze pokojowej dodaje się do niej tlenki itru, ceru lub wapnia (20, 35, 55). We współczesnych ceramikach przeznaczonych do frezowania dwutlenek cyrkonu jest stabilizowany 3 molami procentowymi itru, stąd bywa określany w literaturze jako 3Y-TZP (ang. Yttrium Stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystals).

Zdaniem Kosmac i wsp. (48) korzystniejsze w indukowaniu tego typu transformacji jest stosowanie obróbki strumieniowo-ścierniej. Zastosowanie tej techniki powoduje powstanie takiej strefy na głębokości około 0,3 μm . Odmienną opinię opublikował Zhang (99, 100, 101), według którego piaskowanie wpływa niekorzystnie na odporność poddanej obciążeniom ceramiki cyrkonowej stabilizowanej itrem.

Większość autorów (9, 45) poleca przygotowanie powierzchni protez stałych przylegającej do zębów filarowych za pomocą piaskowania tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm . Zdaniem Borges i wsp. (10) ten sposób kondycjonowania jest korzystny jedynie dla takich ceramik jak IPS Empress, IPS Empress 2 oraz Cergogold. Natomiast Kim i wsp. (47) uważają, że zarówno obróbka strumieniowo – ścierna tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm jak i wytrawianie 4% kwasem fluorowodorowym ma niewielki wpływ na zmianę struktury powierzchni ceramiki cyrkonowej, a co za tym idzie nie powoduje zwiększenia siły wiązania pomiędzy podbudową cyrkonową, a cementem łączącym. Biorąc jednak pod uwagę możliwość uzyskania chemicznego połączenia pomiędzy strukturą cyrkonową a cementem korzystniejsze wydaje się zastosowanie systemu trybochemicznego CoJet (3M Espe,

Niemcy). W systemie tym ziarna tlenku glinu wzbogaconego dwutlenkiem krzemu, wynoszące zaledwie 30 μm powodują jedynie powierzchniowe schropowacenie struktury cyrkonu. Ponadto wbudowanie w warstwę cyrkonu dwutlenku krzemu prowadzi do powstania grup Si-OH, łączących się chemicznie poprzez kowalencyjne mosty tlenowe z hydrofilnymi grupami nałożonego na wypiaskowaną powierzchnie silanu. Jednocześnie jego grupy hydrofobowe tworzą trwałe połączenie z analogicznymi grupami cementu kompozytowego (35). Zdaniem Atsu i wsp. (6) użycie systemu Co-Jet wraz z następową silanizacją preparatem Clearfil Porcelain Bond Activator oraz zastosowaniem bondingu zawierającego monomer MDP (Clearfil Liner Bond 2V Primer) w znacznie wyższym stopniu poprawia siłę wiązania ceramiki cyrkonowej z cementami kompozytowymi, aniżeli zastosowanie obróbki strumieniowo-ściernej za pomocą tlenku glinu o średnicy ziarna 125 μm .

Kern i wsp. (46) zbadali laboratoryjnie siłę połączenia ceramiki cyrkonowej stabilizowanej itrem (BCE Special Ceramics) kondycjonowanej tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm , a także przy użyciu systemów Rocatec i Kevloc z zastosowaniem czterech różnych cementów. Próbkę przechowywano następnie w wodzie destylowanej o temperaturze 37° C przez okres 3 dni oraz 150 dni i następowym termocyklingu (37 500 cykli). Najlepsze wyniki uzyskano w tych badaniach dla cementów kompozytowych Panavia Ex (49,7 MPa) i Panavia Ex 21 (46,0 MPa), zarówno po trzech dniach jak i 150 dniach obserwacji, pomimo nieznacznego obniżenia wartości do poziomu 39,8 MPa i 37,4 MPa. Autorzy uznają, że otrzymane rezultaty badań pozwalają na stwierdzenia, że piaskowanie podbudowy cyrkonowej tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm w połączeniu z zastosowaniem żywicy kompozytowej zawierającej monomer MDP, jakim jest Panavia, zapewnia zdecydowanie większą siłę wiązania, aniżeli konwencjonalne cementy oparte na bazie Bis-GMA oraz cementy glasionomerowe modyfikowane żywicą. Podobnego zdania są również Wolfart i wsp. (98), którzy badali siłę wiązania cementów kompozytowych Variolink II i Panavia F z ceramiką

cyrkonową kondycjonowaną trzema różnymi sposobami w dwóch funkcjach czasu. Po 3 dniach przetrzymywania próbek w wodzie destylowanej o temperaturze 37° C najwyższą siłę wiązania bez względu na sposób przygotowania powierzchni cyrkonu, uzyskali dla Panavii F (18,7 Mpa, 32,1 MPa, 45,0 MPa). Wartość ta przekraczała o 50 % - 150 % analogiczne wartości zarejestrowane dla Variolinku II (11,0 Mpa, 9,0 Mpa, 16,6 MPa). Natomiast po 150 dniach i procesie termocyklingu dla wszystkich grup poddanych badaniu z wyjątkiem próbek w których powierzchnię cyrkonu piaskowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 µm i łączono cementem kompozytowym Panavia F (39,2 MPa) zarejestrowano wartości zerowe.

Z literatury przedmiotu wynika, że większość niepowodzeń w pracy z ceramiką cyrkonową nie jest związana z właściwościami samego materiału, ale jest wynikiem zastosowania niewłaściwych technologii zarówno w procesie przygotowań laboratoryjnych jak i poszczególnych etapach pracy klinicznej (58). Aby ich uniknąć wskazane jest opracowywanie tego typu uzupełnień protetycznych za pomocą końcówki turbinowej z chłodzeniem wodnym oraz drobnoziarnistych wiertel diamentowych (55). Szlifowanie cyrkonu „na sucho” narzędziami o grubym nasypie jest znacznie szybsze, ale jednocześnie wytworzona podczas tego procesu duża ilość energii cieplnej oraz wyzwalone naprężenia prowadzą do przegrzania materiału i powstania głębokich defektów jego struktury. Efektem takiego postępowania jest również zmiana współczynnika rozszerzalności cieplnej w obrębie przegrzanego miejsca, co może skutkować odpryskiwaniem ceramiki licującej lub pękaniem podbudowy cyrkonowej (23, 43, 48). Ponieważ w dostępnej literaturze brak jest doniesień na temat siły połączenia ceramiki cyrkonowej ze szkliwem i zębina, wydaje się zasadne przeprowadzenie badań, które dostarczą odpowiedzi na to pytanie. Jest to również niezwykle istotne dla praktyki klinicznej, tym bardziej, iż ze względów estetycznych wzrasta ilość wykonywanych uzupełnień na podbudowie z dwutlenku cyrkonu.

3. CEL PRACY

Poprawa jakości połączenia pomiędzy strukturami protez stałych, a tkankami twardymi zęba jest fundamentalnym zagadnieniem współczesnej protetyki stomatologicznej. Połączenie to zależy zarówno od rodzaju zastosowanego cementu, jak również sposobu przygotowania powierzchni uzupełnienia protetycznego będącego w bezpośrednim kontakcie z zębem filarowym, dlatego też celem przeprowadzonych badań laboratoryjnych było:

1. Określenie, który ze sposobów kondycjonowania podbudowy cyrkonowej wpływa najkorzystniej na siłę połączenia ze szkliwem i zębina.
2. Ustalenie, który z wybranych cementów zapewnia najlepszą siłę wiązania podbudowy cyrkonowej do twardych tkanek zęba.
3. Porównanie siły wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa i zębiny w zależności od zastosowanego cementu.
4. Ocena rodzajów przełomów oraz pozostawionego na powierzchni twardych tkanek zębów bydlęcych cementu.

4. MATERIAŁ I METODY

4. 1. Materiał

Do badań użyto 490 świeżo usuniętych bydlęcych siekaczy dolnych pochodzących od zwierząt trzyletnich, z czego 350 przeznaczono do badań oceniających siłę wiązania ze szkliwem a 140 z zębina. Ponadto wybrano siedem różnych pod względem właściwości fizyko – chemicznych oraz sposobu wiązania cementów łączących podbudowę cyrkonową z tkankami twardymi zęba (Tabela I).

Tabela I. Rodzaje cementów używanych do połączenia podbudowy cyrkonowej ze szkliwem i zębina zębów bydlęcych.

Cement	Producent
cement cynkowo - fosforanowy	Harvard Dental International GmbH
cement cynkowo - polikarboksyłowy	Harvard Dental International GmbH
Eco – Link	Ivoclar - Vivadent
Panavia F 2.0	Kuraray Medical Inc.
Clearfil SA Cement	Kuraray Medical Inc.
Max – Cem Elite	Kerr
GC Fuji Plus	GC Corporation

4. 2. Metody przygotowania zębów do badań.

Bezpośrednio po ekstrakcji usunięte zęby przechowywano w 2 % roztworze tymolu w temperaturze 4° C przez okres około 3 godzin. Po tym okresie czasu poddano je badaniu na obecność ukrytych ognisk demineralizacji za pomocą urządzenia Diagnodent 2095 (KaVo, Niemcy). Następnie przy pomocy skalpela usuwano pozostałości tkanek miękkich i

czyszczono ich powierzchnie przy pomocy pasty niezawierającej związków fluoru Clean Polish (Kerr, Szwajcaria). Tak przygotowane zęby po odcięciu korzenia zatapiano poziomo w szybkopolimeryzującej żywicy akrylowej Vertex Castapress (Vertex Dental, Holandia) w silikonowych foremkach o wymiarach 3 x 3 x 2 cm, w ten sposób aby wargowa powierzchnia siekaczy była równoległa do podstawy formy i wystawała ponad poziom tworzywa na wysokość 3 mm. Przed rozpoczęciem badań powierzchnie wargowe do których zamierzano mocować ceramikę cyrkonową na szkliwie, zeszlifowywano ręcznie papierem karborundowym o ziarnistości P 600, pod strumieniem bieżącej wody, w celu uzyskania równej i płaskiej powierzchni (Ryc. 1). W ten sposób uzyskano 350 zębów z przygotowaną powierzchnią szkliwa. Pozostałe 140 zębów szlifowano do takiej głębokości aby odsłonić powierzchnie zębiny



Ryc. 1. Ząb osadzony w żywicy akrylowej dla testu na ścinanie.

4. 3. Metody przygotowania próbek ceramiki do badań.

Odpowiednio do liczby objętych badaniami wytrzymałościowymi zębów wykonano z ceramiki cyrkonowej Cercon (Degu Dent, Niemcy) krążki o średnicy 6 mm i grubości 2 mm. W tym celu z wosku CAD /CAM wax (Aldente, Niemcy) modelowano w matrycy metalowej o wymiarach podanych powyżej wzorce krążków, które montowano w ramce do skanowania umocowanej za pomocą pałeczek woskowych w pionowym ramieniu paralelometru. Przed umieszczeniem konstrukcji w urządzeniu skanująco – frezującym (Cercon Brain) pokrywano ją srebrnym proszkiem celem uniknięcia niedokładności podczas skanowania. Z drugiej strony ramienia montowano odpowiednio dobraną do wielkości woskowego wzorca kostkę z nieutwardzonego cyrkonu Cercon base (Degu Dent, Niemcy), skanując wcześniej znajdujący się na jej powierzchni kod kreskowy. Po zakończonym procesie odczytu danych, komputer generował nowy powiększony kształt wzorca, celem zrekompensowania 30 % skurczu mającego miejsce podczas późniejszej synteryzacji. Po zakończonym procesie frezowania wyjmowano konstrukcje z ramki, odcinano kanały utrzymujące i ewentualnie korygowano kształt. Następnie wyfrezowane krążki umieszczano w piecu Cercon Heat (Degu Dent, Niemcy) i poddawano procesowi synteryzacji w temperaturze 1350° C przez okres 6 godzin. W procesie synteryzacji krążki uzyskiwały właściwą wielkość oraz wymagane parametry wytrzymałościowe.

Łącznie przygotowano 350 próbek dla szkliwa, w tym po 10 dla każdego z siedmiu cementów oraz czterech sposobów kondycjonowania powierzchni Cerconu (280 zębów) i grupy kontrolnej (70 zębów). W związku z tym iż w przypadku próbek szkliwa najlepsze wyniki uzyskano dla ceramiki kondycjonowanej piaskiem Rocatec Soft dla zębiny wykonano 140 próbek, po 10 dla każdego z siedmiu cementów (Tabela I) w grupie kontrolnej (70 zębów) oraz grupie eksperymentalnej (70 zębów). Dokładny podział na poszczególne grupy badawcze przedstawiają tabele II i III.

Przygotowane próbki przed wykonaniem badań wytrzymałościowych przechowywano przez okres 24 godzin w wodzie destylowanej o temperaturze 37° C.

Tabela II. Grupy badawcze poddane testom na ścinanie w zależności od zastosowanego materiału łączącego oraz sposobu kondycjonowania powierzchni Cerconu - szkliwo.

Rodzaj Cementu	Sposób przygotowania powierzchni Cerconu				
	Grupa kontrolna	Tlenek glinu 110 µm	Tlenek glinu 90 µm	Tlenek glinu 50 µm	Rocatec Soft 30 µm
Cynkowo-fosforanowy (CF)	CF - KS	CF - 110	CF - 90	CF - 50	CF – CJS
Cynkowo-polikarboksylowy (PC)	PC - KS	PC - 110	PC - 90	PC - 50	PC – CJS
Eco – Link (EL)	EL - KS	EL - 110	EL - 90	EL - 50	EL – CJS
Panavia F 2.0 (PN)	PN - KS	PN - 110	PN - 90	PN - 50	PN – CJS
Clearfil SA (CL)	CL - KS	CL - 110	CL - 90	CL - 50	CL – CJS
Max-Cem Elite (MC)	MC – KS	MC - 110	MC - 90	MC - 50	MC – CJS
Fuji Plus (GC)	GC – KS	GC - 110	GC - 90	GC - 50	GC – CJS

Tabela III Grupy badawcze poddane testom na ścinanie w zależności od zastosowanego materiału łączącego oraz sposobu kondycjonowania powierzchni Cercon - zębina.

Rodzaj cementu	Sposób przygotowania powierzchni Cerconu	
	Grupa kontrolna	Rocatec Soft 30 μm
Cynkowo-fosforanowy (CF)	CF – KZ	CF – CJZ
Cynkowo-polikarboksyłowy (PC)	PC – KZ	PC – CJZ
Eco – Link (EL)	EL – KZ	EL – CJZ
Panavia F 2.0 (PN)	PN – KZ	PN – CJZ
Clearfil SA (CI)	CL – KZ	CL – CJZ
Max-Cem Elite (MC)	MC – KZ	MC – CJZ
Fuji Plus (GC)	GC – KZ	GC – CJZ

4. 4. Metody badań laboratoryjnych – test na ścinanie.

Badania laboratoryjne przeprowadzono przy użyciu uniwersalnej maszyny testującej Hounsfield H5 KS (Wielka Brytania), stosując głowice o sile 5000 N oraz szybkość przemieszczania noża ścinającego wynoszącą 0,5 mm/min (Ryc. 2). Celem uniknięcia błędów poszczególnych pomiarów wynikających z ewentualnych nieznacznych różnic w średnicy cyrkonowych krążków, przed każdym badaniem mierzono je przy pomocy elektronicznej suwmiarki Absolute Digimatic Caliper (Mitutuyo Ltd, Wielka Brytania) z dokładnością do 0,01 mm, a odczytane wartości wprowadzano do komputera współpracującego z maszyną testującą.



Ryc. 2. Uniwersalna maszyna testująca Hounsfield H5 KS.

4. 5. Metody łączenia próbek cyrkonowych z zębami bydłęcymi w zależności od zastosowanego cementu łączącego.

W próbkach w których stosowano cement cynkowo – fosforanowy, powierzchnie szkliva i zębiny splukiwano wodą oraz osuszano wolnym od zanieczyszczeń olejem sprężonym powietrzem. Cement zarabiano zgodnie z zaleceniami producenta w stosunku 1,8 g proszku i 1,0 g płynu. Powyższe ilości obu składników każdorazowo odmierzano przy użyciu wagi elektronicznej WPA 60 (Radwag, Polska). Ściśle przestrzegano zaleconego czasu mieszania, który wynosił 90 sekund, przy czym celem uzyskania jednorodnej konsystencji ilość proszku dzielono na cztery odrębne porcje (1/2, 1/4, 1/8, 1/8). Tak zarobiony cement nakładano na cyrkonowy krążek, który następnie umieszczano na osuszonej powierzchni zęba i dociskano rękojeścią zgłębnika do ukazania się materiału wokół całego obwodu krążka.. Po usunięciu nadmiaru cementu, utrzymywano stały nacisk przez okres 4 minut.

W sytuacji, gdzie użyty został cement cynkowo - polikarboksyłowy określone ilości proszku (2,9 g) i płynu (1,0 g) odmierzano na wadze elektronicznej, a następnie celem uzyskania zadawalającej konsystencji dzielono je na trzy odrębne porcje (1/2, 1/4, 1/4), które zarabiano przez okres 60 sekund. Proces aplikacji cementu na cyrkonowy krążek oraz połączenie z powierzchnią szkliva i zębiny był analogiczny jak w przypadku cementu cynkowo – fosforanowego.

Kolejnym zastosowanym w badaniach cementem był chemo- i światłoutwardzalny cement adhezyjny Eco – Link. Miejsca na wargowej powierzchni zębów poddawano procesowi trawienia za pomocą 37 % kwasu fosforowego Eco - Etch, który w przypadku szkliva wynosił 30 sekund, natomiast w przypadku zębiny 10 sekund. Po tych okresach czasu, kwas spłukiwano wodą, a wytrawione miejsca osuszano strumieniem powietrza. W przypadku zębiny pokrywano ją zgodnie z zaleceniami producenta najpierw materiałem Syntac Primer (15 sekund). Na tak przygotowane powierzchnie aplikowano na okres 10 sekund Syntac Adhesive, po czym osuszano i pokrywano preparatem Heliobond. Następnie przy pomocy plastikowej łopatkki mieszano równe ilości (w stosunku 1 : 1) pasty podstawowej i katalizatora przez okres 10 sekund. Cement aplikowano na powierzchnie cyrkonowych krążków kontaktujących się z zębem filarowym i umieszczano na szkliwie i zębinie, utrzymując nacisk przez cały okres polimeryzacji, który wynosił 40 sekund.

W próbkach w których cyrkonowe krążki łączono ze szkliwem i zębiną cementem adhezyjnym Panavia F 2.0 przygotowane do badań powierzchnie zębów powlekano cienką warstwą preparatu ED Primer, który zgodnie z zaleceniami po okresie 60 sekund suszono delikatnym strumieniem powietrza. Następnie mieszano ze sobą równe ilości pasty A i B przez okres 20 sekund, po czym aplikowano ją na powierzchnie krążków i umieszczano w odpowiedniej pozycji na powierzchni szkliva i zębiny, stosując nacisk. Tak przygotowane próbki poddawano procesowi naświetlania który wynosił 20 sekund. Po zakończonym

procesie polimeryzacji obrzeże krążków powlekano preparatem Oxyquard II, który po 3 minutach spłukiwano strumieniem wody.

