

UNIwersytet MEDYCZNY
IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU



Lek. dent. Karolina Karońska

**Wpływ uszczelniaczy kanałowych oraz cementów adhezyjnych
na siłę połączenia wkładów z włókna szklanego z zębina**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor

Dr hab. n. med. Mariusz Pryliński

Zakład Techniki i Technologii Dentystycznych Uniwersytetu Medycznego

im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Składam serdecznie podziękowania Panu dr hab. n. med.
Mariuszowi Prylińskiemu za opiekę merytoryczną i cenne
wskazówki udzielane mi podczas pisania pracy.

Spis skrótów

ARI	– Adhesive Remnant Index
Bis-GMA	– żywica Bowena, dimetakrylan eteru diglicydowego bis fenolu A
DNA	- kwas dezoksyrybonukleionowy
EDTA	- wersenianem sodu, sól sodowa kwasu etyleno – dwuamino – czteroocowego
HEMA	– 2 - hydroksyetylometakrylan
4 META	- bezwodnik kwasu 4 – metakryloksyetylotrimelitowego)
MDP	- diwodorofosforan 10 – metakryloilo – oksydecylo
MPa	– megapascal
MTAD	- mixture of doxycycline, citric acid and detergent
MTA	- mineral trioxide aggregate
RNA	- kwas rybonukleinowy
TEGDMA	- dimetakrylan glikolu trietylowego

Spis treści

1. Wstęp	5
2. Przegląd piśmiennictwa	7
2.1. Metody opracowania kanałów korzeniowych	7
2.2. Rodzaje uszczelniaczy kanałowych	13
2.3. Rodzaje wkładów koronowo – korzeniowych	18
2.4. Rodzaje cementów dentystycznych	22
3. Cel pracy	26
4. Materiał i metody.....	27
4.1. Materiały	27
4.2. Metody przygotowania próbek.....	29
4.3. Metody badań laboratoryjnych.....	32
4.4. Metody analizy statystycznej.....	34
5. Wyniki badań.....	37
5.1. Wytrzymałość połączenia wkładów koronowo – korzeniowych z włókna szklanego, a zębiną korzeniową przy zastosowaniu różnych uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego samotrawiącego Clearfil SA Cement – test na zrywanie	37
5.2. Wytrzymałość połączenia wkładów koronowo – korzeniowych	

z włókna szklanego, a zębina korzeniową przy zastosowaniu różnych uszczelnaczy oraz cementu kompozytowego ParaPost – test na zrywanie	39
5.3. Analiza porównawcza wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowego z włókna szklanego, a zębina korzeniową przy zastosowaniu dwóch różnych systemów łączących – test na zrywanie.....	42
5.4. Wyniki analizy powierzchni przełomów systemów łączących oraz wskaźnika ARI	43
6. Omówienie wyników i dyskusja	47
7. Wnioski	56
8. Streszczenie	57
9. Summary	61
10.Piśmiennictwo	65
11.Spis tabel	78
12.Spis rycin	80
13. Aneks	82

1. Wstęp

Postęp jaki na przestrzeni ostatnich lat nastąpił w zakresie materiałoznawstwa i technologii dentystycznych umożliwia zdecydowanie efektywniej prowadzić leczenie stomatologiczne, jak również spełniać oczekiwania estetyczne pacjentów.

Wprowadzenie do endodoncji mikroskopu, lup optycznych, narzędzi nowej generacji oraz szerokiej gammy uszczelniaczy kanałowych w tym płynnej gutaperki spowodowało, że niejednokrotnie zęby przeznaczone wcześniej do ekstrakcji są z powodzeniem leczone i przez wiele lat zachowują swą funkcjonalność. Jednak należy sobie zdawać sprawę z faktu, że zęby bezmiazgowe nawet te z poprawnie opracowanymi i wypełnionymi kanałami korzeniowymi w wielu przypadkach wymagają wykonania rekonstrukcji protetycznej. Tezę tę potwierdzają badania wykonane przez Ray i Trope (91), którzy wykazali, że prawidłowo wykonane leczenie endodontyczne wraz z właściwą rekonstrukcją protetyczną pozwala na uzyskanie sukcesu terapeutycznego na poziomie 91,4%. Natomiast brak takiej rekonstrukcji powoduje spadek efektywności leczenia endodontycznego do poziomu 44,1%.

Stosowane powszechnie w rekonstrukcji części koronowej zęba indywidualne oraz standardowe wkłady koronowo-korzeniowe wykonane ze stopów metali ze względu na możliwość powstawania ogniwa elektrolizacyjnego mogą być przyczyną stanów zapalnych błony śluzowej jamy ustnej oraz odczynów alergicznych (17, 49, 116). Ponadto w wielu przypadkach zwłaszcza u pacjentów z tak zwanym "uśmiechem dziąsłowym" oraz cienką błoną śluzową pokrywającą wyrostek zębodołowy dochodzi do przeświecania metalu przez strefę dziąsła co sprawia, iż efekt estetyczny jest niezadowalający (89).

Tych wad są pozbawione wprowadzone do leczenia w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wkłady z włókien szklanych i kwarcowych, które poza biogodnością cechuje łatwość użycia, biały lub przezroczysty kolor, widoczność na zdjęciach

rentgenowskich, współczynnik elastyczności zbliżony do zębiny oraz dostępność w różnych kształtach i wielkościach. Te wszystkie elementy sprawiają, że są one coraz chętniej stosowane w rekonstrukcji protetycznej zębów leczonych endodontycznie.

Ze względu na fakt, że tego typu wkłady osadza się w kanale korzeniowym przy użyciu cementów adhezyjnych, po uprzednim usunięciu większości uszczelnacza kanałowego, z klinicznego punktu widzenia istotne byłoby określenie czy odmienne pod względem składu chemicznego uszczelniacze oraz różniące się sposobem wiązania materiały łączące mają wpływ na siłę połączenia tego typu uzupełnienia protetycznego z zębiną.

2. Przegląd piśmiennictwa

2.1. Metody opracowania kanałów korzeniowych

O końcowym sukcesie leczenia endodontycznego w znacznym stopniu decyduje szczelne trójwymiarowe wypełnienie kanału korzeniowego (98). Zadawalający efekt tego leczenia jest uzależniony między innymi od prawidłowego opracowania na całej długości kanału korzeniowego, co ma na celu usunięcie drobnoustrojów i resztek organicznych oraz takie ukształtowanie ścian kanału, które stworzy możliwość jego dokładnego wypełnienia (6, 9, 83). Z reguły szerokie i stosunkowo proste kanały można opracować prawidłowo bez większych problemów, natomiast kanały zakrzywione, zwłaszcza w okolicy przywierzchołkowej mogą generować określone trudności w dokładnym wykonaniu tego zabiegu. Z tego też powodu w literaturze opisano kilka metod udrażniania i kształtowania światła kanałów (6, 9, 83, 98).

Metoda standardowa polega na opracowaniu kanału korzeniowego kolejno wszystkimi rozmiarami poszerzaczy (6, 9, 83). Zabieg kończy się wówczas, gdy ostatni zastosowany instrument osiągnie okolicę otworu fizjologicznego. Niewątpliwą wadą takiego postępowania jest nadmierne opracowanie okolicy wierzchołkowej, z równoczesnym niewielkim usunięciem zainfekowanej zębiny w części koronowej zęba (9). Omawiana technika nie sprawdza się również w kanałach zakrzywionych, ponieważ stosowanie coraz większych instrumentów kanałowych może spowodować „wyprostowanie” naturalnych krzywizn korzenia i spowodować jego perforację (9).

Metoda Step – back opracowana i opisana przez Mullaney’a jako sposób na rozwiązanie problemów, które występują podczas opracowywania kanałów zakrzywionych (6, 9). Główną zasadą omawianej metody jest rozpoczęcie opracowywania kanału korzeniowego od otworu fizjologicznego, a następnie cofanie się o 1,0 mm w kierunku komory stosując coraz większe

rozmiary pilników (98). Przed każdą zmianą narzędzia na większe należy dokładnie usunąć z okolic otworu fizjologicznego pozostałości zębiny. W tym celu stosuje się pilnik finalny, który wprowadza się na długość roboczą (SN). Metoda step – back umożliwia ukształtowanie kanału korzeniowego na kształt stożka, co z kolei pozwala na jego szczelne wypełnienie. Zdaniem Shaw i wsp. (98) omawiana metoda sprzyja nadmiernemu usuwaniu zębiny w miejscu zakrzywienia kanału i pozostawienia na ścianach przeciwległych miejsc niedostatecznie oczyszczonych. Ponadto zdaniem tych samych autorów stosowanie ruchów piłujących stwarza możliwość utworzenia stopnia w części wierzchołkowej kanału.

Metoda Step – down (znana również w literaturze jako **Crown – down**) opracowana przez Marshalla i Pappina, polega na wstępnym udroźnieniu kanału cienkim poszerzaczem ręcznym, a następnie wiertłami rotacyjnymi typu Gates – Gilden lub pilnikami o większych rozmiarach (6, 9, 83). Takie postępowanie prowadzi do poszerzenia koronowej oraz środkowej części kanału korzeniowego, a dopiero w dalszej kolejności opracowania odcinka przywierzchołkowego instrumentami o mniejszych rozmiarach. Wstępne opracowanie części koronowej ułatwia dostęp do zakrzywionej w wielu przypadkach okolicy przywierzchołkowej oraz zapobiega jej przypadkowemu zainfekowaniu w dalszych etapach leczenia. Ponadto w omawianej metodzie długość robocza nie jest ustalana na początku zabiegu jak to ma miejsce w technice step-down, co minimalizuje niebezpieczeństwo jej skrócenia (9).

Metoda zrównoważonej siły (*ang. balanced – forces*) opracowana przez Roane i wsp. (98) w 1985 roku, polega na stosowaniu naprzemiennych ruchów obrotowych o nieznacznym zasięgu oraz nacisku w kierunku wierzchołka korzenia. Po opracowaniu dostępu do kanału wkręca się pilnik typu K zgodnie z ruchem wskazówek zegara o jedną czwartą obrotu (o 90°), a następnie wykonuje pełen obrót w stronę przeciwną (o 360°). Kolejnym krokiem jest usuwanie instrumentu z kanału powolnym ruchem z jednoczesnym wykonywaniem obrotu zgodnego z ruchem wskazówek zegara (9, 98). Po każdej zmianie instrumentu należy kanał

przepłukać podchlorynem sodu, w celu usunięcia zalegających opilek zębiny. W metodzie zrównoważonej siły można stosować pilniki typu K lub specjalne dla tej techniki dedykowane narzędzia Flex – R – File ze ściętymi grzbietami krawędzi tnących oraz nietnącym ostrzem prowadzącym. Badania laboratoryjne przeprowadzone przez Shaw i wsp. (98) wykazały, że metoda zrównoważonej siły pozwala uzyskać okrągłe i centralnie położone światło kanału w zębach o prostych, jak i zakrzywionych korzeniach w istotnie wyższym stopniu aniżeli w technice step – back.

Metoda „antykrzywiznowa” (*ang. anticurvature filing*) opisana przez Abou – Rass oraz Frank’a i Glick’a (9) polega na radykalniejszym opracowaniu zewnętrznego łuku krzywizny kanału z jednocześnie ostrożnym oraz oszczędnym preparowaniem krzywizny wewnętrznej. Opracowując ściany kanału należy wykonywać pilnikiem pojedyncze ruchy zgodne z ruchem wskazówek zegara. Zaproponowane przez autorów postępowanie ogranicza ryzyko perforacji na skutek nadmiernego wycienienia ściany wewnętrznej kanału.

Integralną częścią składową opracowania mechanicznego kanałów korzeniowych jest ich płukanie, które umożliwia usunięcie zanieczyszczeń (warstwy mazistej) przylegających do ścian systemu kanałowego (83). Ponadto środki płuczące zmniejszają ryzyko złamania lub uszkodzenia instrumentów kanałowych, a te z nich które posiadają działanie bakteriobójcze w sposób znaczący redukują liczbę drobnoustrojów (6, 9, 83). Obecnie za najbardziej efektywny środek do płukania kanałów korzeniowych uważany jest roztwór podchlorynu sodu (NaOCl) stosowany w stężeniach od 0,5% do 5,25% (9, 104). Roztwór wodny podchlorynu sodu posiada szerokie spectrum działania bakteriobójczego oraz zdolność rozpuszczania fazy organicznej warstwy mazistej bez szkodliwego wpływu na tkanki twarde zęba (6, 9, 43, 83). Właściwe stężenie robocze roztworu podchlorynu sodu jest w literaturze źródłem dyskusji,

jednak większość autorów jest zgodna, że roztwory od 1,0% do 2,0% są najbardziej optymalne z klinicznego punktu widzenia (6, 9, 19, 43, 50, 70 83). W opinii wielu autorów skuteczność roztworu można zwiększyć poprzez podgrzanie do temperatury ciała (37° C) lub aktywowanie ultradźwiękami (6, 9, 19, 83). Natomiast według Barańskiej-Gachowskiej (8) efektywność roztworu jest wyższa przy podgrzaniu do temperatury 60-70° C. Należy jednak pamiętać, że przekroczenia temperatury 70° C powoduje rozkład roztworu oraz utratę pożądanых właściwości (44). Zdaniem Bergholz i wsp. (9) płukanie kanałów korzeniowych aktywowane dodatkowo ultradźwiękami zwiększa eliminację drobnoustrojów z 50% do 70%. Wzrost właściwości bakteriobójczych roztworu jest zdaniem omawianych autorów efektem wysokiej częstotliwości drgań, które podgrzewają podchloryn sodu oraz zwiększają jego penetrację w głąb rozgałęzień systemu kanałowego oraz kanalików zębinowych. Zdaniem Dammaschke (19) stosując podchloryn sodu należy pamiętać, że chlor uwalniany z roztworu działa korodująco na metalowe elementy koferdamu oraz instrumenty kanałowe, w tym także poszerzacze niklowo – tytanowe. W literaturze dostępne są również doniesienia o właściwościach alergizujących podchlorynu sodu oraz przypadki w których roztwór przepchnięty poza otwór wierzchołkowy korzenia spowodował bóle, obrzęki tkanek miękkich oraz parastezje (19,43,47,50). Janas i wsp. (43) opisali przypadek owrzodzenia z cechami martwicy skrzepowej, będące powikłaniem, które nastąpiło po wydostaniu się 2% roztworu podchlorynu sodu z kanału korzeniowego do tkanek miękkich przedsionka jamy ustnej. Zdaniem autorów owrzodzenie i martwica były następstwem silnego działania alkalizującego roztworu (pH 10,8 – 12,9). Również Kotulski i wsp. (47) zanotowali cztery przypadki powikłań po przedostaniu się 1-2% roztworów podchlorynu sodu poza otwór wierzchołkowy, co doprowadziło do zaburzeń czucia, wylewów podśluzówkowych i podskórnych oraz obrzęków twarzy.

Do płukania kanału korzeniowego można również stosować nadtlenek wodoru (H_2O_2) w stężeniu 3%, który posiada zdolność rozpuszczania tkanki organicznej oraz działa bakteriobójczo, zwłaszcza na bakterie beztlenowe (6, 9, 83). Przez wiele lat zalecano naprzemienne stosowanie podchlorynu sodu i nadtlenu wodoru, co powodowało uwalnianie znacznych ilości wolnego tlenu w postaci obfitej piany, która ułatwiała usunięcie wiórów zębiny (9). Jednak jak wykazują prezentowane w literaturze badania (6, 9, 50, 83) wydzielający się tlen może penetrować poza otwór fizjologiczny i powodować dolegliwości bólowe z obrzękiem tkanek włącznie. Z tego też powodu ostateczne płukanie kanału powinno być wykonane roztworem podchlorynu sodu, w celu usunięcia pozostałości wolnego tlenu. Według Pawlickiej (83) stosowanie nadtlenu wodoru jest wskazane jedynie do płukania kanałów korzeniowych z niekształtowanym wierzchołkiem lub nadmiernie poszerzonym otworem fizjologicznym.

Do preparatów, które skutecznie wspomagają mechaniczne opracowanie systemów kanałowych korzenia, poprzez usuwanie warstwy mazistej należą związki chelatujące, do których należy EDTA. Związek ten popularnie określany wersenianem sodu jest solą sodową kwasu etyleno – dwuamino – czteroocowego i jest stosowany w endodoncji w postaci roztworu 15-19% o pH 7,3 (10, 83, 50). Działanie EDTA polega na wiązaniu jonów wapnia i magnezu z zębiny korzeniowej, co prowadzi z jednej strony do jej rozmiękczenia, z drugiej natomiast do skutecznego usunięcia warstwy mazistej (9, 10). Usunięcie warstwy mazistej składającej się z organicznych i nieorganicznych zanieczyszczeń, ułatwia penetrację w głąb kanałków zębinowych środków bakteriobójczych oraz umożliwia uzyskanie lepszej szczelności używanych do wypełnienia kanału korzeniowego materiałów endodontycznych. Niektóre z preparatów na bazie EDTA zawierają w swym składzie tzw. lubrykanty (związki gliceryny), które ułatwiają poślizg instrumentów kanałowych, co zapobiega ich zablokowaniu zwłaszcza w wąskich i zakrzywionych kanałach (9, 10). Bergholz i wsp. (9) uważają, że

należy unikać przepchnięcia wersenianu sodu poza wierzchołek korzenia, ponieważ dostępne badania wskazują na możliwość wystąpienia reakcji cytotoksycznych.

Zgodnie z wytycznymi Polskiego Towarzystwa Endodontycznego (70) płukanie kanałów korzeniowych podchlorynem sodu powinno być prowadzone naprzemiennie z 40% kwasem cytrynowym, natomiast do płukania końcowego należy zastosować 2% roztwór chlorheksydyny. Roztwory 40 – 50% kwasu cytrynowego, podobnie jak EDTA usuwają warstwę mazistą ze ścian kanału korzeniowego, wykazując jednocześnie dobre działanie bakteriobójcze zwłaszcza na bakterie beztlenowe (9, 83). W literaturze można spotkać doniesienia, które sugerują, że korzystniejsze działanie wykazują roztwory kwasu cytrynowego o niższym pH rzędu 0,8 – 1,5 niż roztwory buforowane o pH 6,0 (9). Zastosowana do końcowego płukania 2% chlorheksydyna posiada szybkie i silne działanie przeciwwgrzybicze, przeciwbakteryjne oraz niszczy wirusy DNA i RNA (55, 82). Warty podkreślenia jest fakt, że jej działanie bakteriobójcze utrzymuje się w kanale korzeniowym przez okres 72 godzin. Badania przeprowadzone przez Łukomska-Szymańską (55), polegające na ocenie wybranych systemów wiążących modyfikowanych substancjami o działaniu dezynfekującym, wykazały, że roztwory dwuglukonianu oraz octanu chlorheksydyny wykazują zdecydowanie silniejsze właściwości przeciwbakteryjne niż chlorowoderek cetylpirydyny i 25% aldehyd glutarowy. Stosując chlorheksydynę należy jednak pamiętać o możliwości wystąpienia reakcji alergicznej (112). Stosowany coraz rzadziej do płukania kanałów korzeniowych alkohol izopropylowy ze względu na niskie napięcie powierzchniowe stosunkowo łatwo wnika do kanałków zębinowych oraz wąskich kanałów bocznych (83). Ponadto wykazuje działanie osuszające, co stwarza korzystniejsze warunki dla uzyskania dobrej adhezji przez uszczelniacze kanałowe. Do preparatów o stosunkowo wysokiej biozgodności zaliczyć należy fizjologiczny roztwór soli fizjologicznej

(0,9%), który jest polecany przez niektórych autorów jako preparat do końcowego płukania, przed osuszeniem i wypełnieniem światła kanału materiałem trwałym.

