

Analiza porównawcza zastosowania cementów kompozytowych i glasonomerowych do cementowania stałych prac protetycznych na naturalnych zębach – przegląd piśmiennictwa

Comparative analysis of the use of composite and glass-ionomer cements for cementing fixed prosthetic appliances on natural teeth – a literature review

Zuzanna Piotrkowicz-Duszczyk, Dariusz Rolski, Jolanta Kostrzewa-Janicka

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Chair and Department of Prosthodontics, Medical University of Warsaw
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jolanta Kostrzewa-Janicka

HASŁA INDEKSOWE:

cement kompozytowy, materiały dentystyczne, cementy dentystyczne, cement glasonomerowy

KEY WORDS:

resin cement, dental materials, dental cements, glass-ionomer cement

Streszczenie

*Długoczasowe osadzanie stałych prac prote-
tycznych na naturalnych filarach wymaga zasto-
sowania cementów dentystycznych. W piśmien-
nictwie stomatologicznym istnieje ograniczona
liczba badań porównawczych dotyczących wła-
ściwości nowoczesnych cementów glasonome-
rowych i kompozytowych, które odgrywają klu-
czową rolę w osadzaniu długoczasowych stałych
prac protetycznych. Celem niniejszej pracy było
porównanie właściwości fizycznych, chemicz-
nych i mechanicznych tych dwóch grup cemen-
tów, a także ocena postępu technologicznego w
zakresie ich składów chemicznych oraz identyfi-
kacja ich zalet i wad w praktyce klinicznej. Ce-
menty glasonomerowe, znane ze swojej łatwości
w aplikacji oraz zdolności do uwalniania jonów
fluorkowych, są szeroko stosowane w stomatolo-
gii. Mimo ich niższej odporności na zginanie w
porównaniu do cementów kompozytowych, ich
modyfikacje, takie jak dodatek nanosrebra czy
utlenionego proszku gumy arabskiej, poprawiają
ich właściwości mechaniczne i antybakteryjne. Z*

Summary

*Long-term cementation of fixed prostheses (e.g.
crowns, onlays, bridges) on natural abutments
requires the use of dental luting cements. In
dental professional literature, there is a limited
number of comparative studies on the properties
of modern glass-ionomer and composite cements
which play a key role in long-term luting of
fixed proestheses. The aim of this study was to
compare the physical, chemical and mechanical
properties of these two groups of cements, as
well as to assess technological progress in terms
of their chemical compositions, and to identify
their advantages and disadvantages in clinical
practice. Glass-ionomer cements, known for
their ease of application and ability to release
fluoride ions, are widely used in dentistry.
Despite lower bending resistance when compared
with composite cements, their modifications,
such as the addition of nanosilver or oxidized
gum arabic powder, improve their mechanical
and antibacterial properties. In turn, composite
cements are characterized by better aesthetic and*

kolei cementy kompozytowe charakteryzują się lepszymi właściwościami estetycznymi oraz mechanicznymi, a ich niska rozpuszczalność zmniejsza ryzyko mikroprzecieków mogących prowadzić do próchnicy okružnej. Analiza dostępnej literatury wykazała, że zarówno cementy glasjonomerowe, jak i kompozytowe mają swoje unikalne właściwości, które powinny być wykorzystane w praktyce stomatologicznej zgodnie z indywidualnym wskazaniem.

mechanical properties, and their low solubility reduces the risk of microleaks leading to caries. The analysis of available literature showed that both glass-ionomer and composite cements should be used in dental practice due to their own unique properties and applied according to the individual medical indications.

Wstęp

Długoczasowe osadzanie stałych prac protetycznych wykonanych z metali, tlenku cyrkonu i różnego rodzaju ceramiki osadzanych na naturalnych filarach wymaga zastosowania cementów dentystycznych. Nowoczesna stomatologia stawia bardzo wysokie wymagania cementom stosowanym w protetyce stomatologicznej. Uwagę zwraca się na ich biomechanikę, twardość i elastyczność, a także na walory połączenia pracy protetycznej z filarem. Niezwykle ważna jest także łatwość w aplikacji cementu. Istotna jest również szczelność, wytrzymałość mechaniczna, odporność na wypłykiwanie, zmianę koloru i sposób wiązania. Nie bez znaczenia pozostaje także kwestia uwalniania jonów fluorkowych przez cement oraz możliwość jego samonaprawy.¹ W praktyce stomatologicznej do długoczasowego osadzania prac stałych (szczególnie koron i mostów protetycznych) najczęściej wykorzystywane są cementy kompozytowe oraz cementy glasjonomerowe.² Materiały te ze względu na swoje właściwości stosowane są także w innych postaciach do wypełniania ubytków tkanek twardych zęba w stomatologii zachowawczej.^{3,4}