W przypadku cementu Max Cem Elite wyciskano ze strzykawki około 0,5 cm cementu, po czym zakładano końcówkę mieszającą Automix i aplikowano cement bezpośrednio na powierzchnie cyrkonowego krążka. Następnie delikatnie dociskano krążek do powierzchni zęba, aby umożliwić wypłynięcie nadmiarów cementu i naświetlano lampą Demi (Kulzer, Niemcy) przez dwie sekundy. Po usunięciu nadmiarów utwardzano cement światłem z czterech stron, włącznie z krawędziami po 10 sekund na każdą powierzchnię.

Kolejnym użytym materiałem łączącym był samoadhezyjny cement Clearfil SA Cement, który aplikowano bezpośrednio z końcówki mieszającej na powierzchnię krążków cyrkonowych przylegającą do zęba a następnie dociskano je do szkliwa i zębiny. Zgodnie z zaleceniami producenta próbki naświetlano przez okres 5 sekund, po czym usuwano nadmiary cementu i pozostawiano na 5 minut, celem zakończenia chemicznego procesu utwardzania materiału (Ryc. 3).



Ryc. 3. Cyrkonowy krążek zacementowany do powierzchni wargowej zęba.

Ostatnim ze stosowanych był cement glasjonomerowy wzmacniany żywicą GC Fuji Plus. W tym przypadku powierzchnie szkliva i zębiny powlekano na okres 20 sekund Fuji Plus Conditioner, a następnie spłukiwano wodą i osuszano strumieniem powietrza. O dokładności przeprowadzonego procesu kondycjonowania świadczyła lśniąca powierzchnia szkliva oraz zębiny. Następnie odważano na wadze elektronicznej 2,0 gramy proszku i 1,0 gram płynu, po czym mieszano je plastikową szpatułką przez 20 sekund. Tak przygotowanym cementem pokrywano powierzchnie krążków cyrkonowych i osadzano we właściwej pozycji na zębie, stosując umiarkowany nacisk przez okres 4 minut i 30 sekund. Nadmiar cementu usuwano, gdy materiał osiągnął gumowatą konsystencję.

W przypadku grup eksperymentalnych powierzchnie krążków cyrkonowych przelegające do zęba poddawano przed połączeniem ze szklivem i zębiną procesowi kondycjonowania czterema różnymi sposobami.

W grupach CF-110, PC-110, EL-110, PN-110, CL-110, MC-110 i GC-110 (Tabela II) stosowano obróbkę strumieniowo-ścierną tlenkiem glinu Cobra (Renfert, Niemcy) o średnicy ziarna 110 μm przy użyciu piaskarki piórowej Easy Blast (BEGO, Niemcy), przy ciśnieniu roboczym 2,5 bara kierując strumień piasku z odległości 10 mm prostopadle do powierzchni krążka przez 10 sekund (Ryc. 6).

W grupach CF-90, PC-90, EL-90, PN-90, CL-90, MC-90 oraz GC-90 (Tabela II) w celu zwiększenia powierzchni retencyjnej ceramiki poddawano ją obróbce strumieniowo-ścierną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 μm (Hager Werken, Niemcy) przy użyciu piaskarki Micro Etcher (Danville Materials, USA) (Ryc. 4) stosując ciśnienie robocze 2,5 bara przez okres 15 sekund z odległości 10 mm (Ryc. 7.).

W grupach CF-50, PC-50, EL-50, PN-50, CL-50, MC-50 i GC-50 (Tabela II) dozębową powierzchnie cyrkonowych krążków kondycjonowano stosując obróbkę strumieniowo-ścierną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm (Hager Werken, Niemcy) używając piaskarki

Micro Etcher przy zachowaniu takich samych parametrów jak dla tlenku glinu o średnicy ziarna 90 μm (Ryc. 8)

W grupach CF-CJS, PC-CJS, EL-CJS, PN-CJS, CL-CJS, MC-CJS i GC-CJS (Tabela II) celem aktywacji powierzchni ceramiki zastosowano system trybochemiczny Co-Jet, używając tlenek glinu Rocatec Soft (3M ESPE, Niemcy) o średnicy ziarna 30 μm wzbogacony o cząsteczki dwutlenku krzemu. Proces silikatyacji przeprowadzano pod ciśnieniem roboczym 2,5 bara przez okres 15 sekund z odległości 10 mm. Tak przygotowaną powierzchnię poddawano następnie procesowi silanizacji przy pomocy silanu Espe-Sil (3M ESPE, Niemcy) Ryc. 9).

W ten sposób wykonano 350 próbek dla 35 grup eksperymentalnych które wraz ze 140 próbkami 14 grup kontrolnych łączono ze szkliwem i zębina zębów bydłęcych według procedury opisaney na początku rozdziału.



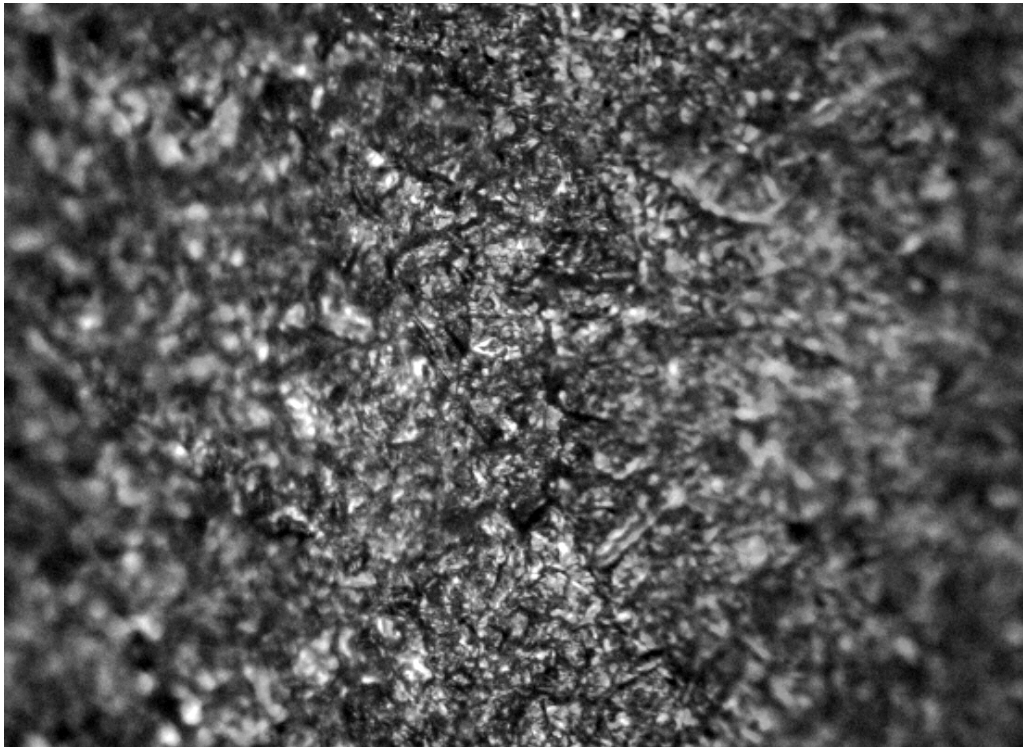
Ryc. 4. Piaskarka Micro Etcher



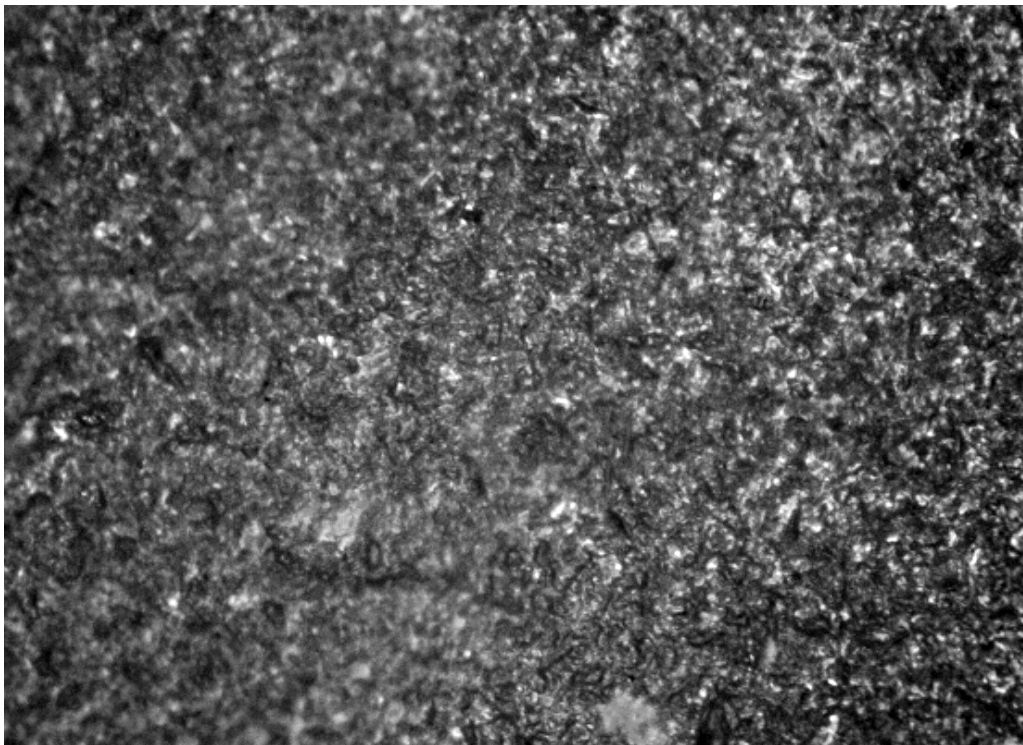
Ryc. 5. Powierzchnia Cerconu po obróbce laboratoryjnej drobnoziarnistym wiertłem diamentowym z chłodzeniem wodnym (powiększenie x 300).



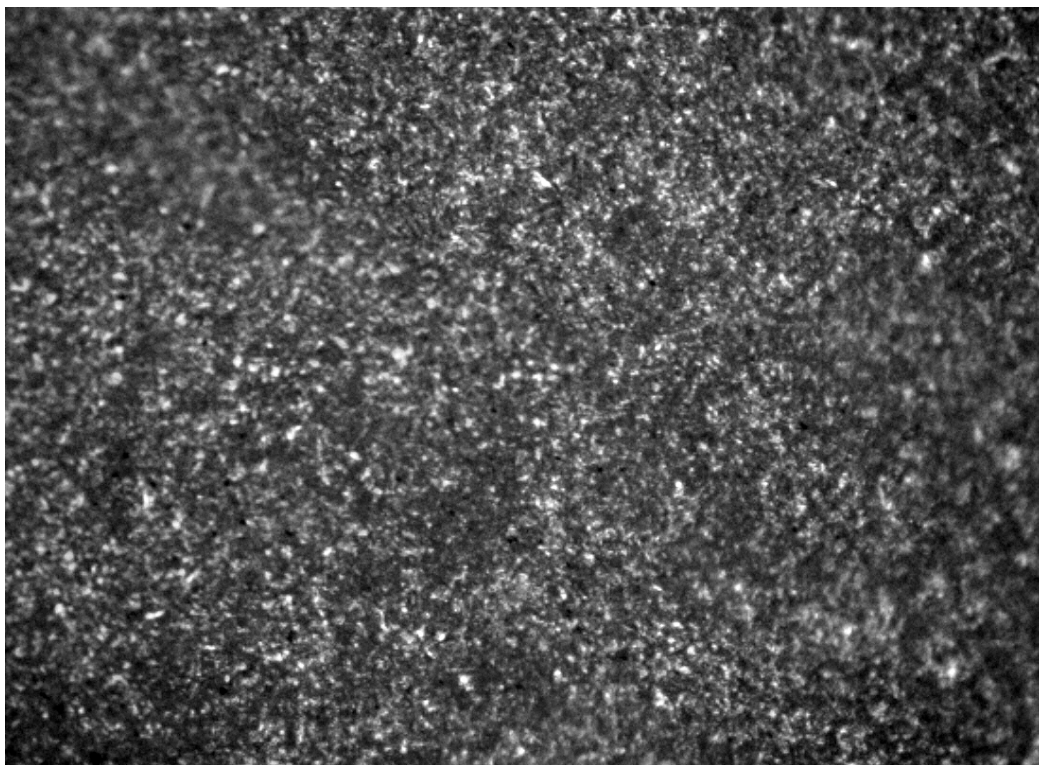
Ryc. 6. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 110 µm (x 300).



Ryc. 7. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 90 μm (x 300)



Ryc. 8. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 50 μm (x 300)



Ryc. 9. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu systemem trybo chemicznym Co Jet (x 300).

4. 6. Ocena rodzaju przełomów oraz pozostawionego na powierzchni twardych tkanek zębów bydlęcych cementu.

Po wykonanym badaniu, każdą próbkę poddawano ocenie przy pomocy lupy o powiększeniu siedmiokrotnym, w celu określenia rodzaju płaszczyzny przełomów, które klasyfikowano według następujących kryteriów:

A 1 : przełom adhezyjny na granicy cyrkonu i środka łączącego

A 2 : przełom adhezyjny na granicy szkliwa / zębiny i środka łączącego

K 1 : przełom kohezyjny w warstwie środka łączącego

K 2 : przełom kohezyjny w obrębie warstwy szkliwa / zębiny

A/K 1 : przełom adhezyjno – kohezyjny, bez uszkodzenia szkliwa / zębiny

A/K 2 : przełom adhezyjno – kohezyjny z uszkodzeniem powierzchni szkliwa / zębiny

Jakościowej oceny ilości cementu, pozostawionego na powierzchni szkliwa lub zębiny, dokonywano przy pomocy wskaźnika ARI (Adhesive Remnant Index) (5), według następujących wartości:

0 – brak cementu na powierzchni zęba

1 – mniej niż 50 % cementu na powierzchni zęba

2 – więcej niż 50 % cementu na powierzchni zęba

3 – cały cement na powierzchni zęba wyraźnym odbiciem cyrkonowej próbki

Ponadto w celu dokładniejszego zobiektywizowania oceny przełomów oraz wartości wskaźnika ARI, dokonano również ilościowej analizy cementów pozostawionych na powierzchni szkliwa i zębiny za pomocą programu Image J (Rasband, National Institute of Health, Bethesda, USA). Powyższy program umożliwia zarówno korektę analizowanych obrazów jak również służy do wykonania pomiarów powierzchni i substancji które się na niej znajdują. W tym celu po przeprowadzonym teście na ścinanie miejsca na powierzchni szkliwa i zębiny do których był przyklejony cyrkonowy krążek fotografowano aparatem cyfrowym Sony 8,1 Mega Pixels z wykorzystaniem funkcji makro z odległości 2 cm w świetle odbitym. Wykonane w ten sposób zdjęcia wprowadzano do komputera i w powiększeniu 300 % dokonywano precyzyjnej oceny ilości cementu pozostałego na powierzchni szkliwa i zębiny po oderwaniu cyrkonowych krążków. Znając średnicę cyrkonowych próbek, która w tym przypadku stanowiła 100 % analizowanej powierzchni, obliczano index jakościowy wskaźnika ARI, przy założeniu, że wyniki powyżej 99 % należy uznać jako wartość 3 ARI.

Materiał badawczy stanowiło łącznie 490 próbek, z czego 350 składało się z cyrkonowego krążka o średnicy 6,0 mm oraz grubości 2 mm, połączonego z szkliwem zębów bydłych, natomiast w przypadku 140 próbek cyrkonowe krążki łączono z zębina.

Wszystkie czynności związane z przygotowaniem próbek oraz badania laboratoryjne wykonywano w pomieszczeniu o temperaturze $23 \pm 1^\circ \text{C}$ oraz wilgotności $50 \pm 5 \%$.

W przypadku wszystkich użytych do badań cementów postępowanie wstępne było podobne i polegało na oczyszczeniu powierzchni szkliva i zębiny pumeksem, dokładnym spłukaniu wodą oraz osuszeniu sprężonym powietrzem.

4. 7. Metody analizy statystycznej.

W pierwszym etapie analizy statystycznej zweryfikowano testem Shapiro - Wilk'a zgodność uzyskanych wartości naprężenia stycznego z rozkładem Gaussa. Przeprowadzona analiza nie wykazała istotnych różnic pomiędzy rozkładami empirycznymi wyników badań, a krzywą Gaussa. Następnie dla wszystkich wartości obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności Pearsona.

Do porównania wyników badań grup eksperymentalnych z grupą kontrolną dotyczących szkliva zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA wraz z testem Dunett'a. Natomiast porównania wyników badań grup eksperymentalnych pomiędzy sobą dokonano przy pomocy testu Tukey'a - Kramer'a.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań w których cyrkonowe próbki łączono z zębinaą bydlęcą oraz wartości uzyskane dla szkliva i zębiny porównywano testem T – Studenta dla grup niezależnych. Wyniki przyjęto za istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$.

5. Wyniki badań laboratoryjnych.

5. 1. Wyniki badań zależności siły wiązania od sposobu przygotowania powierzchni podbudowy cyrkonowej ze szkliwem zębów bydłych (test na ścinanie).

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów bydłych przy zastosowaniu cementu cynkowo – fosforanowego Harvard.

Wyniki badań siły wiązania podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli IV , w której kolumny uwzględniają średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), maksymalną i minimalną siłę ścinającą, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności według Pearsona (CV). Natomiast porównanie wyników badań pomiędzy poszczególnymi grupami przedstawiają tabele V i VI.

Tabela IV. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem cynkowo – fosforanowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – KS	1,90	3,21	1,01	0,73	38,31
CF – 110	3,94	6,59	2,27	1,49	37,73
CF – 90	3,89	5,96	2,59	1,20	30,81
CF – 50	3,68	5,32	2,09	1,27	34,60
CF – CJS	4,45	6,03	2,75	1,36	30,48

Analiza średnich danych liczbowych naprężenia stycznego (MPa) wskazuje, że najwyższe wartości siły wiązania uzyskano, gdy dożębową powierzchnię podbudowy cyrkonowej Cercon poddano kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co-Jet (CF – CJS). Istotnym wydaje się być fakt, że wartości te są ponad dwukrotnie wyższe od zarejestrowanych dla grupy kontrolnej (CF – KS). Liczby opisujące różnice wielkości naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną CF – KS, a grupami eksperymentalnymi CF – 110, CF – 90, CF – 50, CF – CJS różniły się pomiędzy sobą wysoce istotnie statystycznie (Tab V). Stwierdzono natomiast brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami eksperymentalnymi (Tab.VI). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wielkości średniej jest nieznaczny. Wartości współczynnika zmienności świadczą o znacznym rozproszeniu danych pomiarowych w porównywanych grupach.

Tabela V. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu fosforanowego – test Dunett’a.