W celu uproszczenia procedury płukania kanału korzeniowego i wyeliminowania konieczności naprzemiennego stosowania kilku preparatów Torabinejad i wsp. opracowali produkt o handlowej nazwie MTAD (ang. M - mixture, T – tetracyclin, A – citric acid, D – detergents), (9, 108). Zaproponowany przez autorów płyn posiada niskie pH – 2,15, w którym chlorowodorek doksycykliny obok swych naturalnych właściwości bakteriobójczych, wykazuje działanie chelatujące zbliżone do EDTA. Ta właściwość antybiotyku wzmacnia z kolei aktywność kwasu cytrynowego co w efekcie prowadzi do bardzo skutecznego usunięcia warstwy mazistej. Natomiast dodatek detergentu obniża napięcie powierzchniowe płynu, dzięki czemu może on skutecznie penetrować w głąb wąskich odgałęzień kanału głównego oraz kanalików zębinowych. Shabahang i wsp. (97) wykazali, że proporcje doksycykliny zawarte w preparacie MTAD skuteczniej inaktywują *Enterococcus Faecalis* niż 2% roztwór chlorheksydyny. Natomiast badania przeprowadzone przez Kho i wsp.(45) , Mohammadi i wsp.(69) oraz Newberry (75), dowiodły, że chlorowodorek doksycykliny zachowuje swe dobre właściwości bakteriobójcze nawet w rozcieńczeniu 1 : 8192.(108).

2.2. Rodzaje uszczelniaczy kanałowych

Obliteracja kanału korzeniowego określonym rodzajem materiału powinna uwzględniać właściwą technikę aplikacji, kompatybilną z właściwościami fizyko – chemicznymi danego produktu (28). W ciągu ostatnich kilkunastu lat do endodoncji wprowadzono szereg nowych materiałów przeznaczonych do wypełniania kanałów korzeniowych, jednak jak pokazują prezentowane w literaturze doniesienia produktem, który posiada najwięcej cech zbliżonych do idealnego materiału obturującego jest gutaperka (28).

Gutaperka jako preparat do wypełniania kanałów – korzeniowych była dostępna na rynku już w roku 1847, natomiast pierwsze ćwieki wyprodukowano w roku 1887 (14). Gutaperka jest trans polimerem 1,4 poliizoprenu, który w zależności od temperatury ogrzewania i schładzania występuje w trzech odmianach izomerycznych: alfa, beta i gamma (6, 9, 28). Materiał ten jest pozyskiwany z soku mlecznego drzew gutaperkowych (*Palaquium gutta*, *Palaquium oblongifila*). W endodoncji wykorzystywane są: odmiana alfa, która jest postacią płynną oraz beta posiadająca formę ciała stałego. Forma beta jest używana do wytwarzania ćwieków oraz peletek w skład których wchodzi również tlenek cynku, siarczan baru i strontu, воск oraz małe ilości polimerów (9, 28). Ten typ gutaperki jest używany do mechanicznego wypełniania kanałów korzeniowych z wykorzystaniem technik kondensacji bocznej oraz jednego ćwieka (9). Stosowane coraz częściej techniki termoplastycznego wypełniania kanału korzeniowego wykorzystują możliwość przemiany plastycznej formy beta (temperatura 40-49° C) w stałą formę alfa.

Współczesne materiały (ćwieki, peletki) wykorzystywane w technikach obturacji na ciepło oraz zimno, stosuje się w połączeniu z uszczelniaczami (*ang. sealer*) (5, 8, 15, 35, 79), zadaniem których jest wypełnienie przestrzeni pomiędzy ćwiekami lub ćwiekami i ścianą kanału korzeniowego. Ze względu na skład chemiczny materiały tego typu można sklasyfikować w następujące grupy produktów: uszczelniacze na bazie żywic syntetycznych, tlenku cynku z eugenolem, z dodatkiem leków, na bazie wodorotlenku wapnia, uszczelniacze szklano – jonomerowe, silikonowe oraz MTA (*ang. mineral trioxide aggregate*).

Uszczelniacze na bazie żywic epoksydowych charakteryzują się dobrymi właściwościami uszczelniającymi, zadawalającym przyleganiem do zębiny korzeniowej oraz zdolnością wiązania w obecności wilgoci (6,9). Ze względu na płynną konsystencję dają się łatwo wprowadzić do kanału głównego, zapływając jednocześnie w jego boczne odgałęzienia. Jednak ze względu na trudności jakie występują podczas ich usuwania z kanału, powinny być

stosowane wraz z ćwiekami gutaperkowymi. Materiały starszego typu (Diaket, AH 26) podczas procesu wiązania oraz w pierwszych dniach po wypełnieniu kanału uwalniają niewielkie ilości formaldehydu, który działa cytotoksycznie oraz uszkadza DNA (1, 6, 9, 12, 25, 112). Materiały nowej generacji (2 Seal, AH Plus) ze względu na wyłączenie ze składu tetraaminy heksametylenowej odpowiedzialnej za uwalnianie formaldehydu, są pozbawione tej niekorzystnej cechy. Pomimo to w literaturze można znaleźć doniesienia, że AH Plus cechuje się toksycznością. Badania wytrzymałości połączenia wybranych uszczelnaczy kanałowych z zębiną korzeniową wykonane przez Gogos i wsp. (36) wykazały, że materiał na bazie żywicy epoksydowej (Top – Seal) wykazywał zdecydowanie wyższą siłę wiązania (6,24 MPa) niż materiał na bazie wodorotlenku wapnia (CRCS – 2,24 MPa) i preparat szklano – jonomerowy (Endion – 1,82 MPa).

Uszczelniacze na bazie żywic metakrylanowych MBRS (*ang. methacrylate – based – resin – sealer*) są stosunkowo nową grupą materiałów stosowanych w endodoncji. Na rynku dostępny jest preparat pod handlową nazwą Resilon (Sybron Endo, USA). System ten składa się z ćwieków i peletek zbudowanych z polimerów poliestrowych (*polikaprolaktonu*), uszczelnacza na bazie żywic metakrylanowych (Resilon Seal) o podwójnym sposobie polimeryzacji oraz samoadhezyjnego primera (Resilon Primer). System jest kompatybilny z dotychczas stosowanymi technikami wypełniania kanałów korzeniowych i może być wykorzystany w kondensacji na zimno oraz z zastosowaniem metod termoplastycznych (9, 28). Zgodnie z zaleceniami producenta do ostatniego płukania kanałów nie wolno stosować podchlorynu sodu, ponieważ może on pogorszyć połączenie adhezyjne ze ścianą kanału korzeniowego (9). Ideą systemu Resilon było stworzenie odpornego na powstawanie przecieku bakteryjnego „monobloku” dzięki chemicznemu połączeniu uszczelnacza zarówno z ćwiekiem lub peletką, jak również ze ścianą kanału korzeniowego (28, 105). Jednak jak wykazują dostępne w literaturze badania system ten nie do końca spełnia oczekiwania jakie w

nim pokładano (22, 28, 80, 99, 103, 106). Badania oceny szczelności wypełnienia kanału korzeniowego z użyciem mikroskopu stereoskopowego oraz elektronowego wykonane przez Dobrzańska i wsp. (28) wykazały, że w przypadku systemu Resilon (stosując technikę kondensacji bocznej) szerokość szczeliny na granicy uszczelnacza i zębiny korzeniowej była większa (9,44 μm), niż w przypadku pasty AH Plus i gutaperki (7,97 μm). Natomiast Pawińska i Kierklo (80) porównując przyleganie i szczelność wypełnień kanału wykonanych systemem Resilon oraz gutaperką z uszczelniaczem silikonowym RSA nie stwierdziły istotnych różnic pomiędzy tymi materiałami. Ponadto autorki doszły do wniosku, że oba poddane ocenie materiały nie zapewniają właściwej ochrony przed przeciekami bakteryjnymi. Wykonane przez Souza i wsp. (103) badania siły połączenia Resilonu i AH Plus z zębina korzeniową w teście wypychania (*ang. push – out test*) wykazały, że materiał AH Plus wykazuje istotnie wyższą siłę wiązania (17,8 MPa) w porównaniu z Resilonem (6,3 MPa). Podobne wyniki badań obu omawianych uszczelnaczy w analogicznym teście uzyskali Sly i wsp. (99) oraz De-Deus i wsp. (22).

Uszczelniacze na bazie silikonu – do tej grupy należą preparaty Roeko Seal Automix (RSA) oraz Gutta Flow. Obydwa materiały oparte są na bazie polidimetylosiloksanu z tym, że Gutta Flow zawiera również sproszkowana gutaperkę. Materiały te charakteryzują się nieznaczną rozszerzalnością podczas procesu wiązania (około 2%), a w przypadku konieczności powtórnego leczenia można je bez trudności usunąć z kanału korzeniowego (6, 9). Ponadto wykazują biogodność, brak cytotoksyczności i działania bakteriobójczego na *Enterococcus faecalis* (80). Jak już wspomniano ta grupa uszczelnaczy nie zapewnia dostatecznej ochrony przed możliwością powstania przecieku bakteryjnego (80).

Uszczelniacze na bazie wodorotlenku wapnia charakteryzują się dobrą biogodnością oraz ze względu na wysokie zasadowe pH właściwościami odkażającymi. Ponadto stymulują gojenie się zmian okołowierzchołkowych (9). Głównym składnikiem tej grupy materiałów

jest wodorotlenek wapnia, który łatwo ulega rozpuszczeniu pod wpływem płynów ustrojowych, stąd zastosowanie tej grupy uszczelniaczy zdaniem Bergholz i wsp. (9) budzi duże kontrowersje.

Uszczelniacze z dodatkiem leków stanowią grupę materiałów, która w swym składzie zawierają paraformaldehyd (N2 Endodontic Cement, Endomethasone) lub octan hydrokortyzonu (Endomethasone N). Zawarte w preparatach Endomethasone i Endomethasone N kortykosterydy z jednej strony wywierają korzystne działanie przeciwzapalne, z drugiej obniżają odporność, co może w okolicy przywierzchołkowej stwarzać korzystne warunki dla rozwoju drobnoustrojów (6). Natomiast zawarty w niektórych materiałach paraformaldehyd działa mutagennie oraz rakotwórczo. Opisano przypadki (9, 12) wystąpienia niekorzystnych reakcji pod postacią parastezji, ropni, martwicy oraz odczynów uczuleniowych. Badania przeprowadzone przez Yilmaz i wsp. (114) wykazały, że uszczelniacze kanałowe zawierające w swym składzie eugenol wykazują bardzo silne działanie cytotoksyczne względem komórek fibroblastów mysich linii L 929. Pomimo tych bez wątpienia niekorzystnych właściwości tej grupy materiałów, badania przeprowadzone przez Olczak i Pawlicką (77) wykazały, że 56% ankietowanych lekarzy stomatologów jako uszczelniacz kanałowy stosuje preparat Endomethasone N.

Uszczelniacze na bazie tlenku cynku zapewniają dobre uszczelnienie kanału oraz działanie bakteriobójcze. Wadą tej grupy materiałów jest rozpuszczalność w płynach tkankowych. Zdaniem Bergholz i wsp. (9) zawarty w nich eugenol w przypadku przepchnięcia materiału poza otwór wierzchołkowy może powodować podrażnienia i martwicę. Ponadto jak wykazały badania Alfredo i wsp. (3) oraz Tijan i Nemetz (107) eugenol zakłócając proces polimeryzacji, w sposób znaczący redukuje retencję wkładów koronowo – korzeniowych osadzanych przy użyciu cementów kompozytowych.

Uszczelniacze szklano – jonomerowe do których należą Endion i Ketac – Endo są preparatami dwuskładnikowymi, w których proszek zawiera szkło wapniowo – fluoro – glinowo – krzemowe, natomiast płyn wodny roztwór homo oraz kopolimerów kwasów akrylowego i winowego (6). Zdaniem Arabskiej-Przedpeńskiej i Pawlickiej (6) ta grupa uszczelniaczy nie wykazuje skurczu podczas procesu wiązania, daje dobry kontrast na zdjęciach rentgenowskich, nie rozpuszcza się pod wpływem płynów tkankowych oraz charakteryzuje się dobrą tolerancją ze strony otaczających tkanek. Odmiennego zdania jest Bergholz i wsp. (9), którzy uważają, że ta grupa materiałów wykazuje skurcz podczas wiązania, co negatywnie wpływa na uzyskanie zadawalającej adhezji do zębiny korzeniowej.

Cement MTA (*ang. mineral trioxide aggregate*) jest hydrofilnym proszkiem twardniejącym stopniowo po zarobieniu wodą. Pod względem składu chemicznego jest podobny do cementu Portland z tą różnicą, że zawiera dodatek środka kontrastującego w postaci tlenku bizmutu (9). Cement MTA po zarobieniu posiada pH – 10,2, które już po trzech godzinach wzrasta do pH – 12,5 (39). Z tego też powodu jego właściwości bakteriobójcze są porównywalne z wodorotlenkiem wapnia. Ponadto charakteryzuje się małą toksycznością, niewielkim przeciekaniem bakteryjnym oraz nie posiada właściwości mutagennych (39, 113). W endodoncji znajduje zastosowanie w przypadkach resorpcji i perforacji korzeni, apeksyfikacji oraz jako uszczelniacz kanałowy w technice bocznej kondensacji. Sarkar i wsp. (94) wykazali, że w bezpośrednim sąsiedztwie koloidalnego MTA następuje odkładanie warstwy hydroksyapatytu, stąd znajduje on zastosowanie również w biologicznym leczeniu miazgi.

2.3. Rodzaje wkładów koronowo – korzeniowych

Wkłady koronowo – korzeniowe są uzupełnieniami protetycznymi osadzonymi na stałe w kanale korzeniowym, w przypadkach znacznego zniszczenia korony klinicznej zębów (90,

93). Badania przeprowadzone przez Eckerborn i Magnusson (30) wykazały, że około 30% lekarzy w Szwecji, w tym specjaliści z zakresu protetyki stomatologicznej (17%) są zdania, że wkłady koronowo – korzeniowe zwiększają wytrzymałość mechaniczną zębów po leczeniu endodontycznym. Zdaniem Limanowskiej – Shaw (53) taka zależność ma miejsce jedynie wówczas, gdy na skutek nadmiernego poszerzenia lub próchnicy ściany kanału są bardzo cienkie. Powyższą zależność potwierdzają badania Sorensen i Martinoff (102).

Wkłady koronowo – korzeniowe mogą być modelowane indywidualnie (metoda bezpośrednia lub pośrednia) lub wykonane metodami przemysłowymi (wkłady standardowe), (90). Zdaniem Ferrari i wsp. (32), o powodzeniu leczenia z zastosowaniem wkładów koronowo – korzeniowych decyduje ilość pozostawionych tkanek twardych zęba, dlatego wkłady indywidualne są korzystniejsze ponieważ ich średnica jest dopasowana do szerokości światła kanału korzeniowego, a nie odwrotnie jak to ma miejsce w przypadku wkładów standardowych. Najczęściej wkłady indywidualne są wykonywane ze stopów metali w tym tytanu, ditlenku cyrkonu i tlenku glinu (III), natomiast produkowane fabrycznie ze stopów metali, tytanu, włókien szklanych, kwarcowych, węglowych i ditlenku cyrkonu (90). Jak już wspomniano wcześniej wkłady indywidualne bez względu na technikę ich wykonania charakteryzują się lepszym dopasowaniem do ścian kanału, a tym samym lepszą szczelnością brzeżną i odpornością na złamania (25, 46, 53, 74, 90). W większości przypadków wkłady indywidualne są wykonane ze stopów metali, co zdaniem Pierrisnard i wsp. (84) oraz Dejak i Romanowicza (24) ze względu na wysoki moduł Younga, a co za tym idzie dużą sztywność, w sposób równomierny rozpraszają na powierzchni ścian kanału naprężenia generowane pod wpływem obciążeń okluzyjnych. Powyższa zależność potwierdzają również badania Martinem-Insua oraz Gu-X (38,60). Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku zaistniałego niepowodzenia leczenia w postaci złamania wkładu, jego usunięcie z kanału korzeniowego jest niemożliwe, co skutkuje zazwyczaj ekstrakcją zęba (1, 4, 16, 90). Innym problemem w

przypadku wkładów wykonanych ze stopów metali są coraz częściej pojawiające się doniesienia o ich działaniu alergizującym (41, 56, 62, 101). W praktyce klinicznej znajduje zastosowanie około 40 pierwiastków metalicznych, z których za najbardziej alergizujące uważa się nikiel, chrom oraz kobalt. Opisywane są również przypadki uczuleń na złoto i tytan, które do niedawna były uznawane za materiały biozgodne. Na początku lat 90 – tych ubiegłego wieku pojawiły się doniesienia (41) mówiące o wystąpieniu zmian zapalnych w tkankach sąsiadujących z płytkami tytanowymi służącymi do zespalania złamanych odłamów kostnych. Badania wykonane przez Matthew i Frame (62) wykazały, że w bezpośredniej okolicy zespolonych odłamów występuje intensywny naciek zapalny limfocytów CD4+ i CD8+, co może sugerować występowanie przewlekłego stanu zapalnego lub reakcji alergicznej typu późnego. Zdaniem niektórych autorów, pomimo stwierdzenia tego typu objawów w bezpośrednim sąsiedztwie wszczepów, brak odczynu po zastosowaniu testów skórnych jest związane ze słabą zdolnością do rozpuszczania tytanu w wodzie, a tym samym stosunkowo płytką penetracją w głąb otaczających tkanek miękkich. Z powyższych względów, jak również niezadowalającej estetyki coraz większą popularnością wśród klinicystów cieszą się wkłady z włókien szklanych, kwarcowych, ditlenku cyrkonu oraz tlenku glinu (III). Wkłady z ditlenku cyrkonu stabilizowanego itrem (*ang. Yttrium Stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystals*) charakteryzują się biozgodnością, dobrą wytrzymałością mechaniczną i dobrą transmisją światła, jednak w przypadku złamania ze względu na dużą twardość oraz kolor zbliżony do zębiny są praktycznie niemożliwe do usunięcia ze światła kanału korzeniowego, co skutkuje ekstrakcją zęba (90). W przypadku wkładów wykonanych z włókna szklanego lub kwarcowego nawet w przypadku ich złamania, co ma miejsce najczęściej na wysokości szyjki zęba, można je łatwo usunąć i przeprowadzić ponowne leczenie protetyczne. Zdaniem niektórych autorów ten rodzaj wkładów koronowo – korzeniowych ze względu na moduł elastyczności zbliżony do zębiny, ugina się podobnie jak

zębina korzeniowa co powoduje, że naprężenia wyzwalane pod wpływem działania sił okluzyjnych są przenoszone na powierzchnię ścian korzenia w sposób bardziej równomierny, niż w przypadku innych rodzajów wkładów (7, 18, 29, 57, 96, 110). Zdaniem Musikanta i wsp. (73) dwa materiały posiadające zbliżone współczynniki elastyczności uginają się podobnie tylko wówczas, gdy posiadają taką samą średnicę przekroju, co w przypadku wkładu i korzenia nigdy nie ma miejsca. Dlatego autorzy Ci są zdania, że aby taka zależność miała miejsce (podobne ugięcie wkładu i zębiny) wkład, który jest węższy od korzenia powinien posiadać nieco wyższy moduł elastyczności niż zębina korzeniowa.