Cementy kompozytowe łączą się ze szkliwem po wytrawieniu i zastosowaniu systemu wiążącego, natomiast wiązanie z zębina odbywa się poprzez infiltrację żywicy wgłąb uprzednio odsłoniętej siatki kolagenowej, co

powoduje wytworzenie warstwy hybrydowej. Połączenie cementu kompozytowego z metalem, z którego wykonana jest praca protetyczna, jest możliwe dzięki substancjom umożliwiającym wytworzenie połączenia adhezyjnego, które wyprodukowane zostały na bazie dedykowanych monomerów funkcjonalnych. Połączenie metalu z kompozytem wymaga zarówno mechanicznego, jak i chemicznego przygotowania powierzchni metalu, np. poprzez piaskowanie mające na celu rozwinięcie powierzchni metalu i naniesienie na jego powierzchnię warstwy krzemionki oraz stosowanie systemów wiążących dedykowanych do wytworzenia połączenia z tak przygotowanym metalem.

Silanizacja to proces chemicznej modyfikacji powierzchni, który polega na aplikacji cienkiej warstwy związków krzemu na powierzchnie przygotowane do połączenia. Silany mają dwie grupy funkcyjne umożliwiające tworzenie wiązań chemicznych w postaci mostków. Pierwsza z nich umożliwia połączenie z substratem nieorganicznym, który został uprzednio przygotowany do wytworzenia wiązania poprzez naniesienie warstwy krzemionki w procesie silikatyacji. Substratem takim może być metal, włókno szklane lub ceramika. Druga grupa funkcyjna umożliwia połączenie się z materiałem organicznym, takim jak żywica. Silanizacja ma na celu zwiększenie siły wiązania adhezyjnego.

W nowoczesnej stomatologii wiele systemów wiążących umożliwia łatwe wytworzenie wiązania pomiędzy kompozytem a metalem, włóknem szklanym lub tlenkiem cyrkonu. Składy chemiczne wyżej wymienionych systemów wiążących bazują na trzech monomerach funkcjonalnych (4-metakryloiloetylo trimellitan 4-MET, 10-metakryloksydecyloowy diwodorofosforan 10-MDP, diwodorotiofosforan metakryloyloksydecylu MDTP). Monomer 10-MDP wykorzystywany jest podczas łączenia metali nieszlachetnych z kompozytem, natomiast monomer MDTP stosowany jest zwykle w przypadku pracy z metalami szlachetnymi.

W celu ułatwienia usuwania nadmiarów cementu oraz kontroli szczelności osadzonej pracy protetycznej, powinno się wybierać cementy mocno cieniujące na zdjęciach rentgenowskich.⁵ Trwałość uzupełnień pełnoceramicznych lub pośrednich kompozytowych zależy w dużym stopniu od siły adhezyjnej pomiędzy cementem a powierzchnią filaru oraz cementem a uzupełnieniem.⁶ Niemniej jednak należy pamiętać, że żaden wyprodukowany do tej pory cement dentystyczny nie posiada idealnych właściwości.⁷

W ostatnich latach w piśmiennictwie naukowym pojawia się coraz więcej badań dotyczących nowoczesnych generacji cementów kompozytowych i glasonomerowych. Niemniej jednak, pomimo rosnącej popularności obu grup cementów, istnieje ograniczona liczba badań porównawczych, które analizowały ich właściwości fizyczne, chemiczne i mechaniczne w kontekście długoterminowego osadzania prac protetycznych. Właściwości te są kluczowe dla osiągnięcia satysfakcjonujących efektów estetycznych oraz funkcjonalnych. Dzięki możliwości zastosowania różnego rodzaju cementów, lekarz może zaproponować pacjentowi wykonanie stałych uzupełnień protetycznych z różnorodnych materiałów.

Cementy glasonomerowe, znane ze swojej zdolności do uwalniania jonów fluorkowych,

są powszechnie stosowane w leczeniu stomatologicznym z uwagi na swoje właściwości antibakteryjne oraz łatwość w aplikacji. Wiązanie umożliwia reakcja kwas – zasada oraz reakcja chelatacji z jonami wapnia pochodzącymi z twardych tkanek zęba. Glasjonometry łączą się chemicznie z powierzchnią metalu. Połączenie glasonomeru z tlenkiem cyrkonu lub porcelaną jest jedynie mikromechaniczne. W przypadku cementów glasonomerowych modyfikowanych żywicą, zachodzi również reakcja polimeryzacji. Cementy te charakteryzują się uproszczoną procedurą aplikacji w porównaniu do kompozytów. Z drugiej strony, cementy kompozytowe charakteryzują się lepszymi właściwościami estetycznymi i mechanicznymi, co czyni je preferowanym wyborem w wielu przypadkach klinicznych. Nowoczesne materiały stomatologiczne pozwalają na wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań leczniczych. Sprawia to, że efekty pracy lekarza są bardziej przewidywalne oraz możliwy jest do osiągnięcia satysfakcjonujący efekt estetyczny, który dla pacjenta jest bardzo ważnym aspektem leczenia protetycznego.