Naprężenie styczne [MPa]	
CF – KS vs CF – 110	p < 0,01
CF – KS vs CF – 90	p < 0,01
CF – KS vs CF – 50	p < 0,01
CF – KS vs CF – CJS	p < 0,01

p– poziom istotności

Tabela VI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu fosforanowego – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – 110 vs CF – 90	NS
CF – 110 vs CF – 50	NS
CF – 110 vs CF – CJS	NS
CF – 90 vs CF – 50	NS
CF – 90 vs CF – CJS	NS
CF – 50 vs CF – CJS	NS

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksyłowego Harvard.

W tabeli VII przedstawiono średnie liczbowe wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z wartościami maksymalnymi, minimalnymi a także odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV)

Tabela VII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem cynkowo - polikarboksyłowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa Badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
PC – KS	3,00	4,25	2,11	0,61	20,43
PC – 110	6,01	9,91	4,09	1,67	27,77
PC – 90	6,00	7,27	4,09	0,93	15,57
PC – 50	6,08	6,85	4,35	0,83	13,72
PC – CJS	6,98	9,79	5,12	1,69	24,29

Z przedstawionych danych w tabeli VII wynika, że najwyższe wartości siły wiązania uzyskano w próbkach poddanych kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co – Jet które wynosiły $6,98 \pm 1,69$ MPa. Nieznacznie niższe wartości zarejestrowano dla pozostałych grup eksperymentalnych PC – 110, PC – 90 i PC – 50. Przedstawione powyżej wartości dotyczące grup doświadczalnych i grupy kontrolnej (Tabela VIII) różnią się pomiędzy sobą w stopniu wysoce istotnym statystycznie ($p < 0,01$). Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic przy porównaniu wartości określających naprężenie styczne pomiędzy poszczególnymi grupami eksperymentalnymi (Tabela IX). Wartości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że pomiary są bliskie wartości przeciętnej i są wokół niej rozrzucone w stopniu nieznacznym. Wielkość współczynnika zmienności w grupach PC – 90 i PC - 50 wskazuje na umiarkowane rozproszenie uzyskanych wyników wokół wartości średniej, natomiast w grupach PC – KS, PC – 110 oraz PC – CJS na dość znaczne.

Tabela VIII. Porównanie wartości naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksyłowego – test Dunett’a.

Naprężenie styczne [MPa]	
PC – KS vs PC – 110	$p < 0,01$
PC – KS v PC – 90	$p < 0,01$
PC – KS vs PC – 50	$p < 0,01$
PC – KS vs PC – CJS	$p < 0,01$

p – poziom istotności

Tabela IX. Porównanie wartości naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksyłowego – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie stycznegę [MPa]	
PC – 110 vs PC – 90	NS
PC – 110 vs PC – 50	NS
PC – 110 vs PC – CJS	NS
PC – 90 vs PC – 50	NS
PC – 90 vs PC – CJS	NS
PC – 50 vs PC – CJS	NS

NS – różnica nieistotna statystycznie

***Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów
bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco – Link.***

Wyniki badań naprężenia stycznego (MPa) przedstawiono w tabeli X z uwzględnieniem wartości maksymalnej i minimalnej, a także odchylenia standardowego oraz współczynnika zmienności. Natomiast porównanie wyników pomiędzy poszczególnymi grupami badawczymi przedstawiają tabele XI i XII.

Tabela X. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Eco - Link, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [Mpa]	SD	CV %
EL – KS	8,80	9,79	7,24	0,82	9,35
EL – 110	10,85	13,52	8,01	2,11	19,40
EL – 90	10,17	14,49	8,13	1,86	18,31
EL – 50	10,47	13,93	8,53	1,58	15,11
EL – CJS	20,81	23,91	18,18	1,92	9,21

W analizowanych przypadkach (Tab. X) najwyższe wartości średnie naprężenia stycznego (MPa) zarejestrowano dla systemu trybochemicznego Co – Jet EL – CJS ($20,81 \pm 1,92$ MPa). Przekraczały one prawie o 150 % wartości zarejestrowane dla grupy kontrolnej EL – KS ($8,80 \pm 0,82$ MPa). Prezentowane wartości przekraczały również o blisko 100 % wyniki zarejestrowane dla grup EL – 110, EL – 90 i EL – 50. Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają nieznaczny rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej. Podobne tendencje daje się zauważyć przy analizie wartości współczynnika zmienności dla grup EL – KS i EL – CJS. Natomiast w grupach EL – 110, EL – 90 oraz EL – 50 rozproszenie danych pomiarowych jest zdecydowanie wyższe.

Analiza wartości naprężenia stycznego (MPa) wykazała statystycznie istotne różnice pomiędzy grupami EL – KS a EL – 110 oraz EL – KS a EL – CJS (Tab.XI). Brak statystycznie istotnej różnicy wystąpił natomiast pomiędzy grupami EL –KS a EL -90 i EL – KS a EL – 50. W obrębie grup doświadczalnych nie stwierdzono zależności pomiędzy grupami EL – 110 i EL – 90, EL – 110 i EL – 50, EL – 90 i EL – 50. Wysoce istotne

statystyczne różnice wystąpiły natomiast między systemem trybochemicznym Co – Jet (EL – CJS), a pozostałymi grupami eksperymentalnymi (EL – 110, EL – 90, EL – 50) (Tab.XII).

Tabela XI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco - Link – test Dunett’a.

Naprężenie styczneg [MPa]	
EL – K vs EL – 110	p < 0,05
EL – K vs EL – 90	NS
EL – K vs EL – 50	NS
EL – K vs EL – CJ	p < 0,01

p– poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Tabela XII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco - Link – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie styczneg [MPa]	
EL – 110 vs EL – 90	NS
EL – 110 vs EL – 50	NS
EL – 110 vs EL – CJ	p < 0,001
EL – 90 vs EL – 50	NS
EL – 90 vs EL – CJ	p < 0,001
EL – 50 vs EL – CJ	p < 0,001

p– poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0.

Wyniki badań testu na ścinanie przedstawione są w tabeli XIII, natomiast porównanie wyników przeprowadzonych badań pomiędzy poszczególnymi grupami prezentują tabele XIV oraz XV.

Tabela XIII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
PN – KS	18,20	20,09	16,87	1,21	6,67
PN – 110	23,04	27,67	19,20	2,91	12,63
PN – 90	23,10	26,27	19,56	2,53	10,96
PN – 50	22,76	28,43	20,03	2,47	10,86
PN – CJS	25,48	29,14	21,89	2,32	9,12

Analiza wyników opisujących średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) po kondycjonowaniu powierzchni Cerconu wskazuje, że nastąpił wyraźny wzrost omawianych parametrów w stosunku do grupy kontrolnej dla wszystkich czterech sposobów przygotowania powierzchni ceramiki cyrkonowej. W przypadku grup PN – 110, PN – 90 oraz PN – 50 o około 25 % , natomiast w przypadku systemu trybochemicznego Co – Jet o 40 % (grupa PN – CJS). Przedstawione powyżej wartości grupy kontrolnej i grup eksperymentalnych różnią się pomiędzy sobą w stopniu wysoce istotnym statystycznie (Tab.XIV). Nie zanotowano natomiast występowania istotnych różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi (Ta.XV). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że

próbki pomiarowe są rozrzucone wokół wartości średniej w stopniu umiarkowanym. Wielkości współczynnika zmienności dla grup PN – KS oraz PN – CJS nie przekraczają 10 % co świadczy o umiarkowanym stopniu dyspersji danych pomiarowych. Natomiast nieznaczne przekroczenie powyższej granicy przez grupy PN – 110, PN – 90 oraz PN – 50 jest statystycznie nieistotne.

Tabela XIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test Dunett’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
PN – KS vs PN – 110	p < 0,01
PN – KS vs PN – 90	p < 0,01
PN – KS vs PN – 50	p < 0,01
PN – KS vs PN – CJS	p < 0,01

p – poziom istotności

Tabela XV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
PN – 110 vs PN – 90	NS
PN – 110 vs PN – 50	NS
PN – 110 vs PN – CJS	NS
PN – 90 vs PN – 50	NS
PN – 90 vs PN – CJS	NS
PN – 50 vs PN – CJS	NS

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement.

Uzyskane wyniki badań zostały zawarte w tabeli XVI, w której kolumny przedstawiają średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wraz z wartościami maksymalnymi, minimalnymi, odchyleniem standardowym (SD) i współczynnikiem zmienności według Pearsona (CV).

Tabela XVI. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krawężki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej,

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CL – KS	15,92	20,91	13,35	2,48	15,59
CL – 110	17,22	20,05	15,63	1,39	8,08
CL – 90	17,21	20,22	15,34	1,76	10,20
CL – 50	17,04	20,65	14,22	2,42	14,19
CL – CJS	18,82	23,71	15,83	2,63	13,97

Z przedstawionych danych liczbowych wynika, że najwyższe zarejestrowane wartości naprężenia stycznego dotyczą grupy CL – CJS i wynoszą one $18,82 \pm 2,63$ MPa. Nieznacznie niższe wartości zarejestrowano dla pozostałych grup eksperymentalnych, jednak z punktu widzenia statystyki nie są one istotne (Tabela XVII). Podobną tendencję daje się zauważyć przy porównaniu uzyskanych wyników badań pomiędzy grupą kontrolną, a grupami eksperymentalnymi, z wyjątkiem próbek CL – KS a CL – CJS, w których stwierdzono różnicę na poziomie $p < 0,05$.

Tabela XVII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement – test Dunett’a.

Naprężenie styczne [MPa]	
CL – KS vs CL – 110	NS
CL – KS vs CL – 90	NS
CL – KS vs CL – 50	NS
CL – KS vs CL – CJS	p < 0,05 *

p – poziom istotności

NS – różnice nieistotne statystycznie

Tabela XVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie styczne [MPa]	
CL – 110 vs CL – 90	NS
CL – 110 vs CL – 50	NS
CL – 110 vs CL – CJS	NS
CL – 90 vs CL – 50	NS
CL – 90 vs CL – CJS	NS
CL – 50 vs CL – CJS	NS

NS – różnice nieistotne statystycznie

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szkliwem zębów bydlęcych przy zastosowaniu jako cementu adhezyjnego Max – Cem Elite.

Uzyskane w badaniach wartości naprężenia stycznego (MPa) przedstawiono w tabeli XIX z uwzględnieniem wartości maksymalnych, minimalnych, odchylenia standardowego (SD) i współczynnika zmienności (CV). Najwyższe wartości średnie zarejestrowano dla systemu trybochemicznego CO – Jet $17,71 \pm 1,86$ MPa (grupa MC – CJS). Przekraczały one nieznacznie wartości zarejestrowane dla pozostałych grup doświadczalnych jednak nie różniły się pomiędzy sobą w stopniu statystycznie istotnym (Tabela XXI). Porównanie uzyskanych wartości naprężenia stycznego grupy kontrolnej z grupami eksperymentalnymi wykazało istotne różnice statystyczne jedynie pomiędzy grupami MC – KS a MC – CJS (Tab.XX). Wielkości odchylenia standardowego wskazują, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej jest nieznaczny. Natomiast współczynnik zmienności poza grupą CM – CJS wskazuje na nieznaczne rozproszenie danych pomiarowych.

Tabela XIX. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Max – Cem Elite, po 24 godzinnym przetrzymaniu w wodzie destylowanej.

Grupa Badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
MC – KS	13,50	16,62	10,69	2,26	16,73
MC – 110	16,12	18,96	13,18	2,19	13,60
MC – 90	16,01	20,67	13,87	2,25	14,03
MC – 50	16,46	20,62	13,36	2,31	14,03
MC – CJS	17,71	20,79	15,60	1,86	10,52

Tabela XX. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test Dunett’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
MC – KS vs MC – 110	p < 0,05 *
MC – KS vs MC – 90	p < 0,05 *
MC – KS vs MC – 50	p < 0,05 *
MC – KS vs MC – CJS	p < 0,01 **

p – poziom istotności

Tabela XXI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
MC – 110 vs MC – 90	NS
MC – 110 vs MC – 50	NS
MC – 110 vs MC – CJS	NS
MC – 90 vs MC – 50	NS
MC – 90 vs MC – CJS	NS
MC – 50 vs MC – CJS	NS

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon ze szklivem zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu szkłoionomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus.

Wyniki badań siły wiązania przedstawiono w tabeli XXII, gdzie uwzględniono średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z wartością maksymalną, minimalną,

odchyleniem standardowym (SD) i współczynnikiem zmienności (CV). Natomiast porównanie wyników badań pomiędzy poszczególnymi grupami zawarte są w tabelach XXIII oraz XXIV.

Tabela XXII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem giasjonomerowym modyfikowanym żywicą Fuji Plus, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa Badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
GC – KS	9,42	12,12	6,98	1,77	18,83
GC – 110	11,07	15,09	8,00	2,28	20,58
GC – 90	10,65	14,83	8,03	2,35	22,07
GC – 50	10,70	14,95	7,18	2,53	23,63
GC – CJS	12,66	15,41	8,46	2,41	19,02

Z przedstawionych danych liczbowych wynika, że najwyższe wartości siły wiązania pomiędzy Cerconem a szkliwem zębów bydłych uzyskano, gdy powierzchnię ceramiki cyrkonowej poddano kondycjonowaniu za pomocą systemu trybochemicznego Co – Jet (grupa GC – CJS). Uzyskane wyniki były nieznacznie wyższe od uzyskanych dla pozostałych grup eksperymentalnych (GC – 110, GC – 90, GC – 50), jednak nie różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny. Podobnie nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic porównując uzyskane wartości naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi. Jedynie w przypadku grup GC – K a GC – CJS stwierdzono istotne statystycznie różnice na poziomie $p < 0,01$ (Tabela XXIII). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że próbki pomiarowe są rozrzucone wokół wartości

przeciętnej w stopniu nieznacznym. Natomiast wartości współczynnika zmienności wskazują na znaczne rozproszenie danych pomiarowych.

Tabela XXIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu giasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test Dunett’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
GC – KS vs GC – 110	NS
GC – KS vs GC – 90	NS
GC – KS vs GC – 50	NS
GC – KS vs GC – CJS	p < 0,01 **

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Tabela XXIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu giasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test Tukey’a - Kramer’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
GC – 110 vs GC – 90	NS
GC – 110 vs GC – 50	NS
GC – 110 vs GC – CJS	NS
GC – 90 vs GC – 50	NS
GC – 90 vs GC – CJS	NS
GC – 50 vs GC – CJS	NS

NS – różnica nieistotna statystycznie

5. 2. Wyniki badań porównawczych wpływu przygotowania powierzchni podbudowy cyrkonowej na siłę wiązania z zębina zębów bydlęcych w teście na ścinanie.

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu cynkowo – fosforanowego Harvard.

Wyniki badań siły wiązania podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli XXV, w której kolumny uwzględniają średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), maksymalną i minimalną siłę ścinającą, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności według Pearsona (CV). Porównanie wyników badań pomiędzy poszczególnymi grupami przedstawia tabela XXVI.

Analiza średnich wartości liczbowych wskazuje, że kondycjonowanie powierzchni ceramiki cyrkonowej Cercon systemem trybochemicznym Co-Jet (CF – CJZ) powoduje prawie trzykrotny wzrost wartości naprężenia stycznego (MPa) względem grupy kontrolnej (CF – KZ). Ponadto uzyskane dane liczbowe różnią się pomiędzy sobą w stopniu wysoce istotnym statystycznie (Tab. XXVI). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej jest nieznaczny. Wartości współczynnika zmienności świadczą o znacznym rozproszeniu danych pomiarowych w grupie kontrolnej oraz umiarkowanym w grupie eksperymentalnej.

Tabela XXV Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem cynkowo – fosforanowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa Badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – KZ	0,65	0,85	0,31	0,17	25,97
CF – CJZ	1,73	2,06	1,12	0,32	18,46

Tabela XXVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu fosforanowego – test T - Studenta.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – KZ vs CF – CJZ	p < 0,0001

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydłych przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksyłowego Harvard.

W tabeli XXVII przedstawiono średnie liczbowe wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z wartościami maksymalnymi, minimalnymi a także odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV).

Z przedstawionych danych wynika, że najwyższe wartości siły wiązania dotyczą próbek poddanych kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co – Jet i przekraczają one dwukrotnie wartości zarejestrowane dla grupy kontrolnej. Przedstawione powyżej wartości dotyczące grup doświadczalnych i grupy kontrolnej (Tabela XXVIII) różnią się pomiędzy sobą w stopniu wysoce istotnym statystycznie (p < 0,0001). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że próbki pomiarowe są rozrzucone wokół wartości

przeciętnej w stopniu nieznacznym. Wielkość współczynnika zmienności w grupie kontrolnej wskazuje na znaczne rozproszenie uzyskanych wyników wokół wartości średniej, natomiast w grupie eksperymentalnej na umiarkowane.

Tabela XXVII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem cynkowo - polikarboksylowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [Mpa]	SD	CV %
PC – KZ	1,40	1,97	0,88	0,40	28,84
PC - CJZ	2,78	3,36	2,21	0,36	12,84

Tabela XXVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksylowego – test T - Studenta.

Naprężenie stycznne [MPa]	
PC – KZ vs PC – CJZ	p < 0,0001

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydłych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco - Link.

Wyniki badań naprężenia stycznego (MPa) przedstawiono w tabeli XXIX z uwzględnieniem wartości maksymalnej i minimalnej, a także odchylenia standardowego oraz

współczynnika zmienności. Natomiast porównanie wyników pomiędzy poszczególnymi grupami badawczymi przedstawia tabela XXX.

W analizowanych przypadkach najwyższe wartości średnie zarejestrowano dla systemu trybochemicznego Co – Jet (EL – CJZ) $6,21 \pm 1,22$ MPa i przekraczały one o prawie 200 % wartości zarejestrowane dla grupy kontrolnej (EL – KZ) w przypadku której wynosiły one $2,32 \pm 0,78$ MPa. Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają nieznaczny rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej. Wartości współczynnika zmienności w grupie doświadczalnej świadczą o umiarkowanie stabilnym materiale badawczym, natomiast w grupie kontrolnej o znacznym rozproszeniu danych pomiarowych.

Analizując wartości naprężenia stycznego (MPa) stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy analizowanymi grupami $p < 0,0001$ (Tabela XXX).

Tabela XXIX. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem adhezyjnym Eco - Link, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [Mpa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
EL – KZ	2,32	3,83	1,07	0,78	33,45
EL - CJZ	6,21	7,86	4,70	1,22	19,55

Tabela XXX. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu adhezyjnego Eco – Link – test T - Studenta.

Naprężenie styczne [MPa]	
EL – KZ vs EL – CJZ	$p < 0,0001$

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0.

Wyniki testu na ścinanie zawarto w tabeli XXXI, natomiast porównanie wyników przeprowadzonych badań pomiędzy poszczególnymi grupami prezentuje tabela XXXII.