Bez względu na rodzaj materiału z którego jest wykonany wkład koronowo – korzeniowy może on mieć kształt zwężający się (wkład stożkowy), równoległy na całej długości (cylindryczny) lub cylindryczno – stożkowy (90). Wkłady stożkowe posiadają kształt zbliżony do naturalnego przekroju kanału co powoduje, że ilość usuwanej zębiny podczas opracowywania łoża jest stosunkowo niewielka (90). Jednak ten typ wkładów charakteryzuje się niską retencją oraz ze względu na kształt może działać jak klin, prowadząc do pęknięcia korzenia. Natomiast wkłady cylindryczne zapewniają dobrą retencję, lecz ze względu na swój kształt wymagają usunięcia znacznych ilości zębiny zwłaszcza w okolicy wierzchołka, co może skutkować pęknięciem korzenia. Najkorzystniejsze wydają się być wkłady o kształcie cylindryczno – stożkowym ponieważ zapewniają dobrą retencję oraz nie wymagają znacznego usunięcia zębiny w 1/3 przywierzchołkowej długości korzenia. Bez względu na kształt części korzeniowej wkłady z włókien szklanych, kwarcowych, ditlenku cyrkonu oraz tlenku glinu (III) są wkładami pasywnymi co powoduje, że generują niewielkie naprężenia na przylegające ściany kanału korzeniowego. Natomiast odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku wkładów gwintowanych (aktywnych), które są wkręcane bezpośrednio w ścianę kanału. Posiadają one dobrą retencję, jednak wyzwalają duże naprężenia na ściany kanału korzeniowego zarówno podczas osadzania, jak i podczas działania sił okluzyjnych (90).

Dlatego powinny być stosowane tylko w zębach o krótkich korzeniach w których retencja jest niewystarczająca.

2.4. Rodzaje cementów dentystycznych

Cementy dentystyczne, które są używane do osadzania protez stałych ze względu na kryterium składu chemicznego można podzielić na dwie grupy: na bazie wody oraz żywic. Do materiałów na bazie wody należą cement cynkowo – fosforanowy, polikarboksylowy, szklano – jonomerowy, szklano – jonomerowy modyfikowany żywicą. Natomiast cementy kompozytowe ze względu na tworzenie sieci polimerowej mogą być chemoutwardzalne (*ang. self / auto curing*), światłoutwardzalne (*ang. light curing*) oraz o podwójnym systemie wiązania światło – chemoutwardzalne (*ang. dual curing*).

Cementy cynkowo – fosforanowe dostępne są na rynku od około stu lat (27). Charakteryzują się niskim przewodnictwem cieplnym oraz elektrochemicznym, dobrą widocznością na zdjęciach rentgenowskich oraz łatwością zarabiania (56). Niewątpliwą zaletą jest również wytrzymałość na ściskanie, która wynosi od 80 MPa do 110 MPa (11). Posiadają jednak szereg wad do których należą: wysoki skurcz podczas wiązania, niskie pH (możliwość podrażnienia miazgi), porowatość, kruchość, łatwość wypłukiwania oraz niską wytrzymałość na rozciąganie (56). Z tego też względu nie powinny być stosowane w praktyce klinicznej do osadzania protez stałych.

Cementy polikarboksylowe są materiałami o korzystniejszych parametrach fizyko – chemicznych w porównaniu z cementami cynkowo – fosforanowymi. Produkowane są w postaci proszku i płynu. Proces wiązania tej grupy materiałów jest typową reakcją kwasowo – zasadową, w której tlenek cynku (proszek) i kwas poliakrylowy (płyn) tworzą poliakrylan cynku (56). Dzięki zdolności chelatowania jonów wapnia z tkanek twardych zęba przez grupy hydrofobowe cementu (109) tworzą z nimi wiązania chemiczne, wykazując dobrą szczelność

brzeżną. Do wad tej grupy cementów należy brak działania bakteriobójczego, niski moduł sprężystości (wynoszący 4,0 – 4,7 GPa) który powoduje, że materiał poddany naprężeniu ulega odkształceniu plastycznemu, co uniemożliwia stosowanie tego rodzaju cementów w obszarach działania znacznych sił żucia (strefy podparcia), (11).

Cementy szklano – jonomerowe zawierają w swym składzie szkło wapniowo – fluorowo – glinowo – krzemowe oraz wodny roztwór kwasu poliakrylowego, itakowego, maleinowego oraz tartanowego. Proces wiązania podobnie jak w przypadku cementów karboksylowych jest reakcją kwasowo – zasadową (56). Ten rodzaj cementów łączy się chemicznie z tkankami twardymi zęba, uwalniając jednocześnie fluor. Obok tych niezaprzeczalnych zalet ta grupa materiałów posiada jednak wady do których należą: wrażliwość na wilgoć w początkowej fazie wiązania, a w późniejszym okresie na przesuszenie, niski moduł elastyczności (3,5 – 6,4 GPa) oraz nadwrażliwość pozabiegowa, ze względu na niskie pH występujące w początkowej fazie wiązania (11, 56, 92).

Cementy szklano – jonomerowe modyfikowane żywicą łączą w sobie pewne właściwości cementów kompozytowych takie jak mała kruchość i rozpuszczalność oraz klasycznych szkło – jonomerów w postaci dobrej adhezji do szkliwa i zębiny oraz uwalnianie i readsorbicje jonów fluoru. Proces wiązania przebiega w formie dwóch niezależnych od siebie reakcji, którymi są reakcja kwasowo – zasadowa i polimeryzacja wolnorodnikowa pod wpływem światła (56). Ta grupa materiałów charakteryzuje się zadawalającą odpornością na wilgoć co sprawia, że w warunkach jamy ustnej ich siła wiązania jest wyższa od klasycznych szkło – jonomerów. Do wad omawianych cementów należy znaczny skurcz polimeryzacyjny oraz nadwrażliwość na składniki płynu, którym jest 2 – hydroksyetylometakrylan (56)

Cementy oparte na żywicach są dostępne w formie pasta – pasta, proszek – płyn oraz w kapsułkach i strzykawkach. W ich skład wchodzi faza organiczna (stanowiąca matrycę), faza

nieorganiczna (wypełniacze) oraz czynnik spajający, którym jest silan (54, 56). Fazę organiczną najczęściej stanowią polimery żywicy Bis-GMA oraz jej pochodne, a nieorganiczną szkło glinowo-borowo-barowe (54, 56). Cementy tej grupy są materiałami z wyboru do cementowania uzupełnień protetycznych jednolicie – ceramicznych i kompozytowych oraz wkładów koronowo – korzeniowych z włókna szklanego, kwarcowego, węglowego i ditlenku cyrkonu. Materiały te charakteryzują się małą rozpuszczalnością w wodzie oraz wysoką wytrzymałością na działanie sił ściskających i rozciągających. Ponadto wykazują zdolność chemicznego połączenia ze stopami metali nieszlachetnych poddanych obróbce strumieniowo – ścierniej oraz stopami szlachetnymi powleczonymi elektrolityczną warstwą cyny (56, 86, 87). Ze względu na przygotowanie powierzchni twardych tkanek zęba cementy na bazie żywic możemy podzielić na trzy grupy: oparte na technice total - etch, self – etch (samotrawiące) oraz samoadhezyjne stosowane bez systemów wiążących (11, 61). W przypadku cementów konwencjonalnych połączenie ze szkliwem następuje poprzez mikroretencyjne zagłębienia powstające w wyniku trawienia 37% kwasem fosforanowym, w które wnika żywica łącząca (11, 61). Podczas chemo – mechanicznego opracowania światła kanału korzeniowego powstaje warstwa mazista (składająca się głównie z hydroksyapatytów i zdenaturowanego kolagenu), która blokuje światło kanalików zębinowych i utrudnia uzyskanie właściwej adhezji do zębiny korzeniowej zarówno preparatów uszczelniających, jak i cementów opartych na bazie żywic kompozytowych (11, 48, 56). W przypadku osadzania wkładów koronowo – korzeniowych przy pomocy cementów adhezyjnych trawienie zębiny powoduje usunięcie warstwy mazistej oraz otwarcie światła kanalików zębinowych, w głąb których penetrują monomery żywicy aplikowanej w dalszej kolejności. Połączenie systemów wiążących ze składnikami zębiny (włóknami kolagenowymi) jest określane w literaturze jako warstwa hybrydowa (*ang. resin infiltrated dentine*). Obecność tej warstwy ma bezpośredni wpływ na skuteczność połączenia systemów łączących z zębina

korzeniową. Technika *Total-Etch* ze względu na wieloetapowość procedur klinicznych jest obarczona znacznym ryzykiem niepowodzeń, stąd coraz większą popularność zyskują systemy *Self-Etch*. Skład chemiczny primerów systemów samotrawiących został tak dobrany aby wyeliminować fazę trawienia oraz następowego płukania (11). Materiały te zawierają kwaśne monomery (dwufunkcyjne), które dzięki obecności grup fosforanowych lub karboksylowych posiadają z jednej strony, zdolność demineralizacji (wytrawiania) twardych tkanek zęba i wiązania się ze składnikami hydroksyapatytów (wapń, fosfor), z drugiej natomiast dzięki obecności grup metakrylanowych łączą się z dimetakrylanami systemów wiążących. Ponieważ systemy tego typu działają jedynie na powierzchniowe warstwy zębiny, stąd nadwrażliwość pozabiegowa jest mniejsza niż w przypadku techniki *Total-Etch* (11). Jednak wytworzona w tym przypadku warstwa hybrydowa, ze względu na ograniczoną demineralizację jest cieńsza niż ma to miejsce w przypadku systemów *Total-Etch*, co skutkuje niższą siłą wiązania tego typu cementów do tkanek twardych zęba. Podobną zależność można zaobserwować w przypadku cementów samoadhezyjnych, które ze względu na szybki proces zobojętniania kwaśnego odczynu (31), praktycznie nie wytwarzają warstwy hybrydowej, lub wytwarzają ją w ograniczonym zakresie. W tym przypadku połączenie z tkankami twardymi zęba następuje poprzez wiązania chemiczne, pomiędzy grupami kwasowymi monomerów a wapniem hydroksyapatytów (34).

Sukces kliniczny podczas leczenia protetycznego z zastosowaniem wkładów koronowo – korzeniowych jest uzależniony nie tylko od ilości zachowanych tkanek twardych zęba, kształtu i konfiguracji kanału, lecz również od metody jego opracowania, rodzaju zastosowanego uszczelnacza oraz wyboru właściwego systemu łączącego zgodnego z aktualnym stanem wiedzy.

3. Cel pracy

Celem pracy jest ocena wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego a zębina korzeniową. Dla zrealizowania założonego celu pracy należy uzyskać odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy rodzajem zastosowanego uszczelnacza kanałowego, a wytrzymałością połączenia wkładów z włókna szklanego z zębina korzeniową ?.
2. Który z zastosowanych cementów adhezyjnych pozwala uzyskać korzystniejszą z klinicznego punktu widzenia wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego a zębina korzeniową ?.

4. Materiał i metody

4.1. Materiały

Do badań użyto 96 nie leczonych uprzednio endodontycznie zębów przedtrzonowych pierwszych żuchwy usuniętych ze względów ortodontycznych u osób w wieku pomiędzy 16 a 20 rokiem życia. Ponadto wybrano cztery różne pod względem składu chemicznego uszczelniacze kanałowe: Endomethasone N (f-my Septodont, Francja), Ah Plus (f-my Dentsply, Niemcy), Resilon (f-my Sybron Endo, USA) oraz ciekłą gutaperkę (f-my Obturan Spartan, USA), (Tabela I).

Tabela I. Skład chemiczny stosowanych uszczelniaczy kanałowych.

Produkt	Producent	Skład chemiczny
Endomethasone N	Septodont, Francja	<i>Octan hydrokortyzonu, diiodek tymolu, siarczan baru, tlenek cynku, stearynian magnezu, eugenol</i>
AH Plus	Dentsply DeTrey, Niemcy	<i>Żywica epoksydowa, wolframian wapnia, tlenek cyrkonu, tlenek krzemu, tlenek żelazowy, aminy, olej silikonowy</i>
Resilon	Sybron Endo, USA	<i>Bis-GMA, etoksyl Bis-GMA, hydrofilowe metakrylany, wodorotlenek wapnia, siarczan baru, szkło barowe, krzemian This</i>
Dental Gutta Percha	Obturan Spartan, USA	<i>Gutaperka, siarczan baru</i>

W celu chemicznego oczyszczenia kanałów korzeniowych zastosowano podchloryn sodu (NaOCl) w stężeniu 5,25% (f-my Chema, Polska), 10% roztwór EDTA Largal Ultra (f-my Septodont, Fracja) oraz sól fizjologiczną (NaCl) 0,9% (f-my Chema, Polska).

Do odbudowy zrębu zębinowego zastosowano samotrawiący światłoutwardzalny kompozyt hybrydowy Clearfil Photo Core (f-my Kuraray Dental, Japonia).

Tabele II. Skład chemiczny oraz sposób polimeryzacji stosowanych cementów adhezyjnych.

Cement	Producent	Polimeryzacja	Skład chemiczny
Clearfil SA	Kuraray, Japonia	dualny	<p><i>Baza: Bis-GMA, hydrofobowy dimetakrylat, silanizowane szkło, silanizowany tlenek krzemu, fluorek sodu, pigmenty</i></p> <p><i>Katalizator: Bis-GMA, TEGMA, monomer MDP, hydrofobowy dimetakrylat, silanizowane szkło, krzemionka koloidalna, krzemionka silanizowana, nadtlenuk benzoilu, dikamforochinon</i></p>
ParaPost	Coltene/Whaledent Szwajcaria	chemoutwardzalny	<p><i>Primer: HEMA, BPO, kwas maleinowy, etanol, woda, metakrylopolialkenian.</i></p> <p><i>Cement: Bis-GMA, Bis-EMA, silanizowane szkło barowe, amorficzna krzemionka.</i></p>

Do osadzenia wkładów koronowo – korzeniowych w kanale korzeniowym zastosowano systemy łączące: cement adhezyjny ParaPost Cement (f-my Coltene/Waledent, Szwajcaria) o chemicznym sposobie polimeryzacji oraz cement adhezyjny samoadhezyjny Clearfil SA Cement (f-my Kuraray Dental, Japonia) o podwójnym sposobie polimeryzacji (światło-chemoutwardzalny),(Tabela II). Cement światło-chemoutwardzalny oraz materiał do odbudowy zrębu zębinowego polimeryzowano przy użyciu diodowej lampy polimeryzacyjnej Demetron (f-my Kerr, USA) zgodnie z zaleceniami producentów.

Ponadto w badaniach użyto wkłady koronowo – korzeniowe wykonane z włókna szklanego Glassix (f-my Nordin, Szwajcaria) w rozmiarze 4 (średnica 1,5 mm) o kształcie cylindryczno - stożkowym.

4.2. Metody przygotowania próbek

Zęby po ekstrakcji przechowywano w 2% roztworze tymolu w temperaturze 4° C przez okres trzech godzin (26). Po tym okresie czasu usuwano z ich powierzchni za pomocą skalpela ewentualne pozostałości tkanek miękkich i oczyszczono pumeksem za pomocą szczoteczki nylonowej osadzonej na kątnicy klinicznej. Tak przygotowane zęby umieszczano w roztworze soli fizjologicznej i przez okres 48 godzin przechowywano w cieplarni w temperaturze 37° C. W kolejnym etapie wszystkie zęby poddawano badaniu na obecność ewentualnie występujących ognisk demineralizacji przy pomocy aparatu Diagnodent 2095 (f-my KaVo, Niemcy). W przypadku zębów zakwalifikowanych do badań zatapiało je w tworzywie akrylanowym Vertex™ Castapress przy pomocy silikonowych foremek (15 x 25 x 10), tak aby połączenia szklwno – cementowe znajdowało się 1,0 mm powyżej poziomu

żywicy, a długa oś zęba była prostopadła do podstawy formy. Po spolimeryzowaniu tworzywa akrylanowego odcinano przy użyciu wolnoobrotowej piły diamentowej z chłodzeniem wodnym (f-my SBT, Polska) koronę zęba na wysokości 2,0 mm powyżej połączenia szklwno – cementowego. Takie postępowanie umożliwiało zachowanie pierścienia obejmującego (*ang. ferrule effect*), którego obecność jest wymagana podczas protetycznej rekonstrukcji z zastosowaniem wkładów koronowo – korzeniowych z włókna szklanego.

Kanał korzeniowy opracowywano metodą Crown – Down od ujścia kanału do wierzchołka zęba. W tym celu ujście kanału (część koronowa kanału) poszerzano wiertłami typu Gates - Glidden stosując kolejno rozmiary od 2 do 4 (średnica od 0,7 do 1,1 mm) przy użyciu kątnicy zwalniającej KaVo (f-my KaVo, Niemcy) przy prędkości 300 - 350 obrotów na minutę, nie dłużej niż 5 – 7 sekund każdym narzędziem. Opracowanie środkowej i przywierzchołkowej części kanału wykonywano narzędziami K3 (f-my Sybron Endo, USA) stosując zgodnie z zaleceniami producenta sekwencję 6%, 45,4%, 45,6%, 40,4%, 40,6%, 35,4% 35. Przy każdej zmianie narzędzi kanały płukano roztworem podchlorynu sodu (NaOCl) o stężeniu 5,25% i temperaturze 37°C. Końcowe płukanie przeprowadzano przy użyciu 10% roztworu EDTA Largal Ultra oraz fizjologicznego roztworu soli. W kolejnym etapie kanał osuszano sączkami papierowymi (f-my Roeko, USA) i wypełniano czterema różnymi pod względem składu chemicznego uszczelniającymi według zaleceń producenta.