Celem pracy było porównanie właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych cementów kompozytowych i glasonomerowych do długoczasowego osadzania prac protetycznych. Ocenie zostały poddane również zalety i wady cementów stosowanych w praktyce klinicznej.

Dokonano przeglądu piśmiennictwa dostępnego w bazie PubMed w języku angielskim oraz artykułów opublikowanych w czasopiśmie stomatologicznym w języku polskim w okresie 2017-2024. Posłużono się hasłami (terminy MeSH): „luting cement” AND „glass-ionomer luting cement”; „composite luting cement” AND „resin cement”; „luting agents” AND „dental material”. Wybrane publikacje poddano filtrowaniu po tytule i/lub abstrakcie. Do przeglądu włączono prace oryginalne oraz przegląd piśmiennictwa.

Cementy kompozytowe

Cementy kompozytowe są grupą cementów polimerowych produkowanych na bazie żywic, które cechują się dobrymi właściwościami estetycznymi oraz prawidłową wytrzymałością mechaniczną i stabilnością chemiczną w warunkach jamy ustnej. Wytwarzane są w różnych wariantach wiązania – chemoutwardzalne, dualne, światłoutwardzalne. Cementy kompozytowe cechują się najniższą rozpuszczalnością spośród wszystkich dostępnych grup cementów.⁸ Procedurą kluczową w przygotowaniu filaru do osadzania pracy protetycznej przy użyciu cementu kompozytowego jest wytrawianie. Polega ono na usunięciu warstwy mazistej i demineralizacji powierzchniowej warstwy szkliwa. Skutkuje to wytworzeniem mikrozagłębień na powierzchni szkliwa. Wytrawianie umożliwia również odsłonięcie siatki kolagenowej zębiny, co czyni ją bardziej dostępną dla systemów wiążących. Obecnie, wytwarzane są również cementy kompozytowe samotrawiące lub samoadhezyjne, które zamiast usuwać warstwę mazistą modyfikują ją i przygotowują do wytworzenia wiązania adhezyjnego.

Stwierdza się istotne różnice w twardości pomiędzy poszczególnymi rodzajami cementów kompozytowych.⁹ Cementy kompozytowe wykazują zdecydowanie większą szczelność, niż powszechnie wykorzystywane cementy tradycyjne, na przykład na bazie fosforanu cynku, co znacząco zmniejsza ryzyko mikroprzecieku, a także poprawia szczelność i trwałość odbudowy.^{10,11} Dodatkowe zastosowanie prime-ra okazało się być konieczne do poprawy siły wiązania cementu kompozytowego.¹² Skład chemiczny kompozytów samoadhezyjnych pozwala na zneutralizowanie początkowego niskiego pH, dzięki czemu spada ryzyko drażniącego działania cementu na miążgę zęba.¹³

Cementy kompozytowe przyczyniają się do określenia barwy i przezierności pełnoceramicznych uzupełnień protetycznych, takich jak korony, mosty, licówki i nakłady. Modyfikują

one ostateczny kolor odbudowy oraz odpowiadają za wizualne cechy, takie jak opalescencja i intensywność barwy odbudowy. Ułatwieniem w procesie doboru odpowiedniego koloru i typu cementu kompozytowego jest stosowanie past try-in na bazie rozpuszczalnej w wodzie gliceryny, które odzwierciedlają niektóre właściwości optyczne cementu i dają możliwość wypróbowania kilku wariantów połączenia pracy protetycznej z filarem tak, aby podczas długoczasowego osadzania odbudowy osiągnąć pożądany efekt wizualny.