Analiza opisująca średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) po kondycjonowaniu powierzchni Cerconu systemem trybochemicznym Co-Jet wskazuje, że omawiane parametry są o około 50 % wyższe od tych jakie uzyskano w grupie kontrolnej. Prezentowane wartości różnią się pomiędzy grupami w stopniu wysoce istotnym statystycznie ($p < 0,0001$). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że próbki pomiarowe są rozrzucone wokół wartości średniej w stopniu umiarkowanym. Natomiast wartości współczynnika zmienności dla grup przekraczają 10 %, co świadczy o umiarkowanym stopniu dyspersji danych pomiarowych.

Tabela XXXI Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa Badawcza	Średnia [Mpa]	Maksimum [Mpa]	Minimum [Mpa]	SD	CV %
PN – KZ	6,99	8,46	5,21	1,28	18,24
PN – CJZ	9,68	12,67	8,75	1,16	12,02

Tabela XXXII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test T - Studenta.

Naprężenie styczne [MPa]	
PN – KZ vs PN – CJZ	$p < 0,0001$

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement.

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabeli XXXIII, w której kolumny przedstawiają średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wraz z wartościami maksymalnymi, minimalnymi, odchyleniem standardowym (SD) i współczynnikiem zmienności według Pearsona (CV).

Z przedstawionych danych liczbowych wynika, że wartości naprężenia stycznego (MPa) w grupie doświadczalnej (CL – CJZ) są o około 35% wyższe niż w grupie kontrolnej (CL – KZ) i różnią się wysoce istotnie statystycznie pomiędzy sobą $p < 0,0001$ (Tabela XXXIV) Wartości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że wyniki obu grup rozrzucone są wokół wartości przeciętnej w stopniu umiarkowanym. Natomiast wielkości współczynnika zmienności świadczą o nieznacznym rozproszeniu danych pomiarowych w porównywanych grupach.

Tabela XXXIII Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CL – KZ	5,07	6,34	4,12	0,81	16,00
CL - CJZ	6,85	7,75	5,70	0,78	11,39

Tabela XXXIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement – test T - Studenta.

Naprężenie stycznne [MPa]	
CL – KZ vs CL – CJZ	$p < 0,0001$

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębiną zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite.

Uzyskane w badaniach wartości naprężenia stycznego (MPa) przedstawiono w tabeli XXXV z uwzględnieniem wartości maksymalnych, minimalnych, odchylenia standardowego (SD) i współczynnika zmienności (CV). Najwyższe wartości średnie zarejestrowano dla systemu trybochemicznego Co – Jet (MC – CJZ) i były one wyższe o około 50 % od danych zarejestrowanych dla grupy kontrolnej (MC – KZ). Wielkości odchylenia standardowego wskazują, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej jest nieznaczny.

Tabela XXXV. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębiną zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Max – Cem Elite, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
MC – KZ	5,04	6,68	4,02	0,93	18,45
MC - CJZ	7,64	8,45	5,96	0,84	11,03

Tabela XXXVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test T - Studenta.

Naprężenie styczne [MPa]	
MC – KZ vs MC – CJZ	p < 0,0001

p – poziom istotności

Analiza porównawcza siły wiązania podbudowy cyrkonowej Cercon z zębina zębów bydlęcych przy zastosowaniu cementu szkłoionomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus.

Wyniki badań siły wiązania przedstawiono w tabeli XXXVII, w której zawarto średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z wartością maksymalną, minimalną, odchyleniem standardowym (SD) i współczynnikiem zmienności (CV). Natomiast porównanie wyników badań pomiędzy grupami zawarte są w tabeli XXXVIII.

Z danych liczbowych wynika, że najwyższe wartości siły wiązania pomiędzy Cerconem a szklivem zębów bydlęcych uzyskano, gdy powierzchnię ceramiki cyrkonowej poddano kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co – Jet (GC – CJZ). Uzyskane wyniki były o ponad 30 % wyższe niż w grupie kontrolnej (GC – KZ) i różniły się od siebie w sposób wysoce statystycznie istotny. Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że próbki pomiarowe są rozrzucone wokół wartości przeciętnej w stopniu nieznacznym. Natomiast wartości współczynnika zmienności wskazują na znaczne rozproszenie danych wokół wartości średniej.

Tabela XXXVII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których cyrkonowe krążki łączono z zębina zębów bydlęcych cementem glosjonomerowym modyfikowanym żywicą Fuji Plus, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
GC – KZ	2,53	3,41	1,86	0,47	18,50
GC - CJZ	3,52	4,16	2,61	0,48	13,75

Tabela XXXVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu giasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test T - Studenta.

Naprężenie styczneg [MPa]	
GC – KZ vs GC – CJZ	p < 0,0002

p – poziom istotności

5. 3. Wyniki badań porównawczych wpływu rodzaju cementu na siłę wiązania pomiędzy podbudową cyrkonową a szkliwem zębów bydłych w teście na ścinanie.

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon a szkliwem zębów bydłych w grupach kontrolnych po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

W tabeli XXXIX przedstawiono średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wartości maksymalne, minimalne, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV) próbek grup kontrolnych.

Analiza liczb opisujących średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla poszczególnych materiałów łączących wskazuje, że najwyższe wartości siły wiązania uzyskano przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0, grupa PN – KS (18,20 ± 1,21 MPa). Nieznacznie niższe, jednak różniące się istotnie statystycznie (p < 0,0001) wartości zarejestrowano dla samoadhezyjnego cementu Clearfil SA Cement (15,92 ± 2,48 MPa). Średnie wartości zarejestrowane dla pozostałych materiałów łączących, poza cementem Max Cem Elite (13,50 ± 2,26 MPa) były zdecydowanie niższe i wynosiły w poszczególnych

grupach odpowiednio CF – KS $1,90 \pm 0,73$ MPa, PC – KS $2,99 \pm 0,61$ MPa, EL – KS $8,80 \pm 0,82$ MPa, GC – KS $9,42 \pm 1,77$ MPa. Przeprowadzona analiza statystyczna (Tabela XL) wykazała brak istotnych różnic pomiędzy grupami CF – KS vs PC – KS i EL – KS vs GC – KS oraz wysoce istotne statystycznie różnice pomiędzy pozostałymi analizowanymi grupami ($p < 0,0001$). Wartości charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują, że poszczególne wyniki, są rozproszone wokół wartości średniej w stopniu umiarkowanym. Wielkości współczynnika zmienności w przypadku grup CF – KS i PC – KS świadczą o znacznym rozproszeniu danych pomiarowych, natomiast w pozostałych grupach o umiarkowanym ich rozrzucie.

Tabela XXXIX. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek kontrolnych, w których niekondycjonowane krążki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych z siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – KS	1,90	3,21	1,01	0,73	38,31
PC – KS	2,99	4,25	2,11	0,61	20,43
EL – KS	8,80	9,79	7,24	0,82	9,35
PN -KS	18,20	20,09	16,87	1,21	6,67
CL – KS	15,92	20,91	13,35	2,48	15,59
MC – KS	13,50	16,62	10,69	2,26	16,73
GC – KS	9,42	12,12	6,98	1,77	18,82

Tabela XL. Porównanie naprężenia stycznego w grupach kontrolnych pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych – test Tukey’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – KS vs PC – KS	NS
CF – KS vs EL – KS	p < 0,0001
CF – KS vs PN – KS	p < 0,0001
CF – KS vs CL – KS	p < 0,0001
CF – KS vs MC – KS	p < 0,0001
CF – KS vs GC – KS	p < 0,0001
PC – KS vs EL – KS	p < 0,0001
PC – KS vs PN – KS	p < 0,0001
PC – KS vs CL – KS	p < 0,0001
PC – KS vs MC – KS	p < 0,0001
PC – KS vs GC – KS	p < 0,0001
EL – KS vs PN – KS	p < 0,0001
EL – KS vs CL – KS	p < 0,0001
EL – KS vs MC – KS	p < 0,0001
EL – KS vs GC – KS	NS
PN – KS vs CL – KS	p < 0,0001
PN – KS vs MC – KS	p < 0,0001
PN – KS vs GC – KS	p < 0,0001
CL – KS vs MC – KS	p < 0,0001
CL – KS vs GC – KS	p < 0,0001
MC – KS vs GC – KS	p < 0,0001

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza wpływu rodzaju cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon kondycjonowaną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μ a szkliwem zębów bydlęcych po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Porównanie wartości naprężenia stycznego (MPa) próbek w których powierzchnie ceramiki cyrkonowej kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μ m wykazało, że najwyższe wartości siły wiązania osiągnięto przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0, grupa PN – 110 ($23,03 \pm 2,90$ MPa). Niższe o około 30 % wartości odnotowano dla cementów samotrawiących Clearfil SA Cement, grupa CL – 110 ($17,22 \pm 1,39$ MPa) i Max – Cem Elite, grupa MC – 110 ($16,11 \pm 2,19$ MPa). Wartości siły wiązania przy zastosowaniu pozostałych materiałów łączących były zdecydowanie niższe i wynosiły odpowiednio dla Fuji Plus grupa GC – 110 ($11,07 \pm 2,28$ MPa), dla Eco – Link grupa EL – 110 ($10,85 \pm 2,10$ MPa), dla cementu cynkowo – fosforanowego grupa CF-110 ($3,94 \pm 1,49$ MPa), oraz cynkowo – polikarboksyłowego grupa PC-110 ($6,01 \pm 1,67$ MPa). Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają, że wyniki w poszczególnych grupach są rozrzucone wokół wartości średniej w stopniu umiarkowanym. Wielkość współczynnika zmienności w przypadku grup CF – 110, PC – 110 i GC – 110 wskazuje na znaczne rozproszenie danych pomiarowych, natomiast w przypadku pozostałych analizowanych grup jest ono umiarkowane. Wyniki analizy statystycznej (Tabela XLI) wykazały brak istotności pomiędzy grupami CF – 110 vs PC – 110 oraz EL – 110 vs GC – 110. Stwierdzono natomiast wysoce istotne różnice statystyczne pomiędzy pozostałymi grupami poddanymi ocenie ($p < 0,0001$).

Tabela XLI. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm i łączono ze szkliwem zębów bydlęcych siedmioma różnymi cementami po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – 110	3,94	6,59	2,27	1,49	37,73
PC – 110	6,01	9,91	4,09	1,67	27,76
EL – 110	10,85	13,52	8,01	2,10	19,40
PN – 110	23,03	27,67	19,2	2,90	12,63
CL – 110	17,22	20,05	15,63	1,39	8,08
MC – 110	16,11	18,96	13,18	2,19	13,61
GC – 110	11,07	15,09	8	2,28	20,58

Tabela XLII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm – test Tukey’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
CF – 110 vs PC – 110	NS
CF – 110 vs EL – 110	$p < 0,0001$
CF – 110 vs PN – 110	$p < 0,0001$
CF – 110 vs CL – 110	$p < 0,0001$
CF – 110 vs MC – 110	$p < 0,0001$
CF – 110 vs GC – 110	$p < 0,0001$
PC – 110 vs EL – 110	$p < 0,0001$
PC – 110 vs PN – 110	$p < 0,0001$
PC – 110 vs CL – 110	$p < 0,0001$
PC – 110 vs MC – 110	$p < 0,0001$
PC – 110 vs GC – 110	$p < 0,0001$
EL – 110 vs PN – 110	$p < 0,0001$
EL – 110 vs CL – 110	$p < 0,0001$
EL – 110 vs MC – 110	$p < 0,0001$
EL – 110 vs GC – 110	NS
PN – 110 vs CL – 110	$p < 0,0001$
PN – 110 vs MC – 110	$p < 0,0001$
PN – 110 vs GC – 110	$p < 0,0001$
CL – 110 vs MC – 110	$p < 0,0001$
CL – 110 vs GC – 110	$p < 0,0001$
MC – 110 vs GC – 110	$p < 0,0001$

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon kondycjonowaną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 μ a szklivem zębów bydlęcych.

Wyniki pomiaru siły połączenia podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli XLIII, w której kolumny opisują średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wartości maksymalne, minimalne, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV). Z przedstawionych danych wynika, że najwyższe średnie wartości siły wiązania dotyczyły cementu adhezyjnego Panavia F 2.0, grupa PN – 90 ($23,10 \pm 2,53$ MPa). Liczby opisujące różnice wielkości siły wiązania pomiędzy grupami CF – 90 vs PC – 90 nie były istotne statystycznie (Tabela XLIV). Natomiast naprężenie styczne w pozostałych grupach, różniło się pomiędzy sobą w stopniu wysoce istotnym $p < 0,0001$. Wielkości odchylenia standardowego wskazują na nieznaczny rozrzut uzyskanych danych pomiarowych. Wielkości współczynnika zmienności dla grup CF – 90, PC – 90, EL – 90, MC – 90 i GC – 90 wskazują na znaczne rozproszenie danych pomiarowych. Natomiast wartości dla grup PN -90 i CL – 90 oscylujące w granicach 10 % świadczą o umiarkowanym stopniu dyspersji danych pomiarowych wokół wartości średniej.

Tabela XLIII. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 μm i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – 90	3,89	5,96	2,59	1,20	30,81
PC – 90	6,00	7,27	4,09	0,93	15,57
EL – 90	10,17	14,49	8,13	1,86	18,31
PN -90	23,10	26,27	19,56	2,53	10,96
CL – 90	17,21	20,22	15,34	1,76	10,20
MC – 90	16,01	20,67	13,87	2,25	14,03
GC – 90	10,65	14,83	8,03	2,35	22,07

Tabela XLIV. Porównani naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 µm – test Tukey’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – 90 vs PC – 90	NS
CF – 90 vs EL – 90	p < 0,0001
CF – 90 vs PN – 90	p < 0,0001
CF – 90 vs CL – 90	p < 0,0001
CF – 90 vs MC – 90	p < 0,0001
CF – 90 vs GC – 90	p < 0,0001
PC – 90 vs EL – 90	p < 0,0001
PC – 90 vs PN – 90	p < 0,0001
PC – 90 vs CL – 90	p < 0,0001
PC – 90 vs MC – 90	p < 0,0001
PC – 90 vs GC – 90	p < 0,0001
EL – 90 vs PN – 90	p < 0,0001
EL – 90 vs CL – 90	p < 0,0001
EL – 90 vs MC – 90	p < 0,0001
EL – 90 vs GC – 90	NS
PN – 90 vs CL – 90	p < 0,0001
PN – 90 vs MC – 90	p < 0,0001
PN – 90 vs GC – 90	p < 0,0001
CL – 90 vs MC – 90	p < 0,0001
CL – 90 vs GC – 90	p < 0,0001
MC – 90 vs GC – 90	p < 0,0001

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon kondycjonowaną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm a szklivem zębów bydlęcych po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Uzyskane w badaniach średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z wartościami maksymalnymi, minimalnymi, odchyleniem standardowym (SD) oraz współczynnikiem zmienności (CV) przedstawiono w tabelach XLV. W analizowanych przypadkach najwyższe wartości średnie zarejestrowano dla cementu adhezyjnego Panavia F 2.0, grupa PN – 50 ($22,76 \pm 2,47$ MPa). Przekraczały one o około 25 % odpowiednie wartości uzyskane dla cementów samotrawiących Clearfil SA Cement, grupa CL – 50 ($17,04 \pm 2,42$ MPa) i Max – Cem Elite, grupa MC – 50 ($16,46 \pm 2,30$ MPa) oraz o około 55 % wartości uzyskane dla Eco – Link, grupa EL – 50 ($10,47 \pm 1,58$ MPa) i Fuji Plus, grupa GC – 50 ($10,70 \pm 2,53$ MPa). Prezentowane średnie wielkości siły wiązania dla cementów cynkowo – fosforanowego, grupa CF – 50 i cynkowo – polikarboksylowego, grupa PC – 50 kształtowały się na poziomie wyraźnie niższym i nie różniły się od siebie w stopniu istotnym. Natomiast pomiędzy pozostałymi poddanymi ocenie grupami materiałów stwierdzono wysoce istotne różnice na poziomie $p < 0,0001$ (Tabela XLVI). Liczby charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej jest nieznaczny. Podobne tendencje można zauważyć analizując wartości współczynnika zmienności względem grupy PN – 50. Natomiast w przypadku grup CF – 50 i GC – 50 rozrzut danych pomiarowych świadczy o ich znacznym rozproszeniu. Umiarkowane rozproszenie uzyskanych wartości ma miejsce w grupach PC -50, EL – 50, CL – 50 i MC – 50.

Tabela XLV. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – 50	3,68	5,32	2,09	1,27	34,60
PC – 50	6,08	6,85	4,35	0,83	13,72
EL – 50	10,47	13,93	8,53	1,58	15,11
PN -50	22,76	28,43	20,03	2,47	10,86
CL – 50	17,04	20,65	14,22	2,42	14,20
MC – 50	16,46	20,62	13,36	2,30	14,03
GC – 50	10,70	14,95	7,18	2,53	23,63

Tabela XLVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm – test Tukey’a.

Naprężenie styczneg [MPa]	
CF – 50 vs PC – 50	NS
CF – 50 vs EL – 90	$p < 0,0001$
CF – 50 vs PN – 50	$p < 0,0001$
CF – 50 vs CL – 50	$p < 0,0001$
CF – 50 vs MC – 50	$p < 0,0001$
CF – 50 vs GC – 50	$p < 0,0001$
PC – 50 vs EL – 50	$p < 0,0001$
PC – 50 vs PN – 50	$p < 0,0001$
PC – 50 vs CL – 50	$p < 0,0001$
PC – 50 vs MC – 50	$p < 0,0001$
PC – 50 vs GC – 50	$p < 0,0001$
EL – 50 vs PN – 50	$p < 0,0001$
EL – 50 vs CL – 50	$p < 0,0001$
EL – 50 vs MC – 50	$p < 0,0001$
EL – 50 vs GC – 50	NS
PN – 50 vs CL – 50	$p < 0,0001$
PN – 50 vs MC – 50	$p < 0,0001$
PN – 50 vs GC – 50	$p < 0,0001$
CL – 50 vs MC – 50	$p < 0,0001$
CL – 50 vs GC – 50	$p < 0,0001$
MC – 50 vs GC – 50	$p < 0,0001$

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon kondycjonowaną systemem trybochemicznym Co-Jet a szklivem zębów bydlęcych po 24 godzinym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Wyniki badania siły wiązania podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli XLVII, w których kolumny opisują średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wartości maksymalne, minimalne, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV). Analiza średniej wartości naprężenia stycznego wskazuje, że najwyższe wartości zanotowano dla grup PN – CJS, Panavia F 2.0 ($25,48 \pm 2,32$ MPa) oraz EL – CJS, Eco - Link ($20,81 \pm 1,92$ MPa). Wyniki analizy statystycznej wykazały brak istotności pomiędzy grupami (Tabela XLVIII) CF – CJS vs PC – CJS, EL – CJS vs CL – CJS i CL – CJS vs MC – CJS. Natomiast w przypadku pozostałych grup wystąpiły wysoce istotne różnice na poziomie $p < 0,0001$. Wielkości odchylenia standardowego uwidaczniają nieznaczny rozrzut uzyskanych wartości wokół wartości przeciętnej. Wielkości współczynnika zmienności poza grupami PN – CJS, EL – CJS, MC – CJS wskazują na znaczne rozproszenie danych pomiarowych wokół wartości średniej.