W przypadku wypełniania kanałów materiałem Resilon w pierwszej kolejności aplikowano przy pomocy mikroszczoteczki Primer na okres 30 sekund, po czym przy użyciu ćwieka głównego i systemu Obtura (igła nr 25) wprowadzano płynny uszczelniacz o temperaturze uplastyczniania 160°C. Uszczelniacz AH wprowadzano bezpośrednio do kanału ze strzykawki samo - mieszającej zaopatrzonej w końcówkę endodontyczną, a następnie wypełniano ciekłą gutaperką przy użyciu systemu Obtura (igła nr 23) o temperaturze

uplastyczniana 200°C. Materiał Endomethasone N wprowadzano do kanału za pomocą igły Lentulo, a następnie wypełniano ciekłą gutaperką stosując taką samą temperaturę uplastyczniana jak w przypadku AH Plus. W ostatniej grupie kanał wypełniano ciekłą gutaperką, bez stosowania dodatkowych uszczelniaczy. We wszystkich grupach badawczych gutaperkę poddawano procesowi kondensacji pionowej przy użyciu upychacza typu plugger NiTi (f-my Obtura Spartan, USA) w rozmiarze 35, a następnie zabezpieczano materiałem szklano – jonomerowym CX Plus (f-my Shofu, Japonia). Tak przygotowane próbki przechowywano przez okres 7 dni w 0,9% roztworze soli fizjologicznej (NaCl) w temperaturze 37°C. Po tym okresie czasu usuwano materiał szklano – jonomerowy i przygotowywano kanał do osadzenia wkładu koronowo – korzeniowego. W tym celu wstępnie usuwano uszczelniacze rozgrzanym upychałem kanałowym (*ang. spreaders*) z zaznaczoną ogranicznikiem głębokością prowadzenia do 9,0 mm. Takie postępowanie umożliwiała osadzenie wszystkich wkładów koronowo – korzeniowych na jednakową głębokość oraz pozostawienie w okolicy przywierzchołkowej 4 – 5 mm uszczelniacza.. W kolejnym etapie opracowywano kanał wiertłami typu Reamers o skorelowanej fabrycznie z rozmiarem wkładów średnicy, stosując jednocześnie ograniczniki głębokości (głębokość robocza 9,0 mm). Opracowanie mechaniczne wykonywano kolejnymi wielkościami narzędzi od rozmiaru 1 (średnica 1,0 mm) do 4 (średnica 1,5 mm). Tak opracowane kanały przemywano 0,9% roztworem soli fizjologicznej, następnie osuszano przy użyciu sączków papierowych i osadzano wkłady koronowo – korzeniowe przy użyciu dwóch różnych pod względem sposobu polimeryzacji cementów adhezyjnych postępując zgodnie z zaleceniami producentów. Przed zacementowaniem powierzchnie wkładów przemywano 70% alkoholem etylowym. Po okresie dziesięciu minut od osadzenia wkładów, na część koronową wkładu zakładano metalową tuleję o wysokości 10,0 mm, a przestrzeń pomiędzy wkładem a tuleją wypełniano materiałem kompozytowym do odbudowy zrębu zębinowego Clearfil Photo Core.

Po spolimeryzowaniu materiału kompozytowego (40 sekund) wystającą ponad kompozyt część wkładu odcinano separatorem diamentowym przy użyciu prostnicy klinicznej. Łącznie przygotowano 96 próbek, po 12 dla każdego rodzaju uszczelnacza oraz dwóch rodzajów cementów łączących. Przygotowane próbki przechowywano w 0,9% roztworze soli fizjologicznej (NaCl) przez okres 24 godzin, zgodnie z zaleceniami normy ISO/TS 11405 (42).

4.3. Metody badań laboratoryjnych

Pomiar wytrzymałości połączenia pomiędzy elementami badanego układu (wkład – cement łączący – zębina korzeniowa) dokonano przy pomocy uniwersalnego urządzenia testującego Hounsfield H5 KS model HTE S/N D 83281 (f-my Tinius Olsen, Wielka Brytania) stosując głowice o sile 5 000 N oraz prędkość przesuwu belki wyciągającej 2,0 mm/min. zgodnie z normą ISO/TS 11405 (42). W celu wyeliminowania ewentualnych błędów wynikających z nieznacznych różnic w wielkościach tulei (stanowiących mocowanie dla uchwytu belki zrywającej), każdorazowo przed wykonaniem testu mierzono je za pomocą elektronicznej suwmiarki Digimatic Caliper (f-my Mitutoyo Ltd., Wielka Brytania) z dokładnością do 0,01 mm, a uzyskane wartości wprowadzono do komputera sprzężonego z urządzeniem testującym. Wartości wytrzymałości połączenia (MPa) zostawały odnotowane automatycznie po wykonanym teście przez komputer współpracujący ze zrywarką. Po wykonaniu każdego testu powierzchnię próbki oceniano za pomocą lupy w powiększeniu czterokrotnym, celem określenia charakteru przełomu oraz oceny ilości pozostawionego cementu adhezyjnego według wskaźnika ARI (*ang. Adhesive Remnant Index*), (21, 26).

Rodzaj przełomu określano jako adhezyjny, gdy oderwanie cementu przebiegało wzdłuż połączenia obu faz oraz kohezyjne, jeżeli przerwanie ciągłości układu następowało wewnątrz

któregoś z ocenianych środków łączących. W związku z powyższym wyodrębniono następujące rodzaje przzerwania połączenia w układzie zębina – cement – wkład:

A1 – przełom adhezyjny – jeżeli doszło do zerwania połączenia pomiędzy zębina korzeniową, a cementem łączącym,

A2 – przełom adhezyjny – jeżeli doszło do zerwania połączenia pomiędzy cementem łączącym, a wkładem Glassix,

K – przełom kohezyjny – jeżeli pęknięcie przebiegało wewnątrz środka łączącego,

A/K – przełom adhezyjno – kohezyjny (mieszany) – połączenie przełomu adhezyjnego i kohezyjnego.

Ocenę wskaźnika ARI wykonywano na podstawie następujących kryteriów: 3 – cały cement na powierzchni wkładu, 2 – więcej niż 50% cementu na powierzchni wkładu, 1 – mniej niż 50% cementu na powierzchni wkładu, 0 – brak cementu na wkładzie.

4.4. Metody analizy statystycznej

W celu opracowania zebranych wyników testu na zrywanie zastosowano metody opisowe i metody wnioskowania statystycznego. Opisując siłę połączenia wkładów koronowych z włókna szklanego z zębiną w zależności od rodzaju uszczelnacza i użytego cementu obliczono następujące parametry statystyczne : średnią arytmetyczną (\bar{x}) i medianę (Me)- jako miary przeciętne, a także mierzące zróżnicowanie : odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (v). Podano także wartość minimalną i maksymalną . Zastosowano wzory:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{array}{l} \frac{x_{n+1}}{2} \text{ jeżeli } n \text{ jest liczbą nieparzystą, lub} \\ \frac{x_n + x_{n+1}}{2} \text{ jeżeli } n \text{ jest liczbą parzystą} \end{array}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad V_s = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$$

gdzie x_i - poszczególne wartości cechy

n – liczba badanych

Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono w oparciu o zbadanie normalności rozkładu analizowanej cechy i wybrane testy statystyczne pozwalające na sprawdzenie hipotez dotyczących średnich arytmetycznych.

Zgodność rozkładów analizowanej cechy mierzalnej z rozkładem normalnym badano przy pomocy testu Shapiro - Wilka według wzoru:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} a_i(n) (\widetilde{X}_{n-i+1} - \widetilde{X}_i)\right)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Gdzie współczynniki $a_i(n)$ są stabilizowanymi współczynnikami testu dla licznosci próby n .

Ponieważ rozkład analizowanej w badaniu cechy, odbiegał istotnie od rozkładu normalnego, do porównania średnich nie stosowano testów parametrycznych lecz wykorzystano testy nieparametryczne.

Zastosowano test Manna – Whitneya, który jest odpowiednikiem klasycznego testu t-Studenta dla prób niepowiązanych. Miarą tendencji centralnej dla tego testu jest nie średnia jak w przypadku testów t lecz mediana.

Według wzoru:

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

Gdzie :

$$U = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

R_1 -suma rang elementów z pierwszej próby

n_1, n_2 - licznosci odpowiednio pierwszej i drugiej próby

Za istotne statystycznie uznano te różnice pomiędzy średnimi dla których obliczona wartość testu była równa lub większa od wartości krytycznej odczytanej z odpowiednich tablic przy właściwej liczbie stopni swobody i prawdopodobieństwie błędu $p < 0,05$.

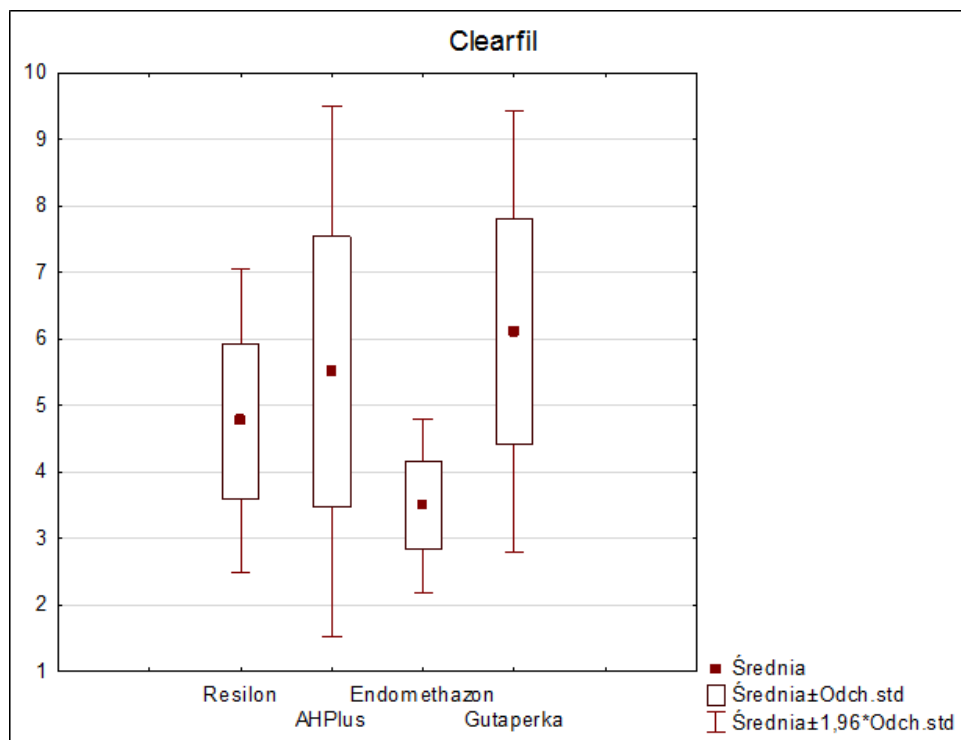
Do analizy statystycznej wykorzystano oprogramowanie STATISTICA version 10 (Stat Soft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA).

5. Wyniki badań

5.1. Wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładem koronowo - korzeniowym z włókna szklanego a zębina korzeniową przy zastosowaniu różnych uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego samoadhezyjnego Clearfil SA Cement – test na zrywanie.

Wyniki badań wytrzymałościowych przedstawia tabela III, w której kolumny uwzględniają średnią wartość naprężenia zrywającego (\bar{S}), odchylenie standardowe (SD), wartość minimalną (Min.) i maksymalną (Max.), kwartył górny (Q75), medianę (M), kwartył dolny (Q25) oraz współczynnik zmienności według Pearsona (V), natomiast graficzny obraz uzyskanych wyników prezentuje rycina 1.

Z danych liczbowych wynika, że najwyższe wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem z włókna szklanego, a zębina korzeniową zarejestrowano wówczas, gdy jako uszczelniacza kanałowego użyto czystej gutaperki ($6,11 \pm 1,69$ MPa). Uzyskane dla tej grupy wartości naprężenia zrywającego były o około 10% wyższe niż uzyskane dla AH Plus ($5,51 \pm 2,04$ MPa), o 23% wyższe od Resilonu ($4,77 \pm 1,17$ MPa) oraz o 43% wyższe od Endomethasonu N ($3,49 \pm 0,66$ MPa) i różniły się od nich w sposób istotny statystycznie (Tabela IV). Istotne statystycznie różnice odnotowano także pomiędzy uszczelniaczami AH Plus i Resilon, AH Plus i Endomethasone N oraz Resilon i Endomethasone N. Wielkości charakteryzujące odchylenie standardowe świadczą, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości przeciętnej jest znaczny, a pojawiające się w przypadku wszystkich poddanych badaniu uszczelniaczy wysokie wartości współczynnika zmienności (>15%) wskazują na znaczny rozrzut uzyskanych wyników naprężenia zrywającego pomiędzy wkładem koronowo - korzeniowym z włókna szklanego, a zębina korzeniową.



Ryc. 1. Graficzne wyniki analizy statystycznej wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowy z włókna szklanego z zębiną korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela III. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębiną korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu Clearfil SA Cement.

Uszczelniacz	Sr.	SD	Min.	Max.	Q25	M	Q75	V (%)
Gutaperka	6,11	1,69	3,35	8,47	4,92	6,35	7,43	27,69
AH Plus	5,51	2,04	2,36	9,67	4,47	5,33	5,70	36,97
Resilon	4,77	1,17	3,33	7,06	3,72	4,77	5,70	24,47
Endomethasone N	3,49	0,66	2,14	4,78	3,29	3,37	3,81	19,00

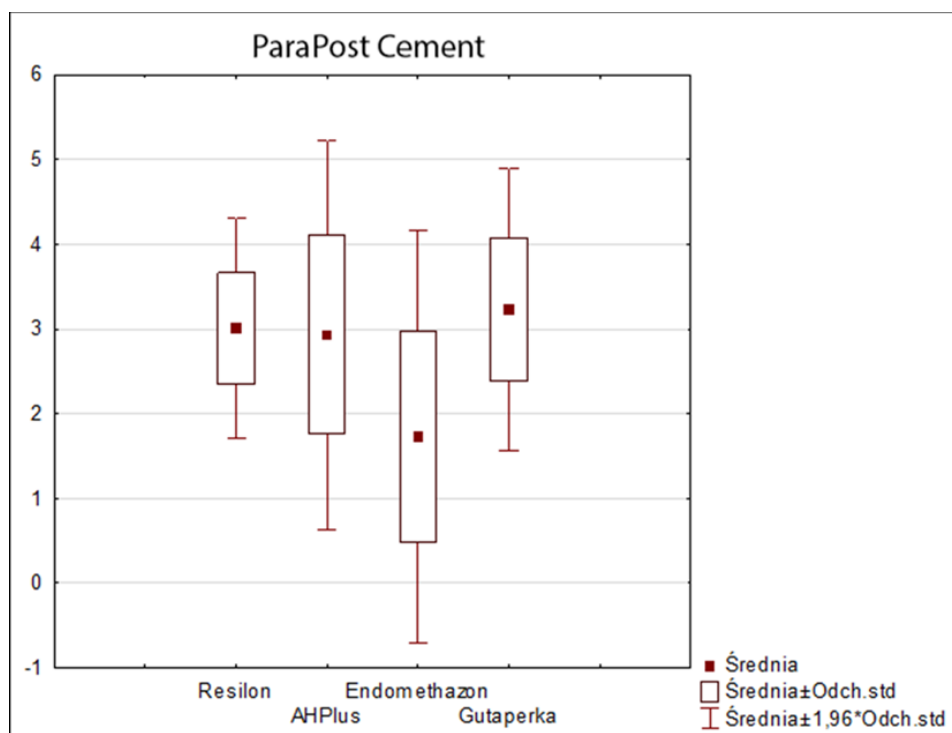
Tabela IV. Porównanie wartości naprężenia zrywającego połączenia wkład koronowo – korzeniowy i zębina korzeniowa przy zastosowaniu czterech rodzajów uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Różniące się pary uszczelniaczy	Istotność statystyczna
Gutaperka vs AH Plus	$p < 0,43$
Gutaperka vs Resilon	$p < 0,05$
Gutaperka vs Endomethasone N	$p < 0,01$
AH Plus vs Resilon	$p < 0,45$
AH Plus vs Endomethasone N	$p < 0,01$
Resilon vs Endomethasone N	$p < 0,01$

5.2. Wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładem koronowo - korzeniowym z włókna szklanego a zębina korzeniową przy zastosowaniu różnych uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego ParaPost – test na zrywanie.

Wyniki badań wytrzymałościowych oraz elementy statystyki opisowej przy zastosowaniu cementu chemoutwardzalnego ParaPost Cement jako środka łączącego wkład koronowo – korzeniowy z zębina kanałową przedstawia tabela V i VI, natomiast graficzny obraz uzyskanych wyników rycina 2. Analiza liczb opisujących wartości średnie naprężenia zrywającego dla poszczególnych rodzajów uszczelniaczy kanałowych wskazuje, że najwyższe wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna

szklanego, a zębiną kanałową osiągnięto wówczas, gdy kanał został wypełniony ciekłą gutaperką ($3,23 \pm 0,85$ MPa).



Ryc. 2. Graficzne wyniki analizy statystycznej wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowy z włókna szklanego z zębiną korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego ParaPost.

Tabela V. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębiną korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu ParaPost.

Uszczelniacz	Sr.	SD	Min.	Max.	Q25	M	Q75	V (%)
Gutaperka	3,23	0,85	2,26	4,44	2,37	3,23	3,94	26,30
AH Plus	2,93	1,17	1,93	5,86	2,12	2,54	3,22	39,94
Resilon	3,01	0,66	2,04	4,07	2,40	2,93	3,60	22,05
Endomethasone N	1,73	1,24	0,28	4,25	0,69	1,55	1,90	71,87

Tabela VI. Porównanie wartości naprężenia zrywającego połączenia wkład koronowo – korzeniowy i zębina korzeniowa przy zastosowaniu czterech rodzajów uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Różniące się pary uszczelniaczy	Istotność statystyczna
Gutaperka vs AH Plus	$p < 0,31$
Gutaperka vs Resilon	$p < 0,25$
Gutaperka vs Endomethasone N	$p < 0,01$
AH Plus vs Resilon	$p < 0,36$
AH Plus vs Endomethasone N	$p < 0,01$
Resilion vs Endomethasone N	$p < 0,01$

Nieznacznie niższe jednak istotne statystycznie wartości zarejestrowano dla uszczelniacza na bazie żywic kompozytowych Resilon ($3,01 \pm 0,66$ MPa), natomiast w przypadku materiałów AH Plus i Endomethasone N wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym, a zębiną korzeniową była zdecydowanie niższa i wynosiła odpowiednio $2,93 \pm 1,17$ MPa (AH Plus) i $1,73 \pm 1,24$ MPa (Endomethasone N). Wyniki analizy statystycznej wykonanej przy pomocy testu Manna - Whitney potwierdziły wysoce istotne statystycznie różnice pomiędzy prezentowanymi powyżej wartościami. Liczby charakteryzujące odchylenie standardowe wskazują na znaczny rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej. Analogiczne tendencje można zauważyć analizując wartości współczynnika zmienności, znajdujące się na poziomie powyżej 20%, co świadczy o bardzo znacznym rozproszeniu danych pomiarowych w porównywanych grupach uszczelniaczy kanałowych.

5.3. Analiza porównawcza wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo - korzeniowym z włókna szklanego a zębina korzeniową przy zastosowaniu dwóch różnych systemów łączących - test na zrywanie.

Przeprowadzona analiza porównawcza miała dać odpowiedź na pytanie, który z zastosowanych cementów adhezyjnych o odmiennym sposobie polimeryzacji pozwala uzyskać wyższą wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowego z włókna szklanego z zębina korzeniową. Analiza liczb określających średnie wartości naprężenia zrywającego wskazuje, że niezależnie od zastosowanego rodzaju uszczelnacza kanałowego wytrzymałość połączenia wkładu z zębina korzeniową jest wyższa wówczas, gdy jako materiał łączący zastosowano cement światło – chemoutwardzalny Clearfil SA Cement (Tabela VII). Wartości naprężenia zrywającego uzyskane dla tego cementu wynoszą $4,78 \pm 1,67$ MPa i są o około 45% wyższe od wartości zarejestrowanych dla cementu chemoutwardzalnego ParaPost ($2,65 \pm 1,16$ MPa). Przeprowadzona przy użyciu testu Manna - Whitney’a analiza statystyczna (Tabela VIII) wykazała wysoce istotną statystycznie różnicę pomiędzy analizowanymi środkami łączącymi. Liczby charakteryzujące odchylenie standardowe uwidaczniają, że rozrzut wartości pomiarowych wokół wartości średniej jest znaczny. Wysokie wartości współczynnika zmienności spowodowane stosunkowo dużym odchyleniem standardowym, wskazują na bardzo znaczny rozrzut uzyskanych wyników badań.

Tabela VII. Porównanie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębiną korzeniową przy zastosowaniu cementów Clearfil SA Cement oraz ParaPost.

Uszczelniacz	Sr.	SD	Min.	Max.	Q25	M	Q75	V (%)
Clearfil SA	4,78	1,67	2,47	9,67	3,51	4,53	5,63	34,92
ParaPost	2,65	1,16	0,28	5,86	1,97	2,47	3,33	43,86

Tabela VIII. Porównanie wartości naprężenia stycznego połączenia wkładu koronowo – korzeniowego z włókna szklanego, a zębiną korzeniową przy zastosowaniu dwóch różnych cementów łączących.

Różniące się pary cementów	Istotność statystyczna
Clearfil SA Cement vs ParaPost Cement	$p < 0,001$

5.4. Wyniki analizy powierzchni przełomów systemów łączących oraz wskaźnika ARI.

Dane dotyczące rodzajów przełomów przedstawiają tabele IX i X, natomiast wartości wskaźnika ARI tabele XI i XII.

Tabela IX. Rodzaje przełomów dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu samoadhezyjnego cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Uszczelniacz	A1		A2		K		A/K	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Gutaperka	5	42%	2	17%	0	0	5	42%
AH Plus	6	50%	3	25%	0	0	3	25%
Resilon	7	58%	2	17%	0	0	3	25%
Endomethasone	10	083%	0	0	0	0	2	17%
N								
Łącznie	28	58%	7	15%	0	0	13	27%

N – ilość próbek

Tabela X. Rodzaje przełomów połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement.

Uszczelniacz	A1 (ARI)		A2 (ARI)		K (ARI)		A/K (ARI)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Gutaperka	5	42%	3	25%	0	0	4	33%
AH Plus	7	58%	2	17%	0	0	3	25%
Resilon	8	67%	3	25%	0	0	1	8%
Endomethasone	11	25%	0	0	0	0	1	8%
N								
Łącznie	31	64%	8	17%	0	0	9	19%

N – ilość próbek

Tabela XI. Wartości wskaźnika ARI dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu samoadhezyjnego cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Uszczelniacz	ARI - 3	ARI - 2	ARI - 1	ARI - 0
Gutaperka	5	1	4	2
AH Plus	6	1	2	3
Resilon	7	1	2	2
Endomethasone	10	2	0	0
N				
Łącznie	28	5	8	7

Tabela XII. Wartości wskaźnika ARI dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement.

Uszczelniacz	ARI - 3	ARI - 2	ARI - 1	ARI - 0
Gutaperka	5	1	3	3
AH Plus	7	3	0	2
Resilon	8	1	0	3
Endomethasone	11	1	0	0
N				
Łącznie	31	6	3	8

Analiza przełomów wykazała, że w przypadku, gdy jako środek łączący zastosowano samoadhezyjny cement kompozytowy Clearfil SA Cement większość przełomów posiadała charakter adhezyjny typu A-1 (58%), natomiast wartości wskaźnika ARI w tym przypadku wynosiły 3, a więc utrata połączenia następowała na granicy materiał łączący – zębina korzeniowa. W przypadku chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement ilość przełomów adhezyjnych typu A-1 była wyższa i stanowiła 64% ogółu ocenianych próbek. W przypadku obu analizowanych cementów nie zarejestrowano przełomów kohezyjnych w obrębie środka łączącego. Spośród czterech poddanych ocenie uszczelniaczy najwyższy procent utraty połączenia układu cement – zębina korzeniowa miał miejsce wówczas, gdy do obturacji kanału korzeniowego użyto preparatu Endomethasone N zawierającego w swym składzie Eugenol. Przełomy adhezyjne typu A-1 stanowiły w tym przypadku odpowiednio 83% (Clearfil SA Cement) i 92% (ParaPost Cement). Najmniej tego typu przełomów (A-1) zarejestrowano dla ciekłej gutaperki, które stanowiły bez względu na rodzaj zastosowanego cementu 42% ocenianych próbek. W przypadku przełomów mieszanych adhezyjno – kohezyjnych (A/K) w grupie gdzie środkiem łączącym był Clearfil SA Cement wartości wskaźnika ARI w większości przypadków wyrażały się oceną 1, a więc na powierzchni wkładu znajdowało się mniej niż 50% cementu, natomiast w przypadku materiału ParaPost Cement przeważała ocena 2 co wskazuje, że na wkładzie pozostawało więcej niż 50% materiału łączącego.

6. Omówienie wyników i dyskusja

Przeprowadzone badania laboratoryjne dostarczyły wartościowych wskazówek klinicznych na temat wpływu wybranych uszczelniaaczy kanałowych oraz cementów adhezyjnych na wytrzymałość połączenia wkładów koronowo – korzeniowych Glassix z zębina korzeniową.

Założeniem przeprowadzonych badań wytrzymałościowych była możliwość ich ewentualnej weryfikacji przez innych autorów, stąd metodykę oparto na specyfikacji ISO/DTS 11405, która określa zasady badania siły adhezji materiałów dentystycznych do tkanek twardych zęba (42).

W literaturze przedmiotu większość badań in vitro dotyczy wytrzymałości połączenia pomiędzy uszczelniaaczami kanałowymi lub cementami adhezyjnymi a zębina korzeniową, lub między materiałami łączącymi a wkładami koronowo – korzeniowymi (33). Stosunkowo niewielka ilość publikacji dotyczy sytuacji jaka ma miejsce w jamie ustnej pacjenta, a więc w układzie wkład koronowo / korzeniowy – cement łączący – zębina korzeniowa (71, 100).

Przeprowadzone w tej rozprawie badania porównawcze czterech różnych pod względem składu chemicznego uszczelniaaczy kanałowych wykazały, że najwyższe wartości naprężeń zrywających połączenia wkładów koronowo - korzeniowych Glassix z zębina korzeniową uzyskano wówczas, gdy jako uszczelniaacz kanałowy zastosowano ciekłą gutaperkę, bez względu na rodzaj zastosowanego cementu adhezyjnego. Jak już wspomniano w poprzednim rozdziale zarejestrowane wartości naprężenia zrywającego wynosiły w przypadku samoadhezyjnego cementu o dualnym sposobie polimeryzacji Clearfil SA Cement $6,11 \pm 1,69$, natomiast dla chemoutwardzalnego cementu adhezyjnego ParaPost Cement $3,23 \pm 0,85$ MPa. Uzyskane wartości naprężenia zrywającego dla materiału Clearfil SA Cement są wyższe od zarejestrowanych przez Soares i wsp. (100) dla połączenia wkładów z włókna

szklanego Exacto (3,9 MPa) i Reforpost (4,2 MPa) z zębina kanałową przy zastosowaniu jako uszczelniaczy gutaperki i preparatu na bazie wodorotlenku wapnia (Sealer 26) oraz jako środka łączącego cementu samoadhezyjnego MaxCem. Natomiast w przypadku cementu kompozytowego Rely X ARC również ocenianego przez powyższych autorów wyniki były zbliżone do wartości zarejestrowanych w prezentowanej rozprawie i wynosiły odpowiednio 7,1 MPa dla wkładów Exacto oraz 7,3 MPa dla wkładów Reforpost. Pawłowska (81) porównywała siłą wiązania trzech rodzajów wkładów koronowo – korzeniowych Glassix (włókno szklane), Flexi-Flage (metalowe) gwintowane z przeciętą częścią korzeniową i połączonych z pełnym gwintem, a zębina korzeniową przy zastosowaniu samoadhezyjnego cementu kompozytowego Flexi Flou i szklano – jonomerowego materiału Ketac – Cem. Wyniki prezentowanych badań wykazały, że siła wiązania wkładów z włókna szklanego Glassix do zębiny korzeniowej przy użyciu cementu Flexi Flou wynosiła 97,1 N a materiału Ketac – Cem 73,0 N, a więc były niższe od wartości zarejestrowanych w tej rozprawie dla cementu Clearfil SA Cement – 111,9 N (Aneks – tabela I). W przypadku wkładów Flexi – Flage i z pełnym gwintem siła wiązania była zdecydowanie wyższa i wynosiła odpowiednio 302,1 N (Flexi – Flou) i 257,7 N (Ketac – Cem) oraz 323,8 N (Flexi – Flou) i 283,9 N (Ketac – Cem). Jednak w przypadku wkładów z gwintowaną częścią korzeniową, wartość siły wiązania uzależniona jest bezpośrednio od mechanicznego połączenia części korzeniowej wkładu z zębina kanałową, a nie od adhezyjnych właściwości ocenianych cementów.

Wyższe wartości wytrzymałości połączenia wkładów z włókna szklanego (Fiber Klear Post) z zębina korzeniową, przy zastosowaniu jako środków łączących cementów kompozytowych Breeze (13,5 MPa) oraz Multilink II (14,8 MPa) uzyskali Marcinowski i wsp. (58). W tym przypadku wyższe o około 100% wartości naprężenia zrywającego, od zarejestrowanych w tej rozprawie wynikają z faktu, że autorzy przed osadzeniem wkładów koronowo – korzeniowych nie wykonali chemo – mechanicznego opracowania, a jedynie

mechaniczne. Ponadto autorzy nie wypełniali kanałów korzeniowych środkami obturującymi, co jak wykazują dostępne w literaturze badania posiada bezpośredni wpływ na retencję wkładów koronowo – korzeniowych (64, 65, 107).

W grupach, w których jako uszczelniacz zastosowano gutaperkę i materiał na bazie żywicy epoksydowej AH Plus uzyskano wartości wytrzymałości połączenia wkładów koronowo – korzeniowych Glassix z zębina korzeniowa o około 10% niższe (Clearfil SA Cement – 5,51 MPa i ParaPost – 2,93 MPa), niż w przypadku zastosowania ciekłej gutaperki. Zarejestrowane wyniki dla materiału Clearfil SA Cement są nieznacznie wyższe od uzyskanych przez Goracci i wsp. (37) dla samoadhezyjnego cementu kompozytowego Rely X Unicem (5,01 MPa). Al – Jaft i Al – Azzawi (2) analizując połączenie wkładów z włókna szklanego Postec Plus z zębina korzeniową, przy zastosowaniu analogicznego uszczelniacza jak autorka rozprawy oraz cementu chemoutwardzalnego Speed Cem i materiału o podwójnym systemie polimeryzacji Rely X U 100 uzyskali nieznacznie wyższe wartości naprężenia zrywającego wynoszące odpowiednio 7,19 MPa (Speed Cem) i 7,46 MPa (Rely X U 100).

Materiał AH Plus polecany jest przez wielu autorów jako uszczelniacz z wyboru podczas wypełniania kanałów korzeniowych metodą kondensacji bocznej gutaperki (64, 65, 66, 88,). Według niektórych doniesień z literatury preparat ten pozwala uzyskać lepszą szczelność wypełnienia kanału korzeniowego, niż pasty na bazie tlenku cynku z eugenolem oraz materiały szklano – jonomerowe (64, 88). Dostępne są również doniesienia, które prezentują odmienne poglądy. Badania szczelności brzeżnej z wykorzystaniem metody filtracji płynów wykonane przez Miletić i wsp. (65, 66) wykazały, że preparat AH Plus wykazuje niższą szczelność niż AH 26, co zdaniem autorów może być związane z faktem stosunkowo szybkiego procesu wiązania, który powoduje znaczny skurcz materiału, a w efekcie oderwanie uszczelniacza od ścian kanału korzeniowego. Ponadto materiał AH Plus zawiera w

swym składzie olej silikonowy, który według cytowanych autorów może również negatywnie wpływać na uzyskanie zadawalającej adhezji cementów kompozytowych do zębiny korzeniowej. Badania przeprowadzone przez Krawczyk – Stuss i wsp. (48) przy zastosowaniu metody przenikania glukozy wykazały, że po 28 dniach obserwacji w przypadku materiału AH Plus następuje znaczący wzrost stężenia glukozy, co może sugerować istnienie mikroprzecieku. Autorki wykazały również, że spośród poddanych ocenie materiałów jedynie w przypadku preparatu RSA RoekoSeal nastąpiło nieznaczne podwyższenie stężenia glukozy, podczas gdy w pastach AH Plus i Endomethasone N wraz z upływem czasu stężenie zdecydowanie wzrastało, a tym samym mikroprzeciek stawał się większy.

Prezentowane w literaturze badania nad mikroprzeciekami oraz wyniki własnych badań wytrzymałościowych potwierdzają spostrzeżenia o możliwości wystąpienia utraty szczelności ze ścianą kanału korzeniowego przez omawiany preparat. Ponadto wyniki analizy przełomów wykazały, że w przypadku pasty AH Plus większość przełomów posiadała charakter adhezyjny (A1) na granicy zębiny korzeniowej oraz cementu łączącego i stanowiły one przypadku cementu Clearfil SA Cement 50% (6 – przełomów), natomiast materiału ParaPost Cement 58% (7 – przełomów). Mumcu i wsp. (72) oceniając wpływ pasty AH Plus na wytrzymałość połączenia wkładów koronowo – korzeniowych Glassix z zębiną kanałową przy zastosowaniu cementów samoadhezyjnych Rely X Unicem i MaxCem oraz cementu samotrawiącego Panavia F 2.0 zarejestrował podobną ilość przełomów adhezyjnych na granicy cementu i zębiny.

W przypadku systemu Resilon uzyskane wartości naprężenia zrywającego nie odbiegały znacznie od wyników zarejestrowanych dla pasty AH Plus, choć różnica była statystycznie istotna. Dostępne w literaturze doniesienia (23, 40, 78) dotyczące przecieku brzeżnego obu analizowanych materiałów nie potwierdzają początkowych opinii (9, 40, 82, 111, 115,) dotyczących dobrych właściwości uszczelniających Resilonu (idea „monobloku”). Pague i

Sitres (78) badali mikroprzeciek metodą filtracji płynów w zębach wypełnionych gutaperką i pastą AH Plus oraz systemem Resilon natychmiast po uszczelnieniu oraz po upływie 16 miesięcy. W przypadku materiału AH Plus po okresie 16 miesięcy autorzy stwierdzili istotny przeciek (0,5 $\mu\text{L}/8\text{h}$) w trzech spośród czterdziestu badanych zębów, natomiast w przypadku Resilonu w trzydziestu dwóch ($> 100 \mu\text{L}/8\text{h}$) z czterdziestu poddanych ocenie. Podobną zależność po czternastomiesięcznych analogicznych badaniach tych samych preparatów stwierdzili De –Deus i wsp. (23). Hiraishi i wsp. (40) badając wpływ enzymów zawartych w ślinie na właściwości fizyko – chemiczne peletek Resilonu stwierdzili, że esteraza cholesterolowa powoduje biodegradację ocenianego materiału. Zdaniem autorów podobny wpływ na omawiany uszczelniacz wywierają również enzymy bakterii bytujących się w jamie ustnej. Analiza przełomów wykazała, że w zębach w których jako uszczelniacz zastosowano preparat Resilon większość przełomów posiadało charakter adhezyjny typu A1, a więc utrata połączenia następowała pomiędzy zębiną korzeniową i cementem łączącym. W przypadkach w których jako środek łączący zastosowano cement samoadhezyjny Clearfil SA Cement przełomy tego typu stanowiły 58%, natomiast gdy chemoutwardzalny ParaPost Cement 67%. Utrata połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym a cementem łączącym stanowiła odpowiednio 17% dla Clearfil SACement i 25% dla ParaPos Cement.