Tabela XLVII. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – CJS	4,45	6,03	2,75	1,36	30,48
PC – CJS	6,98	9,79	5,12	1,69	24,29
EL – CJS	20,81	23,91	18,18	1,92	9,21
PN -CJS	25,48	29,14	21,89	2,32	9,12
CL – CJS	18,81	23,71	15,83	2,63	13,97
MC – CJS	17,71	20,79	15,6	1,86	10,52
GC – CJS	12,66	15,41	8,46	2,41	19,02

Tabela XLVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szklivem zębów bydłych dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet – test Tukey’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – CJS vs PC – CJS	NS
CF – CJS vs EL – CJS	p < 0,0001
CF – CJS vs PN – CJS	p < 0,0001
CF – CJS vs CL – CJS	p < 0,0001
CF – CJS vs MC – CJS	p < 0,0001
CF – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001
PC – CJS vs EL – CJS	p < 0,0001
PC – CJS vs PN – CJS	p < 0,0001
PC – CJS vs CL – CJS	p < 0,0001
PC – CJS vs MC – CJS	p < 0,0001
PC – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001
EL – CJS vs PN – CJS	p < 0,0001
EL – CJS vs CL – CJS	NS
EL – CJS vs MC – CJS	p < 0,0001
EL – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001
PN – CJS vs CL – CJS	p < 0,0001
PN – CJS vs MC – CJS	p < 0,0001
PN – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001
CL – CJS vs MC – CJS	NS
CL – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001
MC – CJS vs GC – CJS	p < 0,0001

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

5. 4. Wyniki badań porównawczych wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową a zębiną zębów bydlęcych w teście na ścinanie.

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon a zębiną zębów bydlęcych w grupach kontrolnych.

W tabeli XLIX przedstawiono średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wartości maksymalne, minimalne, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV) próbek grup kontrolnych.

Analiza średnich wartości naprężenia stycznego (MPa) dla poszczególnych materiałów łączących wskazuje, że najwyższe wartości siły wiązania uzyskano przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0, grupa PN – KZ ($6,99 \pm 1,28$ MPa) i były one nieznacznie wyższe od zarejestrowanych dla cementów Clearfil SA Cement, grupa CL – KZ ($5,07 \pm 0,81$ MPa) i Max – Cem Elite, grupa MC – KZ ($5,04 \pm 0,93$ MPa). Przeprowadzona analiza porównawcza wielkości naprężenia stycznego (Tabela L) wykazała brak istotnych różnic statystycznych pomiędzy grupami CF – KZ vs PC – KZ, PC – KZ vs EL – K, PC – KZ vs GC – KZ, EL – KZ vs GC – KZ, PN – KZ vs CL – KZ i CL – KZ vs MC – KZ. Natomiast różnice wysoce istotne wystąpiły pomiędzy pozostałymi grupami $p < 0,0001$. Wielkości charakteryzujące odchylenia standardowe wskazują, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości przeciętnej jest umiarkowany. Wielkości współczynnika zmienności wskazują na znaczne rozproszenie danych pomiarowych we wszystkich analizowanych grupach.

Tabela XLIX. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których nie kondycjonowane krążki cyrkonowe łączono z zębiną zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – KZ	0,65	0,85	0,31	0,17	25,97
PC – KZ	1,40	1,97	0,88	0,40	28,84
EL – KZ	2,32	3,83	1,07	0,78	33,44
PN -KZ	6,99	8,46	5,21	1,28	18,25
CL – KZ	5,07	6,34	4,12	0,81	16,00
MC – KZ	5,04	6,68	4,02	0,93	18,45
GC – KZ	2,53	3,41	1,86	0,47	18,50

Tabela L. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon z zębina zębów bydłych w grupach kontrolnych
– test Tukey’a.

Naprężenie stycznne [MPa]	
CF – KZ vs PC – KZ	NS
CF – KZ vs EL – KZ	p < 0,0001
CF – KZ vs PN – KZ	p < 0,0001
CF – KZ vs CL – KZ	p < 0,0001
CF – KZ vs MC – KZ	p < 0,0001
CF – KZ vs GC – KZ	p < 0,0001
PC – KZ vs EL – KZ	NS
PC – KZ vs PN – KZ	p < 0,0001
PC – KZ vs CL – KZ	p < 0,0001
PC – KZ vs MC – KZ	p < 0,0001
PC – KZ vs GC – KZ	p < 0,0001
EL – KZ vs PN – KZ	p < 0,0001
EL – KZ vs CL – KZ	p < 0,0001
EL – KZ vs MC – KZ	p < 0,0001
EL – KZ vs GC – KZ	NS
PN – KZ vs CL – KZ	p < 0,0001
PN – KZ vs MC – KZ	p < 0,0001
PN – KZ vs GC – KZ	p < 0,0001
CL – KZ vs MC – KZ	NS
CL – KZ vs GC – KZ	p < 0,0001
MC – KZ vs GC – KZ	p < 0,0001

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

Analiza porównawcza wpływu cementu na siłę połączenia pomiędzy podbudową cyrkonową Cercon kondycjonowaną systemem trybochemicznym Co-Jet a zębiną zębów bydłych po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Wyniki badania siły wiązania podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli LI, w której kolumny opisują średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), wartości maksymalne, minimalne, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV). Analiza średniej wartości naprężenia stycznego wskazuje, że najwyższe wartości zanotowano dla grupy PN – CJZ, Panavia F 2.0 ($9,68 \pm 1,16$ MPa). Liczby opisujące wartości naprężenia stycznego nie różniły się istotnie pomiędzy grupami CF – CJZ vs PC – CJZ, PC – CJZ vs GC – CJZ, EL – CJZ vs CL – CJZ, EL – CJZ vs MC – CJZ i CL – CJZ vs MC – CJZ (Tabela LII). W pozostałych przypadkach odnotowano różnice wysoce istotne na poziomie $p < 0,0001$

Tabela LI . Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa), dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet i łączono z zębiną zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Grupa badawcza	Średnia [MPa]	Maksimum [MPa]	Minimum [MPa]	SD	CV %
CF – CJZ	1,73	2,06	1,12	0,32	18,47
PC – CJZ	2,78	3,36	2,21	0,36	12,84
EL – CJZ	6,21	7,86	4,70	1,21	19,55
PN -CJZ	9,68	12,67	8,75	1,16	12,02
CL – CJZ	6,85	7,75	5,70	0,78	11,39
MC – CJZ	7,64	8,45	5,96	0,84	11,03
GC – CJZ	3,52	4,16	2,61	0,48	13,75

Tabela LII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon z zębina zębów bydłych dla próbek w których cyrkonowe krążki kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet – test Tukey’a.

Naprężenie stycznego [MPa]	
CF – CJZ vs PC – CJZ	NS
CF – CJZ vs EL – CJZ	p < 0,0001
CF – CJZ vs PN – CJZ	p < 0,0001
CF – CJZ vs CL – CJZ	p < 0,0001
CF – CJZ vs MC – CJZ	p < 0,0001
CF – CJZ vs GC – CJZ	p < 0,0001
PC – CJZ vs EL – CJZ	p < 0,0001
PC – CJZ vs PN – CJZ	p < 0,0001
PC – CJZ vs CL – CJZ	p < 0,0001
PC – CJZ vs MC – CJZ	p < 0,0001
PC – CJZ vs GC – CJZ	NS
EL – CJZ vs PN – CJZ	p < 0,0001
EL – CJZ vs CL – CJZ	NS
EL – CJZ vs MC – CJZ	p < 0,0001
EL – CJZ vs GC – CJZ	p < 0,0001
PN – CJZ vs CL – CJZ	p < 0,0001
PN – CJZ vs MC – CJZ	p < 0,0001
PN – CJZ vs GC – CJZ	p < 0,0001
CL – CJZ vs MC – CJZ	NS
CL – CJZ vs GC – CJZ	p < 0,0001
MC – CJZ vs GC – CJZ	p < 0,0001

p – poziom istotności

NS – różnica nieistotna statystycznie

5. 5. Wyniki badań porównawczych siły wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa i zębiny zębów bydlęcych w teście na ścinanie.

Wyniki badań siły wiązania do szkliwa i zębiny podczas testu na ścinanie przedstawiono w tabeli LIII, w której kolumny uwzględniają średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) wraz z odchyleniem standardowym (SD) i współczynnikiem zmienności (CV).

Z przedstawionych danych wynika, że zdecydowanie wyższe wartości naprężenia stycznego (MPa) uzyskano dla szkliwa aniżeli dla zębiny bez względu na rodzaj zastosowanego cementu oraz sposobu kondycjonowania powierzchni ceramiki .

Przeprowadzona analiza statystyczna miała dostarczyć odpowiedzi, na pytanie jaki wpływ na wielkość naprężenia stycznego (MPa) ma zastosowanie kondycjonowania dozębowej powierzchni ceramiki cyrkonowej Cercon systemem trybochemicznym Co – Jet. Analizę przeprowadzono przy pomocy testu T – Studenta dla grup niezależnych, który wykazał, że bez względu na zastosowany cement, przygotowanie powierzchni ceramiki cyrkonowej systemem Co – Jet w sposób wysoce istotny statystycznie ($p < 0,0001$) podnosi wartość naprężenia stycznego w poddanych badaniu próbkach (Tabela LIV).

Tabela LIII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), odchylenia standardowego (SD) oraz współczynnika zmienności (CV) dla szkliva i zębiny zębów bydłych przy zastosowaniu siedmiu cementów, w grupie kontrolnej oraz próbek kondycjonowanych systemem Co-Jet.

Grupa Badawcza	MPa		SD		CV %	
	szkliwo	zębina	szkliwo	Zębina	szkliwo	Zębina
CF – KS	1,90	0,65	0,73	0,17	38,31	25,97
CF – CJS	4,45	1,73	1,36	0,32	30,48	18,47
PC – KS	3,00	1,40	0,61	0,40	20,43	28,84
PC – CJS	6,98	2,78	1,69	0,36	24,29	12,84
EL – KS	8,80	2,32	0,82	0,78	9,35	33,44
EL – CJS	20,81	6,21	1,92	1,21	9,21	19,55
PN – KS	18,20	6,99	1,21	1,28	6,67	18,25
PN – CJS	25,48	9,68	2,32	1,16	9,12	12,02
CL – KS	15,92	5,07	2,48	0,81	15,59	16,00
CL – CJS	18,82	6,85	2,63	0,78	13,97	11,39
MC – KS	13,50	5,04	2,26	0,93	16,73	18,45
MC – CJS	17,71	7,64	1,86	0,84	10,52	11,03
GC – KS	9,42	2,53	1,77	0,47	18,82	18,50
GC – CJS	12,66	3,52	2,41	0,48	19,02	13,75

Tabela LIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy szkliwem a zębina zębów bydlęcych przy zastosowaniu siedmiu cementów w grupie kontrolnej oraz dla próbek kondycjonowanych systemem Co-Jet – test T - Studenta.

Szklivo	Zębina	Test T – Studenta
CF – KS	CF – KZ	P < 0,0001
CF – CJS	CF – CJZ	P < 0,0001
PC – KS	PC – KZ	P < 0,0001
PC – CJS	PC – CJZ	P < 0,0001
EL – KS	EL – KZ	P < 0,0001
EL – CJS	EL – CJZ	P < 0,0001
PN – KS	PN – KZ	P < 0,0001
PN – CJS	PN – CJZ	P < 0,0001
CL – KS	CL – KZ	P < 0,0001
CL – CJS	CL – CJZ	P < 0,0001
MC – KS	MC – KZ	P < 0,0001
MC – CJS	MC – CJZ	P < 0,0001
GC – KS	GC – KZ	P < 0,0001
GC – CJS	GC – CJZ	P < 0,0001

p – poziom istotności

5. 6. Wyniki analizy powierzchni przełomów oraz wskaźnika ilościowego i jakościowego pozostawionego cementu na powierzchni twardych tkanek zębów bydłych.

Wyniki analizy powierzchni przełomów, wskaźnika ARI oraz Image J na powierzchni szkliwa.

Dane dotyczące rodzajów przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz średnich wartości analizy Image J, w zależności od zastosowanego cementu i sposobu kondycjonowania powierzchni podbudowy cyrkonowej Cercon przedstawiono w tabelach LV – LXI.

Analiza przełomów wykazała, że w przypadku próbek grup CF – KS w siedmiu przypadkach zarejestrowano przełomy adhezyjno – kohezyjne, bez uszkodzenia szkliwa i zębiny typu A/K 1 oraz trzy przełomy typu adhezyjnego A 1, na granicy cyrkonu i środka łączącego. W przypadku wartości wskaźnika ARI, zaobserwowano podobne tendencję mieszczące się w zakresie ocen 2 (7 próbek) i 3 (3 próbki). Przeprowadzona analiza ilościowa wykazała, że średnie wartości pozostałego na powierzchni szkliwa cementu cynkowo – fosforanowego wynosiły 98,12 %. Podobne tendencje odnotowano w przypadku grupy PC – KS, w której zarejestrowano dziewięć przełomów typu A/K 1 i jeden typu A 1. Wartości wskaźnika ARI mieściły się w zakresie ocen 2 (9 próbek) oraz 3 (jedna próbka), a wartość analizy ilościowej wynosiła 93,82 %. W przypadku grup EL – KS, PN – KS, CL – KS, MC – KS i GC – KS zarejestrowano wyłącznie przełomy adhezyjno – kohezyjne, bez uszkodzenia powierzchni szkliwa typu A/K 1. Wartości wskaźnika ARI w grupach EL – KS i GC – KS oceniono na poziomie wartości 2, natomiast w grupach PN – KS, CL – KS oraz MC – KS na poziomie wartości 1. Analiza ilościowa Image J wykazała, że średnie wartości pozostałego na powierzchni szkliwa cementu wynosiły dla grup EL – KS 94,31 %, GC – KS 71,53 %, PN – KS 40,21 %, CL – KS 38,86 % oraz MC – KS 37,88 %.

Próbki, w których powierzchnie ceramiki cyrkonowej Cercon kondycjonowano systemem trybochemicznym Co – Jet w grupach CF – CJS, PC – CJS, EL – CJS, GC – CJS zarejestrowano wyłącznie przełomy adhezyjno – kohezyjne typu A/K 1, bez uszkodzenia szkliwa. Natomiast w przypadku grupy PN – CJS odnotowano wystąpieniu dwóch przełomów kohezyjnych w obrębie warstwy szkliwa typu K 2, jednego przełomu mieszanego typu A/K 2 z uszkodzeniem powierzchni szkliwa oraz siedmiu przełomów adhezyjno – kohezyjnych typu A/K 1. W pozostałych dwóch grupach (CL – CJS, MC – CJS) zarejestrowano po dwa przełomy typu A/K 2 oraz osiem typu A/K 1. W omawianym systemie przygotowania powierzchni ceramiki ocena wskaźnika ARI dla grup EL – CJS, CL – CJS, MC – CJS, GC – CJS wynosiła 1, w grupie PN – CJS 0 (2 próbki) i 1 (8 próbek), w grupie PC – CJS 1 (5 próbek) i 2 (5 próbek) oraz grupie CF – CJS 1 (4 próbki) i 2 (6 próbek). Analiza ilościowa wykazała, że ilość pozostałego na powierzchni cementu wynosiła odpowiednio dla grupy CF – CJS 54,23 %, PC – CJS 56,47%, EL – CJS 19,93 %, PN – CJS 4,76 %, CL – CJS 4,69 %, MC – CJS 5,11 % oraz GC – CJS 29,89 %.

Z oceny powierzchni przełomów próbek kondycjonowanych tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 µm wynika, że we wszystkich przypadkach wystąpiły przełomy adhezyjno – kohezyjne bez uszkodzenia warstwy szkliwa typu A/K 1. Wartości wskaźnika ARI dla grup CF – 50, PC – 50, EL – 50 wynosiły 1, natomiast dla grup PN – 50, CL – 50 i MC – 50 wzrosły do poziomu 2. W przypadku grupy GC – 50 wartości mieściły się w zakresie od 1 (4 próbki) do 2 (6 próbek). Przeprowadzona komputerowa analiza ilościowa wykazała że, ilość pozostawionego na powierzchni szkliwa materiału łączącego wynosiła odpowiednio w grupach: CF – 50 78,71%, PC – 50 76,74%, EL – 50 54,76%, PN – 50 18,93%, CL – 50 21,47%, MC – 50 20,92% oraz GC – 50 54,83%.

Kategorie uszkodzeń w przypadku próbek kondycjonowanych tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 µm przebiegały na granicy cyrkonu i środka łączącego oraz w obrębie warstw

cementów, bez uszkodzenia powierzchni szkliwa, co odpowiada przełomowi mieszanemu typu A/K 1. Wartości wskaźnika ARI dla grup CF – 90, PC – 90 i EL – 90 kształtowały się na poziomie 1, natomiast w grupach PN – 90, CL – 90 oraz MC – 90 wynosiły 2. W przypadku grupy GC – 90 kształtowały się w zakresie od 1 (1 próbka) do 2 (9 próbek). Analiza ilościowa Image J wykazała pozostałości poddanych ocenie cementów na powierzchni szkliwa zębów bydłych w następujących ilościach: grupa CF – 90 80,27 %, PC – 90 73,22 %, EL – 90 62,91 %, PN – 90 28,81 %, CL – 90 27,25 %, MC – 90 28,11 i GC – 90 60,32 %.

Analiza przełomów próbek kondycjonowanych tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm wykazała występowanie przełomów adhezyjno – kohezyjnych typu A/K 1, z wyjątkiem grupy CF – 110 w której stwierdzono jeden przełom adhezyjny na granicy cyrkonu i środka łączącego typu A 1 oraz dziewięć przełomów A/K 1. Wartości wskaźnika ARI dla grup PC – 110, EL – 110 wynosiły 1, natomiast w grupach PN – 110, CL – 110 i MC – 110 wzrosły do 2. W grupie CF – 110 wartości kształtowały się na poziomie od 2 (9 próbek) do 3 (1 próbka), a w grupie GC – 110 w zakresie od 1 (1 próbka) do 2 (9 próbek). Przeprowadzona analiza ilościowa wykazała, że średnie wartości pozostałych na powierzchni szkliwa cementów wynosiły odpowiednio: grupa CF – 110 91,41 %, PC – 110 88,43 %, EL – 110 86,81 %, PN – 110 30,53 %, CL – 110 37,13 %, MC – 110 34,12 % i GC 0- 110 65,76 %.

Tabela LV. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem cynkowo – fosforanowym.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement cynkowo - fosforanowy Harvard				
	CF - KS	CF – CJS	CF - 50	CF - 90	CF – 110
A 1	3	0	0	0	1
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	7	10	10	10	9
A/K 2	0	0	0	0	0
ARI – 0	0	0	0	0	0
ARI – 1	0	4	0	0	0
ARI – 2	7	6	10	10	9
ARI – 3	3	0	0	0	1
I. J. %	98,12	54,23	78,71	80,27	91,41

Tabela LVI. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem cynkowo – polikarboksylowym.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement cynkowo - polikarboksyłowy Harvard				
	PC – KS	PC – CJS	PC – 50	PC - 90	PC – 110
A 1	1	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	9	10	10	10	10
A/K 2	0	0	0	0	0
ARI – 0	0	0	0	0	0
ARI – 1	0	5	0	0	0
ARI – 2	9	5	10	10	10
ARI – 3	1	0	0	0	0
I. J. %	93,82	56,47	76,74	73,22	88,43

Tabela LVII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Eco - Link.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement adhezyjny Eco – Link 3M ESPE				
	EL - K	EL – CJ	EL – 50	EL - 90	EL - 110
A 1	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	10	10	10	10	10
A/K 2	0	0	0	0	0
ARI – 0	0	0	0	0	0
ARI – 1	0	10	0	0	0
ARI – 2	10	0	10	10	10
ARI – 3	0	0	0	0	0
I. J. %	94,31	19,93	54,76	62,91	86,81

Tabela LVIII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement adhezyjny Panavia F 2.0 Kuraray				
	PN – KS	PN – CJS	PN – 50	PN - 90	PN - 110
A 1	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	2	0	0	0
A/K 1	10	7	10	10	10
A/K 2	0	1	0	0	0
ARI – 0	0	2	0	0	0
ARI – 1	10	8	10	10	10
ARI – 2	0	0	0	0	0
ARI – 3	0	0	0	0	0
I. J. %	40,21	4,76	18,93	28,81	30,53

Tabela LIX. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement adhezyjny Clearfil SA Cement Kuraray				
	CL - KS	CL - CJS	CL - 50	CL - 90	CL - 110
A 1	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	10	8	10	10	10
A/K 2	0	2	0	0	0
ARI - 0	0	0	0	0	0
ARI - 1	10	10	10	10	10
ARI - 2	0	0	0	0	0
ARI - 3	0	0	0	0	0
I. J. %	38,86	4,69	21,47	27,25	37,13

Tabela LX. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Max - Cem Elite.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement adhezyjny Max - Cem Elite Kerr				
	MC - KS	MC - CJS	MC - 50	MC - 90	MC - 110
A 1	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	10	8	10	10	10
A/K 2	0	2	0	0	0
ARI - 0	0	0	0	0	0
ARI - 1	10	10	10	10	10
ARI - 2	0	0	0	0	0
ARI - 3	0	0	0	0	0
I. J. %	37,88	5,11	20,92	28,11	34,12

Tabela LXI. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem szkłoionomerowym wzmocnionym żywicą Fuji Plus.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Cement szkłoionomerowy wzmocniony żywicą Fuji Plus GC				
	GC - KS	GC - CJS	GC - 50	GC - 90	GC - 110
A 1	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0
A/K 1	10	10	10	10	10
A/K 2	0	0	0	0	0
ARI - 0	0	0	0	0	0
ARI - 1	0	10	4	2	1
ARI - 2	10	0	6	8	9
ARI - 3	0	0	0	0	0
I. J. %	71,53	29,89	54,83	60,32	65,76

Wyniki analizy powierzchni przełomów i wskaźnika ARI na powierzchni zębiny.

Dane dotyczące rodzajów przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz średnich wartości analizy Image J, w zależności od zastosowanego cementu w grupach kontrolnych i eksperymentalnych przedstawiono w tabelach LXII – LXIII.

Analiza danych zawartych w tabeli LXII wskazuje, że w grupach kontrolnych niezależnie od zastosowanego materiału łączącego rejestrowano wyłącznie przełomy adhezyjno – kohezyjne typu A/K 1, bez uszkodzenia zębiny zęba bydłowego. Wartość wskaźnika ARI we wszystkich poddanych ocenie przypadkach wynosiła 2. W omawianych grupach nie zanotowano także niezgodności pomiędzy oceną kliniczną płaszczyzn przełomów, a ilościową oceną komputerową, a więc można przyjąć, że ocena kliniczna jest miarodajna.

W grupach, w których powierzchnię ceramiki cyrkonowej poddano kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co – Jet stwierdzono występowanie przełomów mieszanych typu A/K 1, bez uszkodzenia warstwy zębiny, z wyjątkiem grupy PN – CJZ gdzie odnotowano dwa przełomy adhezyjno – kohezyjne typu A/K 2 z uszkodzeniem zębiny. Analiza liczb opisujących wartości wskaźnika ARI w przypadku grup EI – CJZ, PN – CJZ, CL – CJZ, MC – CJZ i GC – CJZ wynosiła 1, natomiast w przypadku grup CF – CJZ oraz PC – CJZ od 1 do 2. Przeprowadzona komputerowa analiza ilościowa wykazała że, ilość pozostawionego na powierzchni zębiny cementu wynosiła odpowiednio w grupie CF – CJZ 59,74 %, PC – CJZ 56,92 %, EL – CJZ 38,25 %, PN – CJZ 5,21%, CL – CJZ 5,97 %, MC – CJZ 6,01% i GC – CJZ 30,78%.

Tabela LXII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek grup kontrolnych, w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono z zębiną zębów bydłych siedmioma rodzajami cementów

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Rodzaje próbek grup kontrolnych						
	CF - KZ	PC – KZ	EL – KZ	PN - KZ	CL - KZ	MC - KZ	GC - KZ
A 1	0	0	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0	0	0
A/K 1	10	10	10	10	10	10	10
A/K 2	0	0	0	0	0	0	0
ARI – 0	0	0	0	0	0	0	0
ARI – 1	0	0	0	0	0	0	0
ARI – 2	10	10	10	10	10	10	10
ARI – 3	0	0	0	0	0	0	0
I. J. %	96,23	92,11	93,41	50,52	51,31	53,89	67,33

Tabela LXIII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek, w których podbudowę cyrkonową Cercon kondycjonowano systemem Co – Jet i łączono z zębiną zębów bydłych siedmioma rodzajami cementów.

Rodzaje przełomów Wskaźnik ARI Image J	Rodzaje próbek grup eksperymentalnych						
	CF - CJZ	PC – CJZ	EL – CJZ	PN - CJZ	CL - CJZ	MC-CJZ	GC - CJZ
A 1	0	0	0	0	0	0	0
A 2	0	0	0	0	0	0	0
K 1	0	0	0	0	0	0	0
K 2	0	0	0	0	0	0	0
A/K 1	10	10	10	8	10	10	10
A/K 2	0	0	0	2	0	0	0
ARI – 0	0	0	0	0	0	0	0
ARI – 1	3	4	10	10	10	10	10
ARI – 2	7	6	0	0	0	0	0
ARI – 3	0	0	0	0	0	0	0
I. J. %	59,74	56,92	38,25	5,21	5,97	6,01	30,78

6. OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

Przeprowadzone w tej rozprawie badania laboratoryjne dotyczące porównania siedmiu rodzajów cementów oraz pięciu sposobów kondycjonowania powierzchni podbudowy cyrkonowej miały na celu określenie, który ze sposobów przygotowania cyrkonu wpływa najkorzystniej na siłę połączenia z tkankami twardymi zęba oraz który z wybranych materiałów łączących zapewnia najlepszą siłę wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa i zębiny.

Uzyskane w badaniach *in vitro* wyniki wykazały, że najwyższe wartości naprężeń stycznych połączenia podbudowy cyrkonowej ze szkliwem i zębina, niezależnie od sposobu kondycjonowania powierzchni dwutlenku cyrkonu uzyskano dla cementu adhezyjnego Panavia F 2.0. Zarejestrowane wartości naprężenia stycznego w przypadku połączenia cyrkonu ze szkliwem zębów bydłych wynosiły dla grupy kontrolnej 18,2 MPa, natomiast dla grup eksperymentalnych odpowiednio; tlenek glinu o średnicy ziarna 110 μm 23,04 MPa, tlenek glinu o średnicy ziarna 90 μm 23,1 MPa, tlenek glinu o średnicy ziarna 50 μm 22,76 MPa oraz Co-Jet 25,48 MPa. Były więc porównywalne z wartościami zarejestrowanymi przez Bottino i wsp. (11) dla cyrkonu kondycjonowanego systemem Co-Jet (26,8 MPa) oraz nieznacznie wyższe w porównaniu z wartościami dla systemu Co-Jet (21,6 MPa) oraz systemu Co-Jet wraz z silanem (21,9 MPa) otrzymanymi przez Atsu i wsp. (6).

Przeprowadzając test na zrywanie dla cyrkonu kondycjonowanego tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm łączonego z żywicą kompozytową za pomocą cementu Panavia F 2.0 Yang i wsp.(101) uzyskali zbliżone wartości wynoszące 25,4 MPa. Na dobre właściwości adhezyjne powierzchni dwutlenku cyrkonu poddanego kondycjonowaniu poprzez zastosowanie obróbki strumieniowo-ściernej zwrócili wcześniej uwagę Begazo i wsp (7), Quaas i wsp. (78) oraz Wolfart i wsp. (98). Sugerują Oni również, że zastosowanie cementu adhezyjnego zawierającego monomer MDP zapewnia najlepszą siłę wiązania bez względu na sposób

przygotowania powierzchni ceramiki cyrkonowej, co potwierdziły także wyniki uzyskane w niniejszej rozprawie.

Wysokie wartości siły wiązania pomiędzy ceramiką a szkliwem i zębina zębów bydłych przy zastosowaniu opartego na monomerze MDP cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 potwierdzają opinię innych autorów (1, 11, 19, 22, 74, 75, 77) o dobrych właściwościach adhezyjnych oraz stabilności w środowisku wodnym tego materiału łączącego.

W przypadku analizy siły połączenia próbek cyrkonowych z zębina za pomocą cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 uzyskane wyniki różniły się wysoce istotnie statystycznie ($p < 0,0001$) od wartości zarejestrowanych dla szkliwa i wynosiły odpowiednio w grupie kontrolnej 6,99 MPa oraz w grupie doświadczalnej 9,68 MPa. Były więc zbliżone do tych które uzyskali łącząc ceramikę cyrkonową Lava kondycjonowaną system Rocatec z zębina ludzką za pomocą cementu Superbond C & B (8,1 MPa) Ernst i wsp. (28). Zdaniem Yang i wsp (101) siła wiązania cementów jest zależna od regionu zębiny i osiąga najwyższe wartości dla zębiny powierzchniowej, natomiast zdecydowanie spada w przypadku zębiny głębokiej oraz przyszyjkowej.

Niższe różniące się w sposób wysoce istotny statystycznie ($p < 0,0001$) wartości naprężenia stycznego bez względu na sposób kondycjonowania powierzchni cyrkonowych próbek uzyskano, po zastosowaniu cementów samotrawiących Clearfil SA Cement oraz Max - Cem Elite. Uzyskane wielkości siły wiązania do szkliwa w grupach kontrolnych wynosiły dla materiału Clearfil SA Cement 15,92 MPa oraz 13,50 MPa dla Max – Cem Elite, natomiast w grupach doświadczalnych od 17,04 MPa do 18,82 MPa (Clearfil SA Cement) i od 16,01 MPa do 17,71 MPa (Max – Cem Elite).

Były więc zdecydowanie wyższe, w porównaniu z wartościami otrzymanymi dla ceramiki Vita Blocks Mark II łączonej ze szkliwem zębów bydłych przy pomocy materiałów Max - Cem oraz Rely X Unicem przez Czarnecką i wsp. (19) oraz Prylińskiego i wsp (76). Jednak

w tym przypadku wartości naprężenia stycznego były rejestrowane po 24 godzinnym przetrzymywaniu próbek w wodzie destylowanej oraz 500 cyklicznych zmianach temperatury (termocyklingu), jak również zastosowano inną pod względem budowy chemicznej ceramikę (ceramika skaleniowa), co uniemożliwia w sposób bezpośredni porównanie uzyskanych wyników badań. Natomiast zbliżone wartości naprężenia stycznego do zarejestrowanych przez autorkę rozprawy uzyskał De Munck i wsp. (21), którzy oceniali siłę wiązania pomiędzy szkliwem i kompozytem przy zastosowaniu samotrawiącego cementu adhezyjnego Rely X Unicem. Ci sami autorzy sugerują również, że słabsze właściwości adhezyjne cementów samotrawiących są najprawdopodobniej związane z faktem, iż ich działanie ogranicza się jedynie do powierzchniowych warstw szkliwa i zębiny, co potwierdzają obserwacje dokonane w skaningowym mikroskopie elektronowym.

W przypadku analizy siły połączenia cyrkonowych próbek z zębina przy zastosowaniu cementów Clearfil SA Cement oraz Max - Cem Elite wytrzymałość na ścinanie wynosiła odpowiednio 5,07 MPa (grupa kontrolna) i 6,85 Mpa (grupa doświadczalna) oraz 5,04 Mpa (grupa kontrolna) i 7,64 Mpa (grupa doświadczalna). Była więc zdecydowanie niższa od wartości zarejestrowanych dla szkliwa, co jest zgodne z obserwacjami innych autorów (21, 55, 74, 101).

Wytrzymałość na ścinanie w układzie cyrkon - Eco-Link - szkliwo oraz cyrkon - GC Fuji Plus – szkliwo, zarówno w grupach kontrolnych (EL – KS 8,8 MPa, GC – KS 9,42 MPa) jak i doświadczalnych kondycjonowanych obróbką strumieniowo – ścierną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm (EL – 50 10,47 MPa, GC – 50 10,7 MPa), 90 μm (EL – 90 10,17 MPa, GC – 90 10,65 MPa), 110 μm (EL – 110 10,85 MPa), GC – 110 11,07 MPa) nie różniły się pomiędzy sobą w sposób istotny i były porównywalne z wartościami uzyskanymi dla ceramiki skaleniowej przez Begazo i wsp. (7), Piwowarczyka i wsp. (71) oraz

Prylińskiego i wsp (77). Należy jednak zaznaczyć, że uzyskane wartości naprężenia stycznego są zdecydowanie niższe od tych które w literaturze przedmiotu uznaje się za wystarczające (> 15 MPa), aby w warunkach klinicznych uzyskać trwałe połączenie adhezyjne ze szkliwem zębów filarowych (72). Nieco wyższą siłę wiązania zarejestrowano w układzie cyrkon – GC Fuji Plus – szkliwo, gdy dozębową powierzchnię cyrkonowych próbek przygotowano systemem trybochemicznym Co – Jet (12, 66 MPa). Natomiast ten sam sposób kondycjonowania powierzchni cyrkonowych próbek w układzie cyrkon – Eco-Link – szkliwo, spowodował wzrost naprężenia stycznego o 136 % (20,81 MPa). Jak już wspomniano w rozdziale drugim w tym przypadku pod wpływem obróbki trybochemicznej na powierzchni cyrkonowych próbek wytwarza się warstwa bogata w krzem (silikatyacja), która następnie powlekana jest związkami krzemoorganicznymi - silanem (silanizacja) łączącym się poprzez grupy hydroksylowe z nieorganicznym substratem oraz poprzez grupy metakrylowe z analogicznymi grupami materiału kompozytowego. Uzyskana wysoka siła wiązania w układzie cyrkon – Eco-Link – szkliwo/zębina pod wpływem omawianego sposobu kondycjonowania sugeruje, że omawiany cement kompozytowy dzięki swej dobrej zwilżalności oraz strukturze cząsteczek wypełniacza posiada szczególne powinowactwo do wytworzonych na powierzchni cyrkonu reaktywnych grup metakrylowych.

Najniższe wartości siły wiązania pomiędzy szkliwem a cyrkonem oraz zębiną a cyrkonem uzyskano wówczas gdy zastosowano cementy cynkowo – fosforanowy i cynkowo – polikarboksylowy. Wielkości naprężenia stycznego w grupach kontrolnych wynosiły dla cementu cynkowo – fosforanowego 1,9 MPa oraz cynkowo – polikarboksylowego 3,0 MPa. Na niską siłę wiązania cementu cynkowo – fosforanowego względem stopów złota, ceramiki na bazie dwukrzemianu litu oraz trójtlenku glinu zwrócili w swych badaniach uwagę Piwowarczyk i wsp. (71). Autorzy Ci wykazali również, iż w przypadku omawianego materiału proces termocyklingu powoduje spadek wartości naprężenia stycznego poniżej 1

MPa do stopu złota oraz całkowitą utratę połączenia z porcelaną Procera AllCeram. Do analogicznych wniosków doszli również Shakin i Kern (84), którzy badali siłę retencji pomiędzy ceramiką cyrkonową a zębina, przy zastosowaniu cementów cynkowo-fosforanowego Harvard, szkło – ionomerowego Ketac Cem oraz kompozytowego Panavia 21 TC. Ważnym wydaje się być fakt, że w przypadku obu omawianych materiałów proces kondycjonowania powierzchni cyrkonu zarówno obróbką strumieniowo – ścierną tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm , 90 μm , 110 μm oraz systemem Co – Jet spowodował wzrost siły wiązania o ponad 100 %, uzyskane wartości w porównaniu z pozostałymi poddanymi ocenie cementami różnią się w sposób wysoce istotny statystycznie ($p < 0,0001$).

Uzyskane w prezentowanych badaniach wartości naprężenia stycznego dla próbek w których ceramikę cyrkonową łączono ze szkliwem i zębina przy zastosowaniu cementów cynkowo – fosforanowego oraz cynkowo – polikarboksyłowego wydają się zaprzeczać coraz częściej pojawiającym się w literaturze doniesieniom (88, 92), że uzupełnienia protetyczne na podbudowie z dwutlenku cyrkonu nie muszą być osadzone na zębach filarowych w sposób adhezyjny, lecz za pomocą cementów konwencjonalnych.

Przeprowadzona w prezentowanych badaniach analiza porównawcza wykazała, że niezależnie od zastosowanego materiału łączącego najwyższe wartości naprężenia stycznego połączenia cyrkonu ze szkliwem i zębina zębów bydłych zarejestrowano wówczas gdy próbki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co – Jet. Na dobre właściwości adhezyjne powierzchni ceramik tlenkowych, stopów metali oraz tytanu poddanych obróbce przy zastosowaniu systemów Rocatec i Co – Jet zwracało wcześniej uwagę wielu autorów (3, 12, 22, 51, 68, 69, 70, 79, 99). Zdaniem Piotrowskiego (67) trybochemiczny sposób przygotowania powierzchni nie tylko eliminuje stosowanie zaczepów mechanicznych pomiędzy łączonymi materiałami lecz również zmniejsza ryzyko wystąpienia

mikroprzecieku, a co za tym idzie możliwość powstawania stanów zapalnych otaczających tkanek miękkich.