Najniższe wartości naprężenia zrywającego pomiędzy wkładami koronowo - korzeniowymi z włókna szklanego Glassix a zębiną korzeniową zarejestrowano wówczas, gdy do uszczelnienia kanału korzeniowego zastosowano preparat Endomethasone N, który w swym składzie zawiera eugenol. Uzyskane wartości wytrzymałości połączenia dla preparatu Endomethasone N przy zastosowaniu cementu samoadhezyjnego Clearfil SA Cement były odpowiednio niższe o 43% względem gutaperki, o 37% względem AH Plus i o 27% względem Resilonu. Natomiast w przypadku zastosowania, jako materiału łączącego chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement wytrzymałość połączenia

wkładów Glassix z zębina korzeniową spadła o 47% względem gutaperki, o 43% względem Resilonu i o 41% względem AH Plus. Porównywalne wartości siły wiązania pomiędzy wkładem standardowym wykonanym ze stopu miedziowo – aluminiowego a zębina korzeniową przy zastosowaniu uszczelnacza na bazie eugenolu (Endo Fill) i cementu kompozytowego (Enforce) uzyskali w analogicznym teście Alfredo i wsp. (3). Ponadto autorzy wykazali, że w przypadku gdy kanał korzeniowy został uszczelniony preparatem na bazie eugenolu, zastosowanie do osadzenia wkładu koronowo – korzeniowego cementu na bazie tlenku cynku z eugenolem, pozwala na uzyskanie prawie trzykrotnie wyższej siły wiązania w porównaniu do cementu kompozytowego. W badaniach wpływu uszczelnacza zawierającego eugenol na retencję wkładów ParaPost przy zastosowaniu jako środka łączącego cementu chemoutwardzalnego Panavia EX Tijan i Nemetz (107), wykazali statystycznie istotny spadek wytrzymałości połączenia w porównaniu z grupą kontrolną – bez uszczelnacza. Autorzy oceniali również, który ze sposobów usunięcia pozostałości eugenolu z kanału korzeniowego pozwala na uzyskanie wyższej retencji wkładów koronowo – korzeniowych. W tym celu płukali kanał wodą destylowaną, wodą destylowaną i alkoholem, wodą destylowaną – alkoholem i kwasem cytrynowym oraz 37% kwasem fosforowym i wodą destylowaną. Zarejestrowane wyniki badań wytrzymałościowych wykazały, że najkorzystniejsze działanie wywiera alkohol, który zdaniem autorów dzięki dobrej zdolności zwilżania łatwo penetruje w głąb kanalików zębinowych rozpuszczając pozostałości eugenolu, tym samym ograniczając jego toksyczne oddziaływanie na tkanki okołowierzchołkowe. Millstein i Nathanson (67), Latta i wsp. (51), Martinez i wsp. (59) oraz Nogala (76) również wykazali, że pozostałości eugenolu w zębina korzeniowej posiadają negatywny wpływ na prawidłowy proces polimeryzacji cementów kompozytowych. Natomiast Schwartz i wsp. (95), Mayhew i wsp. (63) oraz Davis i O’Connell (20) są zdania, że taka interakcja pomiędzy omawianymi materiałami nie zachodzi.

Przeprowadzona w tej pracy analiza przełomów wykazała, że w przypadkach w których materiałem uszczelniającym kanał korzeniowy był preparat zawierający w swym składzie eugenol (Endomethasone N) występowały w większości przełomy adhezyjne typu A1 (Clearfil SA Cement -10, ParaPost Cement -11), a więc utrata połączenia następowała na granicy zębina korzeniowa – cement łączący. Podobne zależności zaobserwowali Monticelli i wsp. (71), którzy w swych badaniach oceniali wpływ systemów adhezyjnych i cementów kompozytowych na wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego Postec z zębina korzeniową po wcześniejszym zastosowaniu uszczelnacza na bazie tlenku cynku i eugenolu (Pulp Canal Sealer). Zdaniem niektórych autorów (21,26) określenie przełom mieszany (adhezyjno – kohezyjny) nie daje konkretnej odpowiedzi na pytanie, czy w danym przypadku zawiodło połączenie cementu ze szkliwem lub zębina, czy z elementami łączonymi, którymi mogą być protezy stałe i zamki ortodontyczne. Dlatego też autorzy Ci są zdania, że należy stosować dodatkowe kryterium oceny jakim jest wskaźnik ARI, który umożliwia określenie jaka ilość środka łączącego (w procentach) znajduje się na analizowanych powierzchniach. W przypadku trzech przełomów adhezyjno – kohezyjnych A/K, z których jeden dotyczył cementu Clearfil SA Cement i dwa materiału ParaPost Cement wartość wskaźnika ARI wynosiła dwa co oznacza, że na powierzchni wkładu znajdowało się więcej niż 50% środka łączącego. Zarówno wyniki badań wytrzymałościowych, jak i analiza przełomów oraz ocena wskaźnika ARI, potwierdzają obserwacje Callis (13), że w przypadkach w których przewiduje się możliwość rekonstrukcji protetycznej zębów po leczeniu endodontycznym z zastosowaniem cementowania adhezyjnego nie powinno się stosować uszczelniaczy kanałowych, które w swym składzie zawierają eugenol.

Wykonane badania porównawcze dwóch materiałów łączących wykazały, że niezależnie od rodzaju zastosowanego uszczelnacza kanałowego najwyższe wartości naprężeń zrywających połączenia wkładów koronowo - korzeniowych Glassix z zębina korzeniową

uzyskano dla samoadhezyjnego cementu o podwójnym sposobie polimeryzacji Clearfil SA Cement i były one o około 45% wyższe niż w przypadku cementu adhezyjnego o chemicznym sposobie polimeryzacji ParaPost Cement. Materiał chemoutwardzalny ParaPost Cement jest konfekcjonowany w postaci dwóch past aplikowanych ze strzykawki przeznaczonych do mieszania ręcznego. Zdaniem niektórych autorów (56) podczas procesu zarabiania tego typu cementów często ma miejsce wprowadzenie do materiału pęcherzyków powietrza, które mogą zakłócać proces polimeryzacji. W takim przypadku nieprawidłowa konwersja wiązań podwójnych typu C=C zwłaszcza w bezpośrednim sąsiedztwie zamkniętego powietrza może być przyczyną powstania obszaru o zmniejszonej wytrzymałości, co skutkuje szybszą utratą retencji. Ponadto zgodnie z zaleceniami producenta materiał ParaPost Cement wprowadzano do światła kanału korzeniowego przy pomocy instrumentu rotacyjnego, którym była igła Lentulo. Ten sposób aplikacji nie jest polecany w przypadku cementów kompozytowych, ponieważ ruchy obrotowe wytwarzają pewne ilości ciepła, które przyspiesza proces wiązania materiału (90). Omawiane czynniki w połączeniu z obecnością pęcherzyków powietrza w cemencie, mogą prowadzić do szybszej i nieprawidłowej polimeryzacji. Ponadto primer cementu ParaPost Cement zawiera w swym składzie monomer HEMA (*ang. 2-hydroxymethyl metacrylate*), wodę i etanol (Tabela II). Monomer HEMA dzięki swym właściwościom hydrofilowym z jednej strony poprawia zwilżalność zębiny co skutkuje wzrostem siły połączenia, z drugiej natomiast adsorbuje wodę (11). Ponieważ omawiany primer zgodnie z zaleceniami producenta nie wymaga naświetlania, właściwości hydrofilowe monomeru HEMA mogą skutkować adsorpcją wody, a co za tym idzie rozcieńczeniem roztworu i zakłóceniem prawidłowego przebiegu procesu polimeryzacji. Ponadto obecność wody w tak wytworzonej warstwie hybrydowej może prowadzić do jej późniejszej degradacji i osłabienia połączenia pomiędzy obu substratami.

W przypadku cementu chemoutwardzalnego ParaPost Cement utrata retencji z zębina korzeniową stanowiła 64% (przełom adhezyjny typu A1) ocenianych próbek, natomiast cementu samoadhezyjnego Clearfil SA Cement 58% z czego większość dotyczyła past Endomethasone N i materiału Resilon. Zarejestrowane dla materiału chemoutwardzalnego ParaPost Cement przełomy mieszane adhezyjno – kohezyjne (A/K) stanowiły 19% ogółu ocenianych zębów, natomiast wartość wskaźnika ARI wynosiła dwa co oznacza, że na powierzchni wkładu koronowo – korzeniowego znajdowało się więcej niż 50% środka łączącego, a więc utrata połączenia miała miejsce na granicy zębina korzeniowa – środek łączący. W żadnej z ocenianych próbek nie zarejestrowano przełomów kohezyjnych (wewnątrz środka łączącego), co również w podobnych badaniach nie stwierdzili Monticelli i wsp. (71) oraz Soares i wsp. (100).

Wysokie wartości wytrzymałości połączenia wkładów koronowo – korzeniowych Glassix z zębina korzeniową przy zastosowaniu cementu samoadhezyjnego o dualnym sposobie polimeryzacji Clearfil SA Cement potwierdzają opinię, że materiały łączące na bazie żywicy 4 META (bezwodnik kwasu 4 – metakryloksyetylotrimelitowego) oraz monomerze MDP (diwodorofosforan 10 – metakryloilo – oksydecylo) charakteryzują się niską rozpuszczalnością w środowisku wodnym, wysoką wytrzymałością na rozciąganie oraz dobrymi właściwościami adhezyjnymi, na co zwrócili wcześniej uwagę Miya (68), Liao i wsp. (52), Pryliński (88) oraz Prylińska-Czyżewska (85).

7. Wnioski

Na podstawie wykonanych badań wytrzymałościowych oraz przeprowadzonej analizy statystycznej można sformułować następujące wnioski:

1. Rodzaj zastosowanego uszczelnacza kanałowego posiada bezpośredni wpływ na wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego a zębina korzeniową.
2. Najbardziej korzystną z klinicznego punktu widzenia wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową stwarza wypełnienie kanału korzeniowego ciekłą gutaperką.
3. Uszczelniacze kanałowe zawierające w swym składzie eugenol bez względu na rodzaj zastosowanego cementu adhezyjnego w sposób znaczący obniżają wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową.
4. Wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową jest uzależniona od rodzaju zastosowanego cementu adhezyjnego.

8. Streszczenie

Wstęp

Postęp jaki na przestrzeni ostatnich lat nastąpił w zakresie materiałoznawstwa i technologii dentystycznych umożliwia zdecydowanie efektywniej prowadzić leczenie stomatologiczne, jak również spełniać oczekiwania estetyczne pacjentów.

Stosowane powszechnie w rekonstrukcji części koronowej zęba indywidualne oraz standardowe wkłady koronowo-korzeniowe wykonane ze stopów metali ze względu na możliwość powstawania ogniwa elektrogalwanicznego mogą być przyczyną stanów zapalnych błony śluzowej jamy ustnej oraz odczynów alergicznych. Ponadto w wielu przypadkach zwłaszcza u pacjentów z tak zwanym "uśmiechem dziąsłowym" oraz cienką błoną śluzową pokrywającą wyrostek zębodołowy dochodzi do przeświecania metalu przez strefę dziąsła co sprawia iż efekt estetyczny jest niezadowalający .

Tych wad są pozbawione wprowadzone do lecznictwa w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wkłady z włókien szklanych i kwarcowych, które poza biogodnością cechuje łatwość użycia, biały lub przezroczysty kolor, widoczność na zdjęciach rentgenowskich, współczynnik elastyczności zbliżony do zębiny oraz dostępność w różnych kształtach i wielkościach. Te wszystkie elementy sprawiają, że są one coraz chętniej stosowane w rekonstrukcji protetycznej zębów leczonych endodontycznie.

Ze względu na fakt, że tego typu wkłady osadza się w kanale korzeniowym przy użyciu cementów adhezyjnych , po uprzednim usunięciu większości uszczelniacza kanałowego , z klinicznego punktu widzenia istotne byłoby określenie czy odmienne pod względem składu chemicznego uszczelniacze oraz

różniące się sposobem wiązania materiały łączące mają wpływ na siłę połączenia tego typu uzupełnienia protetycznego z zębina.

Celem wykonanych badań laboratoryjnych było określenie:

1. Czy istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy rodzajem zastosowanego uszczelnacza kanałowego, a wytrzymałością połączenia wkładów z włókna szklanego z zębina korzeniową .

2. Który z zastosowanych cementów adhezyjnych pozwala uzyskać korzystniejszą z klinicznego punktu widzenia wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową .

Do badań użyto 96 jednokorzeniowych zębów usuniętych ze wskazań ortodontycznych. Zęby leczono kanałowo metodą crown-down przy użyciu narzędzi maszynowych K3 płucząc kanały 5,25% podchlorynem sodu, solą fizjologiczną oraz EDTA. Opracowane do narzędzia 35# przy wierzchołku, wypełniano jednym z czterech uszczelnaczy i ciekłą gutaperką z Systemu Obtura. Zamknięte materiałem glass-jonomerowym zęby przechowywano w wodzie przez 7 dni w temp 37°, a następnie przygotowywano do osadzania wkładów. Wkłady osadzano na cementy adhezyjne: dualny oraz chemoutwardzalny według zaleceń producenta. Odbudowywano zrąb koronowy, a następnie osadzano metalowe tuleje. Siłę połączenia wkładów z zębina testowano na urządzeniu Hounsfield H5KS, a następnie w 4-krotnym powiększeniu oceniano rodzaj przełomów na powierzchni wkładów oraz określano wskaźnik ARI.

Analizie statystyczna wyników wykonana testem Manna-Whitney wykazała, że rodzaj użytego uszczelnacza kanałowego i cementu ma wpływ na siłę połączenia wkładów z zębina. Z danych liczbowych wynika, że najwyższe wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem z włókna szklanego w

grupie z cementem Clearfil SA, a zębiną korzeniową zarejestrowano wówczas, gdy jako uszczelniacz kanałowy użyto czystą gutaperkę ($6,11 \pm 1,69$ MPa). Uzyskane dla tej grupy wartości naprężenia zrywającego były o około 10% wyższe niż uzyskane dla AH Plus ($5,51 \pm 2,04$ MPa), o 23% wyższe od Resilonu ($4,77 \pm 1,17$ MPa) oraz o 43% wyższe od Endomethasonu N ($3,49 \pm 0,66$ MPa) i różniły się w sposób istotny statystycznie. Analiza liczb opisujących wartości średnie naprężenia zrywającego dla poszczególnych rodzajów uszczelniaczy kanałowych w grupie cementu ParaPost wskazuje, że najwyższą wartość wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębiną kanałową osiągnięto wówczas, gdy kanał został wypełniony ciekłą gutaperką ($3,23 \pm 0,85$ MPa). Nieznacznie niższe jednak istotnie statystycznie wartości zarejestrowano dla uszczelniacza na bazie żywic kompozytowych Resilon ($3,01 \pm 0,66$ MPa), natomiast w przypadku materiałów AH Plus i Endomethasone N wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym, a zębiną korzeniową była zdecydowanie niższa i wynosiła odpowiednio $2,93 \pm 1,17$ MPa (AH Plus) i $1,73 \pm 1,24$ MPa (Endomethasone N).

Analiza przełomów wykazała, że w przypadku gdy jako środek łączący zastosowano samoadhezyjny cement kompozytowy Clearfil SA Cement większość przełomów posiadała charakter adhezyjny typu A-1 (58%), natomiast wartości wskaźnika ARI wynosiły 3.

W przypadku chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement ilość przełomów adhezyjnych typu A-1 była wyższa i stanowiła 64% ogółu ocenianych próbek. W przypadku obu analizowanych cementów nie zarejestrowano przełomów kohezyjnych w obrębie środka łączącego.

Na podstawie wykonanych badań wytrzymałościowych oraz analizy przełomów i wskaźnika ARI można wysunąć następujące wnioski:

1. Rodzaj zastosowanego uszczelnacza kanałowego posiada bezpośredni wpływ na wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową.
2. Najbardziej korzystną z klinicznego punktu widzenia wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową stwarza wypełnienie kanału korzeniowego ciekłą gutaperką.
3. Uszczelniacze kanałowe zawierające w swym składzie eugenol bez względu na rodzaj zastosowanego cementu adhezyjnego w sposób znaczący obniżają wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową.
4. Wytrzymałość połączenia pomiędzy wkładami z włókna szklanego, a zębina korzeniową jest uzależniona od rodzaju zastosowanego cementu adhezyjnego.

9. Summary

Progress that in recent years has been done in the field of materials science and dental technologies, allows to carry out dental treatment far more effectively, as well as meet the aesthetic expectations of patients.

Widely used in the reconstruction of a tooth crown part, individual and standard crown-root posts made of metal alloys due to the possible of electrogalvanic links can cause inflammation of the oral mucous membranes and allergic reactions. Furthermore, in many cases, particularly in patients with so-called "gingival smile" and a thin mucous membrane covering the alveolar process, luminosity occurs within the zone of metal which makes that is not satisfactory aesthetic effect of the gums.

Defects appear to be devoid in, introduced into medical practice in the nineties of the last century, posts from fiber glass and quartz, which are beyond the biocompatibility, characterized by ease of use, white or transparent color, visibility on x-rays, modulus of elasticity similar to dentin and availability in different shapes and sizes . All these elements make that they are increasingly willing to use in prosthetic reconstruction of endodontically treated teeth.

Due to the fact that this type of posts embedded in the root canal using adhesive cements, after removing most of the root canal sealer, from a clinical point of view, it is essential to determine whether the difference in the chemical composition of sealants and different bonding mode of bonding materials have an effect on the strength of the connection of this type of restoration to dentin.

Aim of the laboratory studies were to explain:

1. Is there a direct correlation between the type of used root canal sealers, and posts from a fiberglass, to bond strength to root dentin.

2. Which of the used adhesive cements allows from a clinical point of view, to receive a better bond strength between the glass fiber posts and dentin of a root.

Material and methods

For the studies 96 single-rooted teeth extracted from orthodontic indications has been used. There has been done an endodontic treatment using crown-down method, rotary files K3, rinsing with 5.25% sodium hypochlorite, saline and EDTA. Prepared until #35 in the apical region, has been filled with one of the four sealers and hot liquid gutta-percha from Obtura System. Teeth closed with glass-ionomer material, has been stored for 24 hours at 37°, and then prepared for posts inserting. Posts has been put on adhesive cements: dual and chemically hardenable by the manufacturer rules. Bulk of the crowns has been rebuilt, and then metal bushings has been deposited. Strength of the bonding between posts and dentin has been tested on Hounsfield unit H5KS, then in a 4-fold magnification breakthroughs of cement on the surface of the posts has been evaluated and index of ARI has been determined.

Statistical analysis made of the results, with Mann-Whitney test proved that the type of used root sealant and cement, affects the bond strength between dentin and posts. The figures show that the maximum value of the bond strength between the glass pad in group Clearfil SA cement and root dentin was recorded, when as the root sealer pure gutta percha has been used (6.11 ± 1.69 MPa). Breaking stress values obtained for this group were about 10 % higher than those obtained for the AH Plus (5.51 ± 2.04 MPa) to about 23 % higher than Resilon (4.77 ± 1.17 MPa)

and 43 % higher from Endomethasone N (3.49 ± 0.66 MPa) and differed is a statistically significant . Analyses of the figures describing the mean values of the breaking stress for different types of root sealers in ParaPost Cement group indicates that the maximum value of strength of the connection between the crown – root posts made from fiberglass and dentin reached the root canal is filled with liquid gutta-percha ($3.23 \pm 0,85$ MPa). Slightly lower, but statistically significant values recorded for the composite resin sealer Resilon (3.01 ± 0.66 MPa), while in the case of materials Endomethasone N and AH Plus and the bond strength between the crown – root posts and root dentin was significantly lower at respectively 2.93 ± 1.17 MPa (AH Plus) and 1.73 ± 1.24 MPa (Endomethasone N).