Z przedstawionych w rozdziale 5.5. wartości naprężenia stycznego jednoznacznie wynika, że bez względu na rodzaj zastosowanego materiału łączącego zarówno w grupach kontrolnych jak i doświadczalnych siła wiązania poddanych ocenie cementów do szkliwa przewyższa zdecydowanie wielkości zarejestrowane dla zębiny ($p < 0,0001$), co jest zgodne z doniesieniami innych autorów (14, 21, 74). Tak duża różnica wartości naprężenia stycznego sięgająca od 114 % do 279 % na korzyść szkliwa sugeruje, iż wszędzie tam gdzie jest to możliwe należy tak szlifować zęby filarowe, aby ilość pozostawionego szkliwa była możliwie jak największa, bowiem może mieć to wpływ na trwałość kliniczną osadzonych protez stałych.

Przeprowadzone w niniejszej rozprawie badania laboratoryjne dostarczyły istotnych informacji na temat siły wiązania ceramiki cyrkonowej do szkliwa i zębiny zębów bydłych przy zastosowaniu odmiennych pod względem składu chemicznego oraz sposobu wiązania cementów. Z praktyki klinicznej wiadomo, że niekiedy dochodzi do odcementowania uzupełnienia protetycznego od zębów filarowych. W takich przypadkach istotne wydaje się określenie, czy przyczyną niepowodzenia jest brak właściwego połączenia cementu z tkankami twardymi zęba czy z powierzchnią protezy stałej przylegającą do zęba filarowego. Dlatego też po przeprowadzonym teście na ścinanie dokonano klinicznej oceny kategorii przełomów oraz ich analizy ilościowej przy zastosowaniu wskaźnika ARI i komputerowego programu Image J. W większości prezentowanych w piśmiennictwie (6, 21, 33, 52, 61, 78, 84, 85, 100) badań laboratoryjnych w połączeniach ceramiki cyrkonowej z tkankami twardymi zęba lub żywicami kompozytowymi obserwowano pęknięcia zarówno na granicy cyrkonu i materiału łączącego, jak i cyrkonu i szkliwa oraz zębiny, a także przełomy mieszane w których cement znajdował się na obu poddanych ocenie powierzchniach.

Przeprowadzona w tej pracy kliniczna ocena kategorii przełomów wykazała, że w większości przypadków zarejestrowano przełomy mieszane adhezyjno - kohezyjne zarówno bez uszkodzenia szkliwa i zębiny (A/K1) jak i z uszkodzeniem tkanek twardych zęba (A/K2) oraz niewielką ilość przełomów adhezyjnych na granicy cyrkonu i środka łączącego (A1). Natomiast obserwowane dwa przełomy typu kohezyjnego w obrębie warstwy szkliwa (K2) dotyczyły cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 w próbkach poddanych kondycjonowaniu systemem trybochemicznym Co – Jet. Wykonana przy pomocy programu komputerowego Image J analiza ilościowa pozostałości cementów na powierzchni szkliwa i zębiny potwierdziła dokonaną wstępnie ocenę kliniczną kategorii przełomów. Zdaniem niektórych autorów (25, 72) aby jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, czy w przypadku przełomów mieszanych adhezyjno - kohezyjnych zawiodło połączenie materiału łączącego z tkankami twardymi zęba, czy z uzupełnieniem protetycznym należy ocenić ilość pozostałego cementu na powierzchni szkliwa lub zębiny przy pomocy wskaźnika ARI. W przeprowadzonych badaniach ocena indeksu ARI wskazuje, że w przypadku grup kontrolnych wartości wskaźnika mieściły się w zakresie ocen od 1 do 3, natomiast w grupach eksperymentalnych charakteryzowały się ocenami 1 i 2 z wyraźną przewagą wartości 1 (> 60 %). Tak wyraźny spadek ilości cementu na powierzchni tkanek twardych zęba po przeprowadzonym procesie kondycjonowania ceramiki cyrkonowej może świadczyć, że pod wpływem obróbki strumieniowo-ścierniej następuje silniejsze wiązanie poddanych ocenie cementów do cyrkonu, niż do szkliwa i zębiny.

Zarejestrowane w tych badaniach wartości naprężeń stycznych różniły się w stopniu wysoce istotnym statystycznie pomiędzy grupą kontrolną a wszystkimi poddanymi ocenie grupami eksperymentalnymi co sugeruje, że proces kondycjonowania powierzchni ceramiki cyrkonowej obok zastosowania odpowiedniego cementu adhezyjnego odgrywa kluczowe

znaczenie dla zapewnienia właściwej trwałości uzupełnień protetycznych wykonanych z tego rodzaju materiału.

7. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych można sformułować następujące wnioski:

1. Obróbka strumieniowo – ścierna powierzchni podbudowy cyrkonowej umożliwia uzyskanie optymalnej siły wiązania z tkankami twardymi zęba oraz może być zastosowana jako jeden z etapów postępowania klinicznego.
2. Najkorzystniejsze warunki połączenia podbudowy cyrkonowej z tkankami twardymi zęba stwarza kondycjonowanie powierzchni metodą trybochemiczną.
3. Najwyższe wartości sił wiązania podbudowy cyrkonowej ze szkliwem i zębina zębów bydlęcych zapewnia cement kompozytowy Panavia F 2.0, co wydaje się być zależne od składu chemicznego tego materiału.
4. Siła wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa jest istotnie wyższa niż do zębiny, a jej wartość jest zależna od rodzaju zastosowanego cementu.
5. Kategorie przełomów kohezyjne (K1, K2) i mieszane adhezyjno-kohezyjne (A/K1, A/K2) dla wszystkich cementów adhezyjnych korelują z ich istotnie wyższymi wartościami naprężeń stycznych w porównaniu z cementami konwencjonalnymi, w których utrata połączenia zawsze przebiega adhezyjnie (A1) na granicy cyrkon – cement oraz adhezyjno-kohezyjnie (A/K1) bez uszkodzenia tkanek twardych zęba.

8. STRESZCZENIE

Celem niniejszej pracy było określenie, który ze sposobów kondycjonowania podbudowy cyrkonowej wpływa najkorzystniej na siłę połączenia z tkankami twardymi zęba. Ponadto badania miały dostarczyć odpowiedzi na pytanie, który z wybranych materiałów łączących zapewnia najlepszą siłę wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa i zębiny

Do badań wykorzystano świeżo usunięte bydlęce siekacze dolne pochodzące od zwierząt trzyletnich. Dla 490 zębów wykonano w systemie CAD/CAM z ceramiki cyrkonowej Cercon krążki o średnicy 6 mm i grubości 2 mm, które łączono z tkankami twardymi zęba przy pomocy siedmiu różnych pod względem właściwości fizyko – chemicznych oraz sposobu wiązania materiałów łączących. W przypadku grup eksperymentalnych dozębową powierzchnię krążków cyrkonowych poddawano przed połączeniem ze szkliwem i zębina procesowi piaskowania za pomocą tlenku glinu o średnicy ziarna 110 μm , 90 μm , 50 μm oraz systemem trybochemicznym Co – Jet.

Łącznie przygotowano 350 próbek dla szkliwa, po 10 dla każdego z siedmiu materiałów łączących oraz czterech sposobów kondycjonowania powierzchni Cerconu (280 zębów) i grupy kontrolnej (70 zębów). W przypadku zębiny wykonano 140 próbek, po 10 dla każdego z siedmiu cementów w grupie kontrolnej (70 zębów) oraz grupie eksperymentalnej (70 zębów).

Badania laboratoryjne przeprowadzono przy użyciu uniwersalnej maszyny testującej Hounsfield H5 KS (Wielka Brytania), stosując głowice o sile 5000 N oraz szybkość przemieszczania noża ścinającego wynoszącą 0,5 mm/min. Po wykonanym badaniu, każdą próbkę poddawano ocenie w celu określenia rodzaju płaszczyzny przełomów przy użyciu lupy o powiększeniu siedmiokrotnym. Ponadto oceniano ilość pozostałego cementu na powierzchni tkanek twardych zęba przy pomocy wskaźnika jakościowego ARI oraz opartego o analizę komputerową wskaźnika ilościowego Image J.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej używając testy parametryczne. Do porównania naprężenia stycznego grup eksperymentalnych z grupą kontrolną w połączeniach ze szkliwem zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA wraz z testem Dunett'a. Natomiast porównania wyników badań grup eksperymentalnych pomiędzy sobą dokonano przy pomocy testu Tukey'a - Kramer'a.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań w których cyrkonowe próbki łączono z zębina bydlęcą oraz wartości uzyskane dla szkliwa i zębiny porównywano testem T – Studenta dla grup niezależnych. Wyniki przyjęto za istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$.

Przeprowadzona analiza porównawcza wykazała, że najkorzystniejsze warunki połączenia podbudowy cyrkonowej z tkankami twardymi zęba, uzyskano wówczas gdy powierzchnię ceramiki kondycjonowano metodą trybo – chemiczną Co – Jet, a jako środek łączący zastosowano cement adhezyjny Panavia F 2.0. Uzyskane w tych badaniach wartości siły ścinającej i naprężeń stycznych dla próbek kondycjonowanych obróbką strumieniowo - ścierną i systemem Co – Jet różnią się istotnie statystycznie od wartości zarejestrowanych dla grup kontrolnych. Ponadto siła wiązania podbudowy cyrkonowej do szkliwa jest wyraźnie wyższa niż do zębiny, a zasadniczy wpływ na jej wielkość posiada rodzaj zastosowanego cementu.

9. SUMMARY

The aims of this study were to determine first, which method of conditioning the surface of the zirconia provided the highest bond strength to enamel and dentine and second, which of seven different cements constituted the best bond combination.

Fresh extracted bovine lower incisors were selected for the study. Discs, 6 mm in diameter and 2 mm thick, were made from Cercon ceramic by means a CAD / CAM system and these were attached to hard tooth tissue by seven cements which differed in their physico – chemical and bonding properties. The surface of the disc was conditioned with either 110 µm, 90 µm or 50 µm aluminium oxide granules or by the Co-Jet tribochemical system before bonding it to enamel and dentine. 350 samples were prepared for the attachment to enamel – 10 for each bonding material and for the four different methods of conditioning the zirconia surface (280 teeth) and 10 samples for the control group. 140 samples were made for attachment to dentine, 10 for each cement in the experimental group (70 teeth) and 10 in the control group.

The laboratory studies involved the use of a universal testing machine (Hounsfield H5 KS, Great Britain) employing a 5.000 N head and a cutting knife speed of 0.5 mm/min. Following the tests, the samples were examined under a 7 times magnifying glass in order to define the fracture plane and to evaluate the amount of bonding agent remaining on the hard tooth tissue, according to the ARI – index and Image J computerized analysis.

The results obtained were analyzed statistically with the use of parametric tests. To compare the values for the experimental and control groups the ANOVA one way variation and Dunett's test were used. The Tukey – Kramer test was used for the comparison of results. The results for the zirconia samples attached to dentine were analyzed by the T – Student test, as were the results for the enamel and dentine. Results was taken as statistically significant at the $p < 0.05$ level.

The values of shear forces and shear stresses for all the samples conditioned with aluminium oxide and the Co – Jet system were statistically greater than those for the control group. These comparative studies have shown that the strongest bond between zirconia and hard tooth tissue was obtained with the Co – Jet system and Panavia F 2.0 cement. Zirconia bond strength to enamel is significantly higher than that to dentine, and a major factor influencing its level is the type of cement used.

10. PIŚMIENNICTWO

1. Aboushelib M.N., Matinlinna J.P., Salameh Z., Ounsi H.: Innovations in bonding to zirconia-based materials: Part I. *Dent. Mat.*, 2008, 24, 1268-1272.
2. Ahmad I.: *Stomatologia estetyczna*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2007.
3. Akova T., Aytutuldu N., Yoldas O.: The evaluation of different surface treatment methods for porcelain-composite bonding. *Int. J. Adhesion & Adhesives*. 2007, 27, 20-25.
4. Al-Amleh B., Lyons K., Swain M.: Clinical trials in zirconia: A systematic review. *J. Oral Rehab.*, 2010, 37, 641-652.
5. Artun J.: Caries and periodontal reactions associated with long-term use of different types of bonding lingual retainers. *Am. J. Orthod.*, 1984, 86, 112-118.
6. Atsu S.S., Kilicarslan M.A., Kucukesmen H.C., Aka P.S.: Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J. Prosthet. Dent.* 2006, 95, 430-436.
7. Bagazo C.C., De Boer H.D., Kleverlaan C.: Shear bond strength of different types of luting cements to an aluminium oxide-reinforced glass ceramic core material. *Dent. Mat.*, 2004, 20, 901-907.
8. Bączkowski B., Wojtyńska E., Michalik R., Romek G., Łomżyński Ł., Mierzwińska-Nastalska E.: Leczenie protetyczne z zastosowaniem uzupełnień stałych na podbudowie z tlenku cyrkonu. *Protet. Stomatol.*, 2010, 65, 285-293.
9. Blatz M.B., Sadan A., Martin J., Lang B.: In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term and thermal cycling. *J. Prosthet. Dent.*, 2004, 91, 356-362.
10. Borges G.A., Sophr A.M., Goes M.F., Sobrinho L.C., Chan D.C.N.: Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J. Prosthet. Dent.* 2003, 89, 479-488.

11. Bottino M.A., Valandro L.F., Scotti R., Buso L.: Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *Int. J. Prosthodont.*, 2005, 18, 60-65.
12. Bottino M.C., Valandro L.F., Amaral R., Bottino M.A., Ussui V., Bressiani A.H.A., Lazar D.R.R.: Adhesive durability of phosphate monomer resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent. Mater.*, 2010, 26, 149-150.
13. Borrmann I.M.: Implanty z dwutlenku cyrkonu w stomatologii. *Mag. Stomatol. Estet.*, 2009, 2, 59-62.
14. Braga R.R., Ballester R.Y., Carrilho M.R.O.: Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. *J. Prosthet. Dent.*, 1999, 81, 285-289.
15. Chang J.C., Hart D.A., Estey A.W., Chan J.T.: Tensile bond strengths of five luting agents to two CAD-CAM restorative materials and enamel. *J. Prosthet. Dent.*, 2003, 90, 18-23.
16. Coelho P.G., Silva N.R., Bonfante E.A., Guess P.C., Rekow E.D., Thompson V.P.: Testy zmęczeniowe dwóch systemów koron ceramicznych: pełnoceramicznych oraz porcelanowo-cyrkonowych. *Mag. Stom. Estet.*, 2009, 4, 28-35.
17. Conrad H.J., Seong W.J., Pesun I.J.: Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.*, 2007, 98, 398-404.
18. Creig R. G.: *Materiały stomatologiczne*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008.
19. Czarnecka B., Limanowska-Shaw H., Pryliński M.: Wpływ sposobu przygotowania powierzchni porcelany i rodzaju zastosowanego materiału łączącego na siłę połączenia porcelany ze szkliwem – badania laboratoryjne. *Protet. Stomatol.*, 2005, 55, 101-106.
20. Dejak B., Kacprzak M., Suliborski B., Śmielak B.: Struktura i niektóre właściwościceramik dentystycznych stosowanych w uzupełnieniach pełnoceramicznych w świetle literatury. *Protet. Stomatol.* 2006, 56, 471-477.

21. De Munck J., Vargas M., Van Landuyt K., Hikita K., Lambrechts P., Van Meerbeek B.: Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent. Mater.*, 2004, 20, 963-971.
22. De Oyagüe R.C., Monticelli F., Toledano M., Osorio E., Ferrari M., Osorio R.: Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. *Dent. Mat.*, 2009, 25, 172-179.
23. Denrya I., Kelly R.J.: Dwutlenek cyrkonu w nowoczesnej opiece dentystycznej. *Mag. Stomatol. Estet.*, 2009, 2, 45 -55.
24. Derand T., Molin M., Kvam K.: Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfach. *Dent. Mat.*, 2005, 21, 1158-1162.
25. Deręgowska-Nosowicz P.: Ocena siły wiązania pomiędzy stosowanymi do wypełniania ubytków materiałami kompozytowymi a zamkami ortodontycznymi. *Rozprawa Doktorska, Poznań 2008.*
26. Duarte S., Park J.H., Tada T., Sadan A.: Stałe protezy częściowe łączone żywicami z nową zmodyfikowaną powierzchnią cyrkonową: raport kliniczny. *Mag. Stom. Estet.*, 2009, 4, 19- 25.
27. Duarte S., Park J.H., Tada T., Sadan A.: Zastosowanie nowej modyfikowanej powierzchni cyrkonu w Stomatologii adhezyjnej. *Q. T.D.*, 2009, 23-35.
28. Ernst C.P., Cohnen U., Stender E., Willershausen B.: In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J. Prosthet. Dent.*, 2005, 93, 551-558.
29. Feder T., Mierzwińska-Nastalska E.: Zastosowanie systemu ceramicznego IPS e-max w wykonawstwie stałych uzupełnień protetycznych – postępowanie kliniczne i laboratoryjne. *Protet. Stomatol.* 2008, 58, 194-201.

30. Gerlach K.L., Nußbaum P.: Elektrisches Meßverfahren zur Bestimmung der Belastbarkeit des Unterkiefers bei Patienten mit vollbezahntem Gebiß. Dtsch. Zahnärztl. Z., 1983, 39, 146-149.
31. Gołębiowski M., Stepczyński M., Wojciechowska M.: Mosty ceramiczne napodobudowie z dwutlenku cyrkonu jako estetyczna alternatywa dla mostów metalowo-ceramicznych. Protet. Stomatol. 2010, 60, 133-137.
32. Gürel G.: Licówki porcelanowe, wiedza i sztuka. Kwintesencja, Warszawa 2009.
33. Hummel M., Kern M.: Durability of the resin Bond strength to the alumina ceramic Procera. Dent. Mater., 2004, 20, 498-508.
34. Janda R.: Systemy pełnoceramiczne: skład, właściwości, zastosowanie, ocena. Quintessence TD. 2008, 13, 36-48.
35. Janda R., Roulet J.F., Wulf M., Tiller H.J.: A new adhesive technology for all-ceramics. Dent. Mat. 2003, 19, 567-573.
36. Janda R.: Techniki klejenia – podstawy teoretyczne. Q. T. D., 2009, 133-142.
37. Kappert H.F., Krah M.: Rodzaje ceramiki – przegląd. Quintessence T.D., 2001, 6, 157-175.
38. Kelly R. J., Denry I.: Stabilized zirconia as structural ceramic: An overview. Dent. Mat., 2008, 24, 289-298.
39. Kern M.: Controlled airborne-particle abrasion of zirconia ceramic restorations. J. Prosthet. Dent., 2010, 103, 127-128.
40. Kern M.: Rola techniki cyfrowej systemów CAD/CAM w przywracaniu funkcji i artykulacji. Mag. Stomatol. Estet., 2009, 1, 63-73.
41. Kern M.: Ceramika i implanty – blisko, coraz bliżej. Mag. Stomatol. Estet., 2009, 2, 63-71.