Breakthroughs analysis showed that when using as a connecting cement composite self-adhesive Clearfil SA Cement breakthroughs have most of the adhesive nature of A-1 type (58%), while the values of ARI in this case was 3. In case of autopolimerization composite cement ParaPost Cement, number of adhesion breakthroughs A-1 was higher and accounted for 64% of all samples evaluated.

In the case of both analyzed cements cohesive fracture within the bonding agent hasn't been registered.

Conclusions based of laboratory studies and analysis of ARI index and breakthroughs can proved that:

1. The type of root canal sealers has a direct impact on the strength of the connection between the glass fiber inserts and root dentin.

2. The most preferred from the clinical point of view, bond strength between the glass fiber inserts and root dentin, creates a root canal filling with liquid gutta-percha.
3. Root canal sealers containing eugenol, regardless of the used adhesive cements significantly decrease the strength of the connection between the glass fiber inserts and root dentin.
4. The bond strength between the glass fiber inserts and root dentin is dependent on type of adhesive cements.

10. Piśmiennictwo

1. Ahmad J.: Nadbudowy i wkłady koronowo-korzeniowe. Cementowanie prac oraz systemy wiążące z zębiną. *Stomatologia Estetyczna* 2007, 94, 118-189.
2. Al – Jaff A.F., Al – Azzawi H.J.: Comparison of Bond strength In different levels post space of fiber – reinforced post luted with different resin cements. *J. Bagh. Coll. Dent.*, 2011, 23, 1-5.
3. Alfredo E., Souza E.S., Marchesan M.A., Paulino S.M., Gariba-Silva R., Souza-Neto M.D.: Effect of eugenol based endodontic cement on the adhesion of intraradicular posts. *Braz.Dent. J.*, 2006, 17, 130-133.
4. Al-Ansari A.: Which type of post and core system should you use?. *Evid. Based. Dent.*, 2007, 8, 42-45.
5. Anuszevska A., Wróblewska K., Raczyńska M.: Ocena szczelności wypełnień kanałów wykonanych metodą kondensacji bocznej gutaperki z zastosowaniem trzech różnych uszczelnaczy- badania in vitro. *Nowa. Stom.*, 2007, 12, 77-81.
6. Arabska – Przedpelska B., Pawlicka H.: Endodoncja morfologia, diagnostyka, leczenie. Med Tour Press International, Warszawa 2004.
7. Balbosh A., Kern.: Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J. Prosthet. Dent.*, 2006, 95, 218-223.
8. Barańska-Gachowska M.: Endodoncja wieku rozwojowego i dojrzałego. Czelej, Lublin 2004.
9. Bergholz C., Hör D., Zirkel C.: Endodoncja. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2007.
10. Berwińska J., Cackowska-Lass A., Zajączkowska-Białowąs L., Zedler E., Nowalska-Kwapisz H.: Współczesne preparaty wspomagające chemicznie, mechaniczne

opracowanie kanałów korzeniowych – wstępne wyniki badań klinicznych preparatu Endogel firmy Chema-Elektromed. Por. Stomatol., 2003, 7, 24-28.

11. Błaszczek – Kubiak E.: Wpływ grubości warstwy systemu wiążącego i sposobu przygotowania jej powierzchni na wytrzymałość połączenia cementu żywicznego z zębina przy zastosowaniu techniki IDS (Immediate Dentin Sealing). Rozprawa doktorska. Łódź 2013.
12. Bojar W., Kantor-Boruta M., Lisowska-Kuźmicz M., Jończyk A.: Uwalnianie formaldehydu z wybranych uszczelniaaczy kanałowych. Czas. Stomatol., 2009, 62, 945-951.
13. Callis E.M.: Reconstruction of endodontically treated teeth: A clinical gaudeline. Especializades Europeas S.A., Barcelona 2009.
14. Cerkaski B.: Identyfikacja czynników warunkujących zakres wypełnienia kanałów korzeniowych po zastosowaniu zmodyfikowanej metody kondensacji pionowej gutaperki na ciepło na podstawie materiału klinicznego. Praca doktorska, Poznań 2007.
15. Colonna-Walewska M., Ciesielski P.: Termoplastyczne metody wypełniania kanałów korzeniowych- opis wybranych systemów na podstawie piśmiennictwa. Stom. Współcz., 2007, 14, 26-31.
16. Cormier CJ., Burns DR., Moon P.: In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic and conventional post systems at various stages of restoration. J.Prosthodont., 2001, 10, 26-36.
17. Craig G.C., Powers J.M., Wataha J.C.: Materiały stomatologiczne: cement , dentystyczne stopy odlewowe i lutowia.Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner. Wrocław, 2000.

18. Creugers NH., Mentink AG., Fokkinga WA., Kreulen CM.: A 5-year-follow-up of a prospective clinical study on various types of core restorations. *Int. J. Prosthodont.*, 2005, 18, 34-39.
19. Dammaschke T.: Podchloryn sodu – przegląd. *Quintessence*. 2001, 9, 177-1185.
20. Davis S.T., O'Connell B.C.: The effect of two root canal sealers on the retentive strength of glass fibre endodontic posts. *J. Oral Reh.*, 2007, 34, 468-473.
21. De Almeida W.A., Leonardo M.R., Tanomaru F.H., Silva I.A.B.: Evaluation of apical saling of three endodontic sealers. *Int. Endod. J.*, 2000, 33, 25-27.
22. De-Deus G., Di Giorgi K., Fidel S., Fidel R.A.S., Paciornik S.: Push-out bond strength of Resilion/Epiphany and Resilion/ Epiphany self-etch to root dentin. *J. Endod.*, 2009, 35, 1048-1050.
23. De-Deus G., Namen F., Golan J.: Reduced long – term sealing ability of adhesive root fillings after water – storage stress. *J. Endod.*, 2008, 34, 322-325.
24. Dejak B., Romanowicz M.: Wpływ kształtu i wielkości części korzeniowych wkładów na wytrzymałość rekonstruowanych zębów w świetle piśmiennictwa. *Prot. Stomatol.*, 2000, 50, 86-94.
25. Dejak B.: Porównanie wytrzymałości zębów odbudowywanych za pomocą indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych metalowych i standardowych kompozytowych wzmocnianych włóknami szklanymi. *Prot. Stomatol.*, 2010, 60, 112-123.
26. Deręgowska – Nosowicz P.: Ocena siły wiązania pomiędzy stosowanymi do wypełniania ubytków materiałami kompozytowymi a zamkami ortodontycznymi. Praca doktorska, Poznań 2008.
27. Diaz-Arnold A.M., Vargas M.A., Haselton D.R.: Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J.Prosthet. Dent.*, 1999, 81, 135-140.

28. Dobrzańska J., Tanasiewicz M., Gołombek K.: Nowoczesne materiały do obturacji kanałów korzeniowych. *Endodoncja w praktyce*. 2012, 2, 24-32.
29. Durkan RK., Ozel MB., Celik D., Bagis B.: The restoration of a maxillary central incisor fracture with the original crown fragment using a glass fiber-reinforced post : a clinical report. *Dent. Traumatol.*, 2008, 24, 71-75.
30. Eckerborn M., Magnusson T.: Restoring endodontically treated teeth: A survey of current opinions among board – certified prosthodontists and general dental practitioners in Sweden. *Int. J. Prosthodont.*, 2001, 14, 245-249.
31. Ferracane J.L., Stansbury J.W., Burke F.J.T.: Self-adhesive resin cements-chemistry, properties and clinical considerations. *J. Oral. Rehab.*, 2001, 38, 295-314.
32. Ferrari M., Vichi A., Fadda G.M., Cagidiaco M.C., Tay F.R., Breschi L., Polmeni A. and Goracci C.: A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J. Dent. Res.*, 2012, 91, 72-78.
33. Ferrari M., Vichi A., Grandini S., Goracci C.: Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int. J. Prosthodont.*, 2001, 14, 543-549.
34. Gerth H.U.B., Damaschke T., Zuchner H., Schafer E.: Chemical analysis and bonding reaction of Rely X Unicem and Bifix composites – a comparative study. *Dent. Mater.*, 2006, 22, 934-941.
35. Glickman G.N., Koch K.A.: 21st century endodontics. *JADA.*, 2000, 131, 39-46.
36. Gogos C., Economides N., Stavrianos C., Kolokouris I., Kokorikos I.: Adhesion of a new metacrylate resin-based sealer to human dentin. *J. Endod.*, 2004, 30, 238-240.
37. Goracci C., Tovaes A.U., Fabianelli A., Monticelli F., Raffaelli O., Tay F., Ferrari M.: The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between

- microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur. J. Oral Sci.*, 2004, 112, 353-361.
38. Gu X-H., Kern M.: Fracture resistance at crowned incisors with different post systems and luting agents. *J. Oral. Rehabil.*, 2006, 33, 918-923.
39. Hilt A., Sudoł M.: Wykorzystanie MTA (Mineral Trioxide Aggregate) w leczeniu endodontycznym zębów mlecznych i stałych. *Por. Stomatol.*, 2004, 32, 12-15.
40. Hiraishi N., Sadek F.T., King N.M., Ferrari M., Pashley D.H., Tay F.R.: Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation using an agar-well diffusion assay. *Am. J. Dent.*, 2008, 21, 119-123.
41. Hunt J.A., Williams D.F., Ungersböck A., Perrin S.: The effect of titanium debris on soft tissue response. *J. Mater. Sci.*, 1994, 5, 381-385.
42. ISO Standard ISO/DTS 11 405 : 2003 Dental material – Testing adhesion to tooth structure.
43. Janas A., Siwik P., Stelmach R., Sokołowska D.: Owrzodzenie powstałe podczas chemicznego płukania kanału korzeniowego zęba podchlorynem sodu. *Endodoncja w praktyce.*, 2014, 1, 58-60.
44. Kaufmann R.: Obecne poglądy na temat irygacji kanałów w trakcie leczenia endodontycznego. www.endodoncja.pl
45. Kho P., Baumgartner J.C.: A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopuer MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *J. Endod.*, 2006, 32, 652-655.
46. Kivanc B.H., Alaçam T., Ulusoy Ö.I.A., Genç Ö., Görgül G.: Fracture resistance of thin-walled roots restored with different post systems. *Inter. Endod. J.*, 2009, 42, 997–1003.

47. Kotulski S., Zaleska M., Sadecki D.: Nieprawidłowa technika płukania kanałów korzeniowych zęba podchlorynem sodu jako przyczyna groźnych powikłań podczas leczenia endodontycznego. *Por. Stomatol.*, 2008, 76, 43-47.
48. Krawczyk – Stuss M., Greśnier S., Piątowska D.: Porównanie in vitro, za pomocą testu przenikania glukozy, szczelności wybranych materiałów do wypełnień kanałowych. *J. Stoma.* 2013, 66, 189-201.
49. Koczorowski R., Koczorowski M.: Ceramiczne pręty kanałowe Cosmopost w rekonstrukcji protetycznej. *Prot. Stom.*, 2002, 2, 108-112.
50. Kustra P., Zarzecka J.: Chemiczne opracowanie systemu endodontycznego. *T.P.S.*, 2009, 9, 44-48.
51. Latta M.A., Kelsey W.P., Murdoch C.M.: Effects of adhesive liner and provisional cement on the Bond strength of nickel/chrome/beryllium alloy cemented to dentin. *Quintessence Int.*, 2005, 36, 817-823.
52. Liao R., Grolman K., Thompson V.P., De Rijk W.: Adhesive resins: Tensile bond to metal and resin thickness effects. *J. Dent. Res.*, 1986, 63, 233.
53. Limanowska – Shaw H.: Endodoncja w aspekcie leczenia protetycznego. *Protet. Stomatol.*, 2004, 54, 301-306.
54. Łapińska B.: Połączenie ceramiki dentystycznej z materiałami kompozytowymi. Badania doświadczalne. Rozprawa doktorska, Łódź 2011.
55. Łukomska-Szymańska M.: Ocena wybranych właściwości systemów wiążących modyfikowanych substancjami o działaniu odkażającym. Rozprawa na stopień doktora habilitowanego nauk medycznych. Uniwersytet Medyczny Łódź 2012.
56. Majewski S., Pryliński M.: Materiały i technologie współczesnej protetyki stomatologicznej. Czelej, Lublin 2013.

57. Mannocci F., Bertelli E., Watson TF., Ford TP.: Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am. J. Dent.*, 2003, 16, 28-32.
58. Marcinkowski J., Kochanowski M., Langot C., Klimek L.: Pomiar siły łączenia z tkankami zęba wkładów wzmacnianych włóknami szklanymi, cementowanymi przy użyciu samotrąwiających cementów kompozytowych. *Stomat. Współ.*, 2009, 16, 24-29.
59. Martinez A.P., Ibarra J.G., Rivas L.C.: Effect of residual eugenol in root canal on adhesion of prefabricated light – transmitting endodontic posts cemented with composite resin. *Rev. Odontol. Mex.*, 2014, 18, 14-18.
60. Martinez-Insua A., Silva D.A., Rilo B., Santana U.: Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon fibre post with a composite core. *J. Prosthet. Dent.*, 1998, 80, 527-532.
61. Marzec-Gawron M., Michalska S., Dejak B.: Właściwości współczesnych cementów kompozytowych oraz mechanizm ich wiązania do szkliwa i zębiny. *Prot. Stomatol.*, 2012, 62, 173-180.
62. Matthew J., Frame JW.: Allergic responses to titanium. *J. Oral. Maxillofac. Surg.*, 1998, 56, 1466-1467.
63. Mayhew J.T., Windchay A.M., Goldsmith L.J., Gentleman L.: Effect of root canal sealers and irrigation agents on retention of performed posts luted with a resin cement. *J. Endod.*, 2000, 26, 341-344.
64. Mello J., Robazza C.R.C., Antoniazzi J.H.: Influence of Er: YAG laser irradiation on apical sealing of four different sealers. *Braz. Dent. J.*: 2004, 15, 190-193.
65. Miletić J., Pezelj – Ribaric S., Karlovic Z., Bošniak A., Anić J.: Apical leakage of five Root canal sealers after one year of storage. *J. Endod.*, 2002, 28, 431-432.
66. Miletić J., Anić J., Pezelj – Ribaric S., Jukić S.: Leakage of five root canal sealers. *Int. Endod. J.*, 1999, 32, 415-418.

67. Millstein P.L., Nathanson D.: Effects of temporary cementation on permanent cement retention to composite resin cores. *J. Prosthet. Dent.*, 1992, 67, 856-859.
68. Miya D.M.: Gold inlays bonded with a resin cement: A clinical report. *J. Prosthet. Dent.*, 1997, 78, 233-235.
69. Mohammadi Z., Shahriari S.: Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin in vitro. *J. Oral. Sci.*, 2008, 50, 63-67.
70. Mocny-Pachońska K., Pachoński M., Koczor-Rozmus A., Cieślik - Wegemund M.: Jak prawidłowo opracować i wypełnić kanały korzeniowe ?. Ocena długości i kształtu. T.P.S., 2014, 1-2, 34-42.
71. Monticelli F., Ostro R., Albaladejo A., Aguilera F.S., Ferrari M., Tay F.R., Toledano M.: Effects of adhesive system and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J. Biomed. Mater. Res.*, 2006, 77B, 195-2006.
72. Mumcu E., Erdemir U., Topcu F.T.: Comparison of micro push-out bond strength of two fiber posts luted using simplified approaches. *Dent. Mater. J.*, 2010, 29, 286-296.
73. Musikant B.L., Cohen B.I., Conti P.C., Do Valle A.L.: Podstawowe wymagania stawiane wkładom koronowo – korzeniowym. *Mag. Stomatol.*, 2003, 1, 40-42.
74. Naumann M.: Kiedy wskazane są wkłady koronowo-korzeniowe - klasyfikacja i koncepcja terapeutyczna. *Quintessence.*, 2003, 11, 237-334.
75. Newberry B.M., Shabahang S., Johnson N., Aprecio R.M., Torabinejad M.: The antimicrobial effect of biopure MTAD on eight strains of *Enterococcus faecalis* : an in vitro investigation. *J. Endod.* 2007, 33, 1352-1524.
76. Nogala R.: Ocena retencji i szczelności wkładów wzmocnionych włóknem szklanym w zależności od użytych uszczelnaczy endodontycznych. Rozprawa doktorska. Łódź 2010.

77. Olczak K., Pawlicka H.: Materiały i środki stosowane przez lekarzy dentystów podczas leczenia endodontycznego – badanie ankietowe. *Czas. Stomatol.*, 2008, 61, 851-857.
78. Pague F., Sirtes G.: Apical sealing ability of Resilon / Epiphany versus gutta – percha / AH Plus: immediate and 16 – months leakage. *Int. Endod. J.*, 2007, 40, 722-729.
79. Palatyńska-Ulatowska A., Pawlicka H.: Najczęściej stosowane termiczne metody wypełniania kanałów korzeniowych – przegląd piśmiennictwa . *Dent. Med. Probl.*, 2006, 43, 327-332.
80. Pawińska M., Kierklo A.: Ocena jakości wypełnień kanałowych w aspekcie przylegania i szczelności na podstawie obrazów mikroskopowych SEM. *Czas. Stomatol.*, 2009, 62, 5-13.
81. Pawłowska E.: Badanie retencji wkładów endodontycznych osadzanych za pomocą cementu szklano – jonomerowego lub żywicy kompozytowej w warunkach in vitro w zębach stałych z niezakończonym rozwojem korzeni. *Dent. Med. Probl.*, 2003, 40, 377-381.
82. Pemeijer C.H., Zmener O.: Materiały na bazie żywic do wypełniania kanałów korzeniowych. *Stomatol. Estet.*, 2011, 6, 33-46
83. Pawlicka H.: *Kliniczne postępowanie w kanałowym leczeniu zębów*. Bestom – Dentonet, Łódź 2007.
84. Pierrisnard L., Bohin F., Renault P., Barqunis M.: Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth : a mechanical study using finite element analysis. *J. Prosthet. Dent.*, 2002, 88, 422-448.
85. Prylińska – Czyżewska A.: *Wpływ sposobów przygotowania podbudowy cyrkonowej na siłę wiązania ze szkliwem i zębiną przy zastosowaniu różnych cementów*. Rozprawa doktorska. Poznań 2012.

86. Pryliński M., Dyszkiewicz M., Prylińska A., Limanowska-Shaw H.: Wpływ zastosowanego cementu adhezyjnego na siłę połączenia porcelany ze szkliwem – badania laboratoryjne. *Nowa Stomatol.*, 2006, 1, 19-22.
87. Pryliński M., Deręgowska-Nosowicz P., Shaw H., Kaczmarek E.: Ocena siły wiązania porcelany do szkliwa i zębiny przy zastosowaniu różnych cementów adhezyjnych. *Dent. Med. Probl.*, 2006, 3, 399-404.
88. 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, Poznań 2005.
89. Pryliński M.: Estetyka biała i czerwona. Elamed, Katowice 2011.
90. Pryliński M., Majewski S.: Rekonstrukcja protetyczna zębów po leczeniu endodontycznym. Elamed, Katowice 2013.
91. Ray H.A., Trope M.: Periapical status of endodontically treated teeth in relation to technical quality of the root filing and the coronal restoration. *Inter. Endodon. J.*, 1995, 28, 12-18.
92. Rosentiel S.F., Land M.F., Crispin B.J.: Dental luting agents: A review of the current literature. *J.Prosthet.Dent.*, 1998, 80, 280-297.
93. Sahafi A., Peutzfeldt A., Asmussen E., Gotfredsen K.: Bond strength of resin cement to dentin and surface – treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J. Adhes. Dent.*, 2003, 5, 153-162.
94. Sarkar N.K., Caicedo R., Ritwik P., Moiseyeva R., Kawashima I.: Physiochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J. Endod.*, 2005, 31, 97-100.

95. Schwartz R.S., Muchison D.F., Walker W.A.: Effects of eugenol and noneugenol endodontic sealer cements on post retention. *J. Endod.*, 1998, 24, 564-567.
96. Schwartz RS., Robbins JW.: Post placement and restoration of endodontically treated teeth a literature review. *J. Endod.*, 2004, 30, 289-301.
97. Shabahang S., Aslanyan J., Torabinejad M.: The substitution of chlorhexidine for doxycycline in MTAD : the antibacterial efficacy against a strain of *Enterococcus faecalis* . *J. Endod.*, 2008, 34, 288-290.
98. Shaw H., Dembińska M., Rojecka M., Czarnecka B.: Porównanie opracowania wierzchołkowej części kanału korzeniowego dwoma różnymi metodami. *Czas. Stomatol.*, 2009, 62, 809-815.
99. Sly M.M., Moore K., Platt J.A., Brown C.E.: Push-out bond strength a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J. Endod.*, 2007, 33, 160-162
100. Soares C.J., Pereira J.C., Valdivia A.D.C.M., Novais V.R., Meneses M.S.: Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Inter. Endod. J.*, 2012, 45, 136-145.
101. Sokołowski J., Rylska D., Pers M., Klimek L.: Wpływ powłoki Al_2O_3 nanoszonej metodą zol-żel, na odporność korozyjną stopu Wiribond C. *Prot. Stomatol.*, 2005, 55, 368-373.
102. Sorensen J.A., Martinoff J.T.: Are endodontically treated teeth more brittle. *J. Prosthet. Dent.*, 1984, 53, 28-34.
103. Souza S.F.C., Bombana A.C., Francci C., Goncalves F., Castellan C., Braga R.R.: Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. *Inter. Endod. J.*, 2009, 42, 867-873.
104. Stock C.J.R., Nehammer C.F.: Endodoncja praktyczna. Sanmedica, Warszawa 1994.

105. Tay F. R., Pashley D.H.: Monoblocks in root canals : a hypothetical or tangible goal. *J. Endodo.*, 2007, 33, 391-398.
106. Teixeira C.S., Alfredo E., Thome L.H.C., Gariba – Silva R., Silva – Sousa Y.T., Sousa – Neto M.D.: Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta – percha: Shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *J. Appl. Oral Sci.*, 2009, 17, 129-135.
107. Tijan A.H.L., Nemetz H.: Wpływ zawierającego eugenol uszczelnacza do wypełnień kanałów na retencję ówieków mocowanych przy użyciu cement kompozytowego. *Quintessence*, 1995, 3, 255-260.
108. Torabinejad M., Khademii A.A., Babaqoli J., Cho Y., Johnson W.B., Bozhilov K., Kim J., Shabahanq S.: A new solution for the removal of the smear layer. *J.Endod.*, 2003, 29, 170-175.
109. Shilingburg H. T., Hobo S., Whitsett L.D.: *Protezy stałe . Zarys postępowania klinicznego i laboratoryjnego. Kwintsesncja, Warszawa 1997.*
110. Torbjörner A., Karlsson S., Odman P.A.: Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J. Prosthet. Dent.*, 1995, 73, 275-278.
111. Wachlarowicz A.J., Joyce A.P., Roberts S., Pashley D.H.: Effect of endodontic irrigants on the bond strength of Epiphany sealer to dentin. *J. Endod.*, 2007, 33, 152-155.
112. Walasik K., Jodkowska E.: Biozgodność materiałów stosowanych w leczeniu endodontycznym. *Mag. Stomatol.*, 2009, 9, 98-105.
113. Wilczyńska – Borawska M., Bagińska J., Stokowska W., Kobus A.: Zastosowanie preparatu PRO ROOT MTA w endodontycznym leczeniu dorosłych pacjentów. *Czas. Stomatol.*, 2008, 61, 686-690.

114. Yilmaz Z., Dogan L., Ozdemir O., Serper A.: Evaluation of the cytotoxicity of different root canal sealers on L 929 cell by MTT assay. *Dent. Mater. J.*, 2012, 31, 1028-1032.
115. Zawadka A.: Resilion – adhezyjny materiał do wypełniania kanałów korzeniowych – wstępne obserwacje. *J. Stomatol.*, 2011, 64, 9-24.
116. Zielińska R., Dejak B., Suchorzewski A.: Porównanie właściwości zębów odbudowywanych wkładami koronowo-korzeniowymi lanymi i standardowymi kompozytowymi wzmocnionymi włóknami szklanymi na podstawie piśmiennictwa. *Protet. Stomatol.*, 2010, 1, 37-43.

11. Spis tabel

Tabela I. Skład chemiczny stosowanych uszczelniaczy kanałowych.

Tabela II. Skład chemiczny oraz sposób polimeryzacji stosowanych cementów adhezyjnych.

Tabela III. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębina korzeniowa przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu Clearfil SA Cement.

Tabela IV. Porównanie wartości naprężenia zrywającego połączenia wkład koronowo – korzeniowy i zębina korzeniowa przy zastosowaniu czterech rodzajów uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela V. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębina korzeniowa przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu ParaPost.

Tabela VI. Porównanie wartości naprężenia zrywającego połączenia wkład koronowo – korzeniowy i zębina korzeniowa przy zastosowaniu czterech rodzajów uszczelniaczy oraz cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela VII. Porównanie uzyskanych w badaniach wartości wytrzymałości połączenia pomiędzy wkładem koronowo – korzeniowym z włókna szklanego, a zębina korzeniowa przy zastosowaniu cementów Clearfil SA Cement oraz ParaPost.

Tabela VIII. Porównanie wartości naprężenia stycznego połączenia wkładu koronowo – korzeniowego z włókna szklanego, a zębina korzeniową przy zastosowaniu dwóch różnych cementów łączących.

Tabela IX. Rodzaje przełomów dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu samoadhezyjnego cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela X. Rodzaje przełomów połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement.

Tabela XI. Wartości wskaźnika ARI dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu samoadhezyjnego cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela XII. Wartości wskaźnika ARI dla połączenia wkładów Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu chemoutwardzalnego cementu kompozytowego ParaPost Cement.

Tabela XIII. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości siły (N) połączenia wkładu Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu Clearfil SA Cement.

Tabela XIV. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości siły (N) połączenia pomiędzy wkładem Glassix, z zębiną korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu ParaPost.

12.Spis rycin

Ryc. 1. Graficzne wyniki analizy statystycznej wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowy z włókna szklanego z zębina korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Ryc. 2. Graficzne wyniki analizy statystycznej wytrzymałości połączenia wkładu koronowo – korzeniowy z włókna szklanego z zębina korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego ParaPost.

Ryc. 3. Graficzne wyniki analizy statystycznej siły połączenia wkładu Glassix z zębina korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Ryc. 4. Graficzne wyniki analizy statystycznej siły połączenia wkładu Glassix z zębina korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego ParaPost.

Ryc. 5. Tworzywo akrylanowe Castapress aktywowane chemicznie.

Ryc. 6. Rotacyjne pilniki mechaniczne K3

Ryc. 7. Ćwieki papierowe VDW

Ryc.8. Uszczelniacz kanałowy Endomethasone N

Ryc.9. Uszczelniacz kanałowy AH Plus z endodontyczną końcówką samomieszającą

Ryc. 10. Uszczelniacz kanałowy system RealSeal(Resilon)

Ryc.11. Peletki obturujące z gutaperki.

Ryc.12. Upychadło do kondensacji pionowej gutaperki.

Ryc.13. System Obtura do kondensacji termoplastycznej gutaperki.

Ryc.14. Cement glassio-jonomerowy CX-Plus.

Ryc.15. Ciepłarka do przechowywania próbek.

Ryc.16. Zestaw wkładów koronowo-korzeniowych z włókna szklanego Glassix.

Ryc.17. Cement kompozytowy chemoutwardzalny ParaPost Cement.

Ryc.18. Cement kompozytowy samoadhezyjny Clearfil SA.

Ryc.19. Materiał do odbudowy zrębu zębinowego Clearfil PhotoCore.

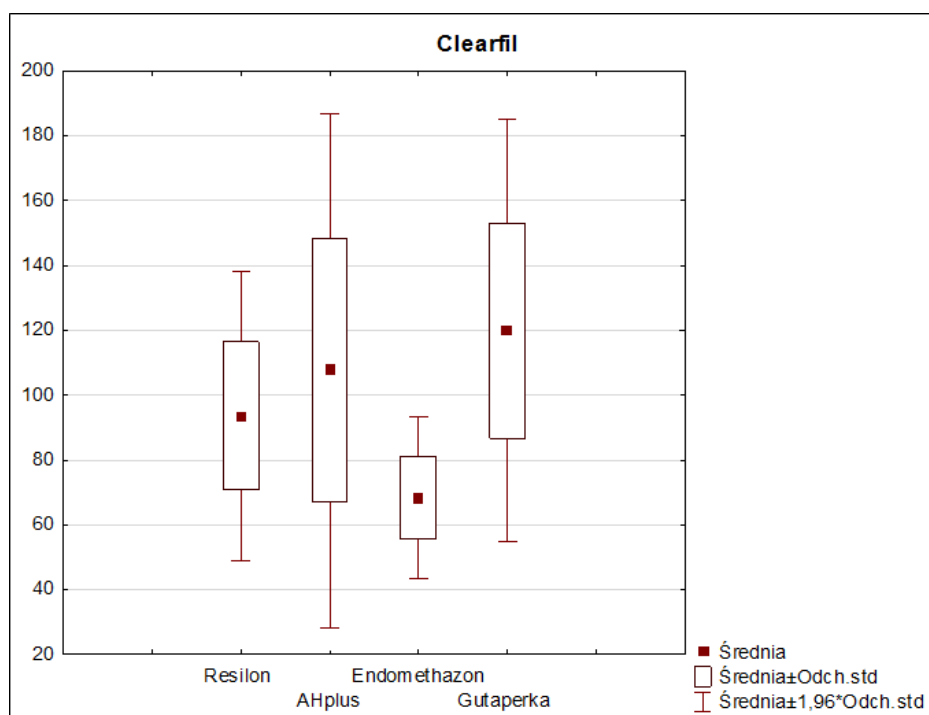
Ryc. 20. Metalowe tuleje.

Ryc.21. Wielofunkcyjne urządzenie testujące Hounsfield H5 KS.

13. Aneks

Tabela XIII. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości siły (N) połączenia wkładu Glassix z zębiną korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu Clearfil SA Cement.

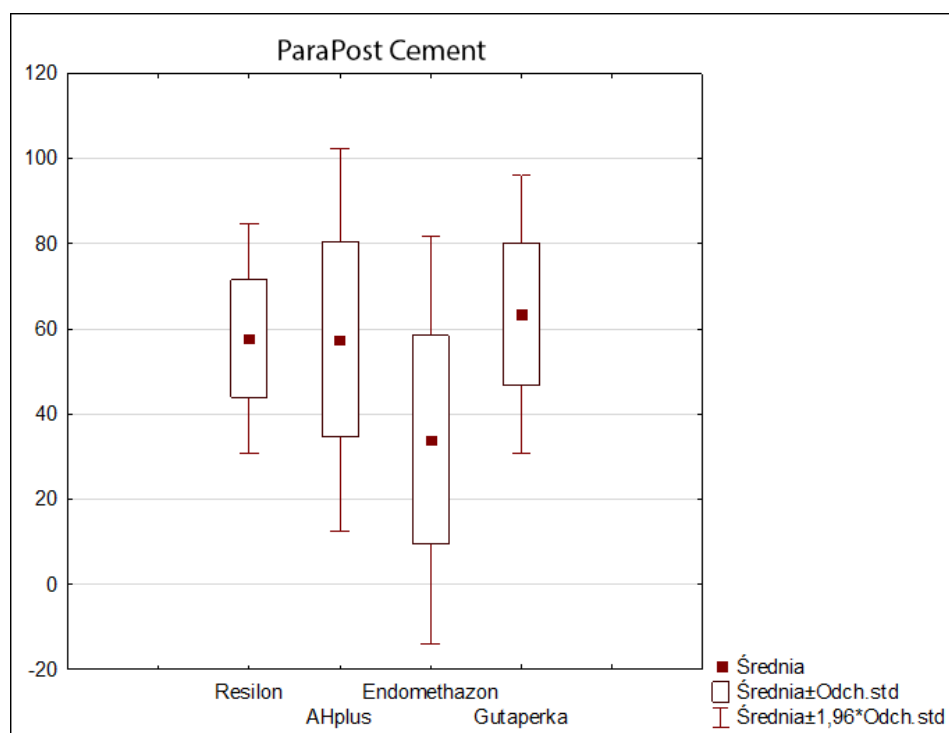
Uszczelniacz	Sr.	SD	Min.	Max.	Q25	M	Q75	V (%)
Gutaperka	119,9	33,2	65,9	166,4	96,7	124,6	145,8	27,7
AH Plus	107,7	40,5	43,3	189,8	87,8	104,25	112,0	37,6
Resilon	93,6	22,8	65,5	138,6	73,2	93,8	112,0	24,4
Endomethasone N	68,4	12,8	42,0	92,8	64,5	66,3	74,9	18,7



Ryc. 3. Graficzne wyniki analizy statystycznej siły połączenia wkładu Glassix z zębiną korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego Clearfil SA Cement.

Tabela XIV. Zestawienie uzyskanych w badaniach wartości siły (N) połączenia pomiędzy wkładem Glassix, z zębina korzeniową przy zastosowaniu wybranych uszczelniaczy kanałowych oraz cementu ParaPost.

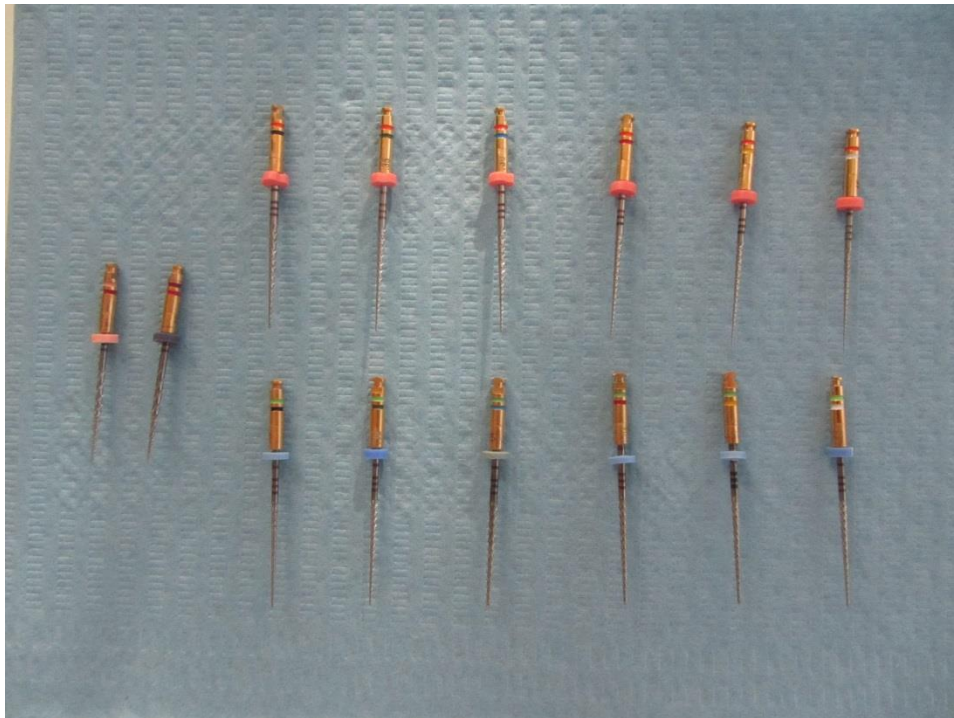
Uszczelniacz	Sr.	SD	Min.	Max.	Q25	M	Q75	V (%)
Gutaperka	63,4	16,7	44,3	87,2	46,5	63,5	77,4	26,3
AH Plus	57,5	22,9	38,0	115,0	41,7	49,8	63,3	39,9
Resilon	57,8	13,8	40,0	80,0	46,8	54,8	70,8	23,8
Endomethasone N	34,0	24,4	5,5	83,6	13,5	30,5	37,4	71,9



Ryc. 4. Graficzne wyniki analizy statystycznej siły połączenia wkładu Glassix z zębina korzeniową przy użyciu cementu kompozytowego ParaPost.



Ryc. 5. Tworzywo akrylanowe Castapress aktywowane chemicznie.



Ryc. 6. Rotacyjne pilniki mechaniczne K3.



Ryc. 7. Ćwieki papierowe VDW.



Ryc.8. Uszczelniacz kanałowy Endomethasone N.



Ryc.9. Uszczelniacz kanałowy AH Plus z endodontyczną końcówką samomieszającą.



Ryc. 10. Uszczelniacz kanałowy system RealSeal (Resilon).



Ryc.11. Peletki obturujące z gutaperki.



Ryc.12. Upychadło do kondensacji pionowej gutaperki.



Ryc.13. System Obtura do kondensacji ciekłej gutaperki.



Ryc.14. Cement glassio-jonomerowy CX-Plus.



Ryc.15. Cieplarka do przechowywania próbek.



Ryc.16. Zestaw wkładów koronowo-korzeniowych z włókna szklanego Glassix.



Ryc.17. Cement kompozytowy chemoutwardzalny ParaPost Cement.



Ryc.18. Cement kompozytowy samoadhezyjny Clearfil SA.



Ryc.19. Materiał do odbudowy zrębu zębinowego Clearfil PhotoCore.



Ryc. 20. Metalowe tuleje.



Ryc.21. Wielofunkcyjne urządzenie testujące Hounsfield H5 KS.