42. Kern M.: Systemy pełnoceramiczne w protetyce implantologicznej. *Cosmetic Dentistry.*, 2007, 4, 28-32.
43. Kern M.: Volkeramik – langfristig mit guten Perspektiven. *Aesthetische Zahnmedizin.* 2008, 2, 58-64.
44. Kern M., Wegner S.M.: Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent. Mater.*, 1998, 14, 64-71.
45. Kim B., Bae H., Shim J., Lee K.: The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J. Prosthet. Dent.*, 2005, 94, 357-362.
46. Kosmač T., Oblak C., Jevnikar P., Funduk N., Marion L.: The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent. Mat.*, 1999, 15, 426-433.
47. Łapińska B., Szykowska I., Sokołowski G., Sokołowski J.: Wpływ czasu trawienia różnych ceramiek krzemionkowych na stopień rozwinięcia ich powierzchni i wytrzymałość połączenia z materiałem kompozytowym. *Protet. Stomatol.* 2009, 59, 182-183.
48. Lorente M.C., Scherrer S.S., Richard J., Demellayer R., Amez-Droz M., Wiskott A.H.W.: Surface roughness and EDS characterization of a Y-TZP dental ceramic treated with the CoJet Sand. *Dent. Mater.*, 2010, 26, 1035-1042.
49. Lüthy H., Loeffel O., Hammerle C.H.F.: Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent. Mat.* 2006, 22, 195-200.
50. Magne P., Paranhos m.P.G., Burnett Jr L.H.: New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent. Mat.* 2010, 26, 345-352.
51. Majewski S.: Propedeutyka klinicznej i laboratoryjnej protetyki stomatologicznej. Sanmedica Sp. z. o. o., Warszawa 1997.

52. Manhart J.: Übersicht zu Restaurationen aus Volkeramik: Indikationen, Möglichkeiten und Ästhetik. *Aesthetische Zahnmedizin*. 2009, 1, 30-38.
53. Manicone P. F., Iometti P. R., Raffaelli L.: An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *J. Dent.*, 2007, 35, 819-826.
54. Matinlinna J.P., Lassila L.V.J., Vallittu P.K.: The effect of three silane coupling agents and their blends with a cross-linker silane on bonding a bis-GMA resin to silicized titanium (a novel silane system). *J. Dent.*, 2006, 34, 740-746.
55. Matinlinna J.P., Lassila L.V.J.: Enhanced resin-composite bonding to zirconia framework after pretreatment with selected silane monomers. *Dent. Mat.*, 2011, 27, 273-280.
56. Matthew I., Frame J.W.: Allergic responses to titanium. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 1988, 56, 1466-1467.
57. Mota C. S., Demarco F. F., Camacho G. B., Powers J. M.: Tensile bond strength of resin luting agents bonded to bovine enamel and dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 2003, 89, 558-564.
58. Noll F.J.: Wykorzystanie właściwości tlenku cyrkonu w pracowni protetycznej i gabinecie stomatologicznym – pod wieloma względami klasa sama dla siebie. *Mag. Stomatol. Estet.*, 2009, 1, 43-49.
59. Osorio E., Toledano M., Da Silva B.L., Ostrio R.: Effect of different surface treatments on In-Ceram Alumina roughness. An AFM study. *J Dent.*, 2010, 38, 118-122.
60. Özcan M., Vallittu P.K.: Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent. Mat.*, 2003, 19, 725-731.
61. Palacios R.P., Johnson G.H., Philips K.M., Raigrodski A.J.: Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. *J. Prosthet. Dent.*, 2006, 96, 104-114.
62. Pashley D.H., Tay F.R.: Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: etching effects on unground enamel. *Dent. Mat.* 2001, 17, 430-444.

63. Peumans M., Van Meerbeek B., Lambrechts P., Vanherle G.: Porcelan veneers: A review of the literature. *J. Prosthet. Dent.* 2000, 28, 163-177.
64. Phark J., Duarte S., Blatz M., Sadan A.: An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *J. Prosthet. Dent.* 2009, 101, 29-38.
65. Phark J., Duarte S., Kahn H., Blatz M., Sadan A.: Influence of contamination and cleaning on bond strength to modified zirconia. *Dent. Mat.* 2009, 25, 1541-1550.
66. Piasek J.R., Swift E.J., Thompson J.Y., Grego S., Stoner B. R.: Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dent. Mat.*, 2009, 25, 1116-1121.
67. Piasek J.R., Wolter S.D., Stoner B.R.: Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dent. Mat.*, 2011, 27, 99-105.
68. Piotrowski P.: Zastosowanie elastomeru silikonowego połączonego ze stopami dentystycznymi do wyrównania podatności podłoża całkowitych protez zębowych szczęki. *Badania laboratoryjne i kliniczne.* Wydawnictwo Naukowe Akademii Medycznej w Poznaniu 2002.
69. Piotrowski P.: Zastosowanie systemu Rocatec i materiału kompozycyjnego Sinfony do wykonania niektórych prac protetycznych. *Pozn. Stom.*, 2001, 28, 167-173.
70. Piotrowski P., Krysiński Z., Rzątownski S.: Współczesne możliwości obróbki strumieniowo-ściernej (piaskowania) w postępowaniu laboratoryjnym i klinicznym. *Mag. Stom.*, 2003, 13, 20-234.
71. Piotrowski P., Pryliński M.: Effect of different adhesive cement on titanium. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2007, 16, 14-16.
72. Piwowarczyk A, Lauer H.C., Sorensen J.A.: In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J. Prosthet. Dent.*, 2004, 92, 265-272.

73. Pryliński M.: Wpływ sposobów kondycjonowania powierzchni chromowo-niklowego stopu dentystycznego na siłę połączenia ze szkliwem zębów. Badania kliniczne i laboratoryjne. Wydawnictwo Naukowe Akademii Medycznej w Poznaniu 2005.
74. Pryliński M., Limanowska-Shaw H.: Właściwości tytanu i problem nadwrażliwości na ten metal. *Implantoprotetyka*. 2007, 8, 50-51.
75. Pryliński M., Deręgowska-Nosowicz P., Kaczmarek E., Limanowska-Shaw H.: Wpływ różnych cementów adhezyjnych na siłę wiązania pomiędzy ceramiką a szkliwem i zębina – badania laboratoryjne. *Por. Stom.*, 2005, 5, 12-16.
76. Pryliński M., Limanowska-Shaw H., Kaczmarek E., Czarnecka B.: Ocena siły wiązania porcelany do zębiny przy zastosowaniu różnych sposobów jej przygotowania: badania laboratoryjne. *Stom. Współcz.*, 2005, 12, 31-35.
77. Pryliński M., Deręgowska-Nosowicz P., Shaw H., Kaczmarek E.: Ocena siły wiązania porcelany do szkliwa przy zastosowaniu różnych cementów adhezyjnych. *Dent. Med.Prob.*, 2006, 43, 399-404.
78. Pryliński M., Dyszkiewicz M., Prylińska A., Limanowska-Shaw H.: Wpływ zastosowanego cementu adhezyjnego na siłę połączenia porcelany ze szkliwem – badania laboratoryjne. *Nowa Stom.*, 2006, 11, 19-23.
79. Quaas A.C., Yang B., Kern M.: Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent. Mater.*, 2007, 23, 506-512.
80. Raigrodski A. J.: Contemporary materials and Technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J. Prosthet. Dent.*, 2004, 92, 557-562.
81. Reich S., Lohbauer U.: Odpryski rozległego uzupełnienia pełnoceramicznego – możliwe przyczyny i sposoby leczenia. *Mag. Stomatol. Estet.*, 2009, 1, 50-56.
82. Roulet J.F., Söderholm K.J.M., Longmate J.: Effects of treatment and storage conditions on ceramic / composite bond strength. *J. Dent. Res.* 1995, 74, 381-387.

83. Roulet R., Janda R.: *Keramiksysteme der Zukunft*. Quintessence Zahntech., 2004, 30, 986-1006.
84. Rüttermann S., Fries L., Raab W.H.M., Janda R.: The effect of different bonding technologies on ceramic / resin shear bond strength. *J. Adhes. Dent.*, 2008, 10, 197-203.
85. Sadowsky S.J.: An overview of treatment considerations for esthetic restorations: A review of the literature. *J. Prosthet. Dent.*, 2006, 96, 433-442.
86. Shahin R., Kern M.: Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent. Mater.*, 2010, 26, 922-928.
87. Shen C., Oh W., Williams J.R.: Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. *J. Prosthet. Dent.* 2004, 91, 453-458.
88. Shimada Y., Yamaguchi S., Tagami J.: Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent. Mat.* 2002, 18, 380-288.
89. Simonsen R.J., Calamia J.R.: Tensile bond strength of etched porcelain. *J. Dent. Res.* 1983, 62, 257.
90. Soederholm K.J.: Historia systemów wiążących z zębina. *Cosmetic Dentistry*, 2005, 2, 11-17.
91. Sokołowski J., Łapińska B., Szyrkowska I., Sokołowski G.: Ocena właściwości retencyjnych powierzchni ceramiki krzemionkowej trawionej kwasem fluorowodorowym. *Protet. Stomatol.*, 2008, 58, 325, R-08.
92. Stejskal V.D.: Human hapten-specific lymphocytes: biomarkers of allergy in man. *Drug Information J.* 1992, 31, 1379-1382.
93. Stejskal J., Stejskal V.: The role of metals in autoimmunity and the link to neuroendocrinology. *Neuroendocrinology Letters.* 1999, 20, 351-364.

94. Szczyrek P., Zadroga K., Mierzińska-Nastalska E.: Cementowanie uzupełnień pełnoceramicznych – przegląd piśmiennictwa. Część II. *Protet. Stomatol.*, 2009, 59, 16-25.
95. Stangel I., Nathanson D., Hsu C.S.: Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J. Dent. Res.* 1987, 66, 1460-1465.
96. Tiller H.J., Wulf M., Roulet J.F.: Der Silano Pen ein “Mini-Silicoater” ode rein neues Verbundsystem. *Quintessenz Zahntech.* 2001, 27, 316-320.
97. Thompson J.Y., Stoner B.R., Piascik J.R., Smith R.: Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now ?. *Dent. Mater.*, 2011, 27, 71-82.
98. Toroglu S. M., Yaylali S.: Effects of sandblasting and silica coating on the bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 2008, 134, 181-187.
99. Zhang Y., Pajares A., Lawn B.R.: Fatigue and damage tolerance of Y-TZP ceramics in layered biomechanical systems. *J. Biomed. Mater. B.: Appl. Biomater.*, 2004, 71B, 166-171.
100. Zhang Y., Lawn B.R., Rekow E.D., Thompson V.P.: Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J. Biomed. Mater. B.: Appl. Biomater.*, 2004, 71B, 381-386.
101. Zhang Y., Lawn B.R.: Fatigue sensitivity of Y-TZP to microscale sharp-contact flaws. *J. Biomed. Mater. B.: Appl. Biomater.*, 2004, 72B, 388-392.
102. Wang G., Meng F., Ding C., Chu P.K., Liu X.: Microstructure, bioactivity and osteoblast behavior of monoclinic zirconia coating with nanostructured surface. *Acta Biomater.*, 2010, 6, 990-1000.

103. Waltimo A., Kemppainen P., Kononen M.: Maximal contraction force and endurance of human jaw-closing muscles in isometric clenching. *Scan. J. Res.*, 1993, 101, 416-421.
104. Wolfart M., Lehmann F., Wolfart S., Kern M: Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent. Mat.* 2007, 23, 45-50.
105. Van Noort R. :Introduction to dental materials. Mosby Co. Second Edition, London 2002.
106. Yang B., Lange-Jansen H.C., Scharnberg M., Wolfart S., Ludwig K., Adelung R., Kern M.: Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dent. Mater.*, 2008, 24, 508-513.
107. Yang B., Ludwig K., Adelung R., Kern M.: Micro-tensile bond strength of three luting resins human regional dentin. *Dent. Mat.*, 2006, 22, 45-56.

11. SPIS RYCIN

Ryc. 1. Ząb osadzony w żywicy akrylowej dla testu na ścinanie.

Ryc. 2. Uniwersalna maszyna testująca Hounsfield H5 KS.

Ryc. 3. Cyrkonowy krążek zacementowany do powierzchni wargowej zęba.

Ryc. 4. Piaskarka Micro Etcher.

Ryc. 5. Powierzchnia Cerconu po obróbce laboratoryjnej drobnoziarnistym wiertłem diamentowym z chłodzeniem wodnym (powiększenie x 300).

Ryc. 6. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 110 μm (x 300).

Ryc. 7. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 90 μm (x 300)

Ryc. 8. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu tlenkiem glinu 50 μm (x 300)

Ryc. 9. Powierzchnia Cerconu po piaskowaniu systemem trybo chemicznym Co Jet (x 300).

12. SPIS TABEL

Tabela I. Rodzaje cementów używanych do połączenia podbudowy cyrkonowej ze szkliwem i zębina zębów bydłych.

Tabela II. Grupy badawcze poddane testom na ścinanie w zależności od zastosowanego materiału łączącego oraz sposobu kondycjonowania powierzchni Cerconu - szkliwo.

Tabela III. Grupy badawcze poddane testom na ścinanie w zależności od zastosowanego materiału łączącego oraz sposobu kondycjonowania powierzchni Cerconu - zębina.

Tabela IV. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem cynkowo – fosforanowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela V. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu fosforanowego – test Dunett’a.

Tabela VI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu fosforanowego – test Tukey’a - Kramer’a.

Tabela VII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem cynkowo – polikarboksylowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela VIII. Porównanie wartości naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu jako materiału łączącego cementu cynkowo - polikarboksylowego – test Dunett’a.

Tabela IX. Porównanie wartości naprężenia stycznego eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu cynkowo- polikarboksylowego- test Tukey’a- Kramer’a

Tabela X . Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem adhezyjnym Eco – Link, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco - Link – test Dunett’a

Tabela XII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco-Link test Tukey’a- Kramer’a

Tabela XIII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test Dunett’a.

Tabela XV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test Tukey’a - Kramer’a.

Tabela XVI. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej,

Tabela XVII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement – test Dunett’a.

Tabela XVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement – test Tukey’a - Kramer’a.

Tabela XIX. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych cementem adhezyjnym Max – Cem Elite, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XX. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test Dunett’a.

Tabela XXI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test Tukey’a - Kramer’a.

Tabela XXII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem głasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupami eksperymentalnymi, przy zastosowaniu cementu głasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test Dunett’a.

Tabela XXIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu głasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test Tukey’a - Kramer’a..

Tabela XXV. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydlęcych cementem cynkowo – fosforanowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu fosforanowego – test T - Studenta.

Tabela XXVII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydlęcych cementem cynkowo - polikarboksylowym, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu cynkowo - polikarboksylowego – test T - Studenta.

Tabela XXIX. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem adhezyjnym Eco - Link, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXX. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Eco – Link – test T - Studenta.

Tabela XXXI. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXXII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Panavia F 2.0 – test T - Studenta.

Tabela XXXIII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXXIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupami kontrolnymi a grupami eksperymentalnymi przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Clearfil SA Cement- test T- Studenta.

Tabela XXXV. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych cementem adhezyjnym Max – Cem Elite, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXXVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu adhezyjnego Max – Cem Elite – test T - Studenta.

Tabela XXXVII. Wartości naprężenia stycznego (MPa) , dla próbek w których cyrkonowe krążki łączono z zębina zębów bydłych cementem giasjonomerowym modyfikowanym żywicą Fuji Plus, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XXXVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy grupą kontrolną a grupą eksperymentalną, przy zastosowaniu cementu giasjonomerowego modyfikowanego żywicą Fuji Plus – test T - Studenta..

Tabela XXXIX. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których nie kondycjonowane krążki cyrkonowe łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi materiałami łączącymi, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XL. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi materiałami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych w grupach kontrolnych – test Tukey’a.

Tabela XLI. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi materiałami łączącymi, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XLII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi materiałami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 110 μm – test Tukey’a.

Tabela XLIII. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 μm i łączono ze szkliwem

zębów bydłych siedmioma różnymi materiałami łączącymi, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XLIV. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krażki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 90 μm – test Tukey’a.

Tabela XLV. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których krażki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi materiałami łączącymi, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XLVI. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krażki cyrkonowe kondycjonowano tlenkiem glinu o średnicy ziarna 50 μm – test Tukey’a.

Tabela XLVII. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których krażki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet i łączono ze szkliwem zębów bydłych siedmioma różnymi materiałami łączącymi, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela XLVIII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi materiałami łączącymi Cercon ze szkliwem zębów bydłych dla próbek w których krażki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet – test Tukey’a.

Tabela XLIX. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których nie kondycjonowane krażki cyrkonowe łączono z zębina zębów bydłych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela L. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi cementami łączącymi Cercon z zębina zębów bydłych w grupach kontrolnych – test Tukey’a.

Tabela LI. Średnie wartości naprężenia stycznego (MPa) dla próbek w których krążki cyrkonowe kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet i łączono z zębiną zębów bydlęcych siedmioma różnymi cementami, po 24 godzinnym przetrzymywaniu w wodzie destylowanej.

Tabela LII. Porównanie naprężenia stycznego pomiędzy poszczególnymi materiałami łączącymi Cercon z zębiną zębów bydlęcych dla próbek w których cyrkonowe krążki kondycjonowano systemem trybochemicznym Co-Jet – test Tukey’a.

Tabela LIII. Wartości naprężenia stycznego (MPa), odchylenia standardowego (SD) oraz współczynnika zmienności (CV) dla szkliwa i zębiny zębów bydlęcych przy zastosowaniu siedmiu materiałów łączących oraz dwóch sposobów kondycjonowania powierzchni podbudowy cyrkonowej Cercon.

Tabela LIV. Porównanie siły ścinającej pomiędzy szkliwem a zębiną zębów bydlęcych przy zastosowaniu siedmiu cementów oraz dwóch sposobów kondycjonowania powierzchni podbudowy cyrkonowej Cercon – test T - Studenta.

Tabela LV. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem cynkowo – fosforanowym.

Tabela LVI. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem cynkowo – polikarboksylowym.

Tabela LVII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Eco - Link.

Tabela LVIII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których ceramikę podbudową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Panavia F 2.0.

Tabela LIX. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Clearfil SA Cement.

Tabela LX. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem adhezyjnym Max – Cem Elite.

Tabela LXI. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono ze szkliwem zębów bydlęcych cementem glasonomerowym wzmocnionym żywicą Fuji Plus.

Tabela LXII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek grup kontrolnych, w których podbudowę cyrkonową Cercon łączono z zębiną zębów bydlęcych siedmioma rodzajami materiałów łączących..

Tabela LXIII. Rodzaje przełomów, wartości wskaźnika ARI oraz Image J próbek, w których podbudowę cyrkonową Cercon kondycjonowano systemem Co – Jet i łączono z zębiną zębów bydlęcych siedmioma rodzajami cementów.