Cementy kompozytowe zapewniają silniejsze połączenie tlenku cyrkonu z zębina niż RMGIC (cement glosjonomerowy modyfikowany żywicą, ang. resin-modified glass ionomer cement).¹⁴ W badaniu *Vohra* i wsp. korony cementowane kompozytem na zrębie zębinowym wykazywały większą odporność na obciążenia niszczące niż korony osadzone na cementy bioaktywne i glosjonomerowe.¹⁵ Natomiast w badaniu *Bahrololoomi* i wsp. oceniano odporność na złamania zębów siecznych mlecznych szczęki z wkładami kompozytowymi wzmocnionymi włóknem szklanym i osadzonymi na różne rodzaje cementów dentystycznych – glosjonomerowe i kompozytowe. Nie stwierdzono, aby rodzaj cementu miał istotny wpływ na odporność na złamania mlecznych siekaczy przyśrodkowych szczęki.¹⁶ *Singh* zaleca osadzanie wkładów koronowo-korzeniowych lanych przy użyciu cementów kompozytowych tylko wtedy, jeżeli nie spodziewamy się konieczności usunięcia z zęba takiego wkładu w przyszłości.¹⁷ W pozostałych przypadkach złotym standardem jest cementowanie wkładów lanych przy użyciu chemoutwardzalnych cementów glosjonomerowych, które wytwarzają silne wiązanie chemiczne z powierzchnią zębiny jak i metalu.

Do długoczasowego osadzania prac stałych można wykorzystać nie tylko cementy kompozytowe, lecz także podgrzane konwencjonalne materiały kompozytowe służące pierwotnie

do wypełniania ubytków próchnicowych. Podgrzany materiał kompozytowy ma lepsze właściwości mechaniczne w porównaniu do cementu kompozytowego samoadhezyjnego. Daje to nadzieję na uzyskiwanie korzystniejszych efektów klinicznych w procesie cementowania pośrednich uzupełnień protetycznych, czyli takich, które zostały wykonane indywidualnie dla pacjenta w pracowni technicznej.¹⁸ Wg Tribst i wsp. uprzednio podgrzany kompozyt może zastąpić cementy dualne, jednak złotym standardem w cementowaniu prac z dwukrzemianu litu o wymiarze pionowym 1.5mm nadal jest cement kompozytowy światłoutwardzalny.¹⁹ Z kolei Caminha i wsp. twierdzą, że zastosowanie podgrzanych żywic kompozytowych jako cementów dentystycznych zapewnia gorszą efektywność, niż stosowanie konwencjonalnych cementów żywicznych.²⁰ Ze względu na wszechstronne właściwości cementów kompozytowych, znajdują one zastosowanie również w stomatologii weterynaryjnej.²¹

W przypadku chęci zastosowania cementu kompozytowego, wytworzenie adhezyjnego połączenia kompozytu z tlenkiem cyrkonu wymaga specjalnej obróbki powierzchni i zastosowania odpowiednich środków wiążących, ze względu na jego obojętną chemicznie i nieulegającą wytrawianiu strukturę. Istnieje kilka metod mogących poprawić połączenie między tlenkiem cyrkonu a cementami kompozytowymi. Należą do nich m.in. stosowanie cementów żywicznych na bazie monomeru 10-MDP (10-metakryloyloksydecyl dihydrogenofosforan), a także piaskowanie tlenkiem glinu, silikatyfikacja i laserowe kondycjonowanie powierzchni.

Na powodzenie zastosowania cementu kompozytowego ma wpływ również rodzaj uprzednio użytego cementu tymczasowego oraz sposób jego usunięcia. Wg badań Knytel i wsp. największą wytrzymałość połączenia samotrawiącego cementu kompozytowego z powierzchnią zębiny uzyskano po

wcześniejszym zastosowaniu cementu tymczasowego tlenkowo-cynkowego bez eugenolu i usunięciu go za pomocą gumki na mikrosilnik i pumeksu.²² Eugenol, czyli składnik olejku goździkowego, jest substancją uniemożliwiającą wiązanie materiałów kompozytowych poprzez inhibicję polimeryzacji łańcuchowej. W preparatach na bazie tlenku cynku eugenol często zastępowany jest przez kwas etoksybenzoesowy, który nie ma negatywnego wpływu na reakcję polimeryzacji.

Cementy glasonomerowe

Cementy glasonomerowe są grupą cementów tradycyjnych, które w przeważającej liczbie produkowane są na bazie wody i używane głównie do długoczasowego osadzania koron, mostów i wkładów koronowo-korzeniowych wykonanych ze stopów metali lub z tlenku cyrkonu, a także do czasowego osadzania metalowych elementów aparatów ortodontycznych. Składnikiem proszku jest drobno zmielone szkło glinowo-krzemowe, natomiast płyn składa się z wodnego roztworu kopolimerów polikarboksylowych. Cementy te mają właściwości kariostatyczne, gdyż w proszku zawarty jest fluor uwalniający się do okolicznych tkanek.

Retencja cementów glasonomerowych ma charakter głównie mikromechaniczny, chociaż obserwuje się także powstanie połączeń chemicznych między cementem a zębem (reakcja chelatacji między cząsteczkami polikarboksylanów a jonami wapnia na powierzchni zęba).

Bezpośrednio po mieszanii cementy glasonomerowe wykazują kwasowy odczyn, niemniej jednak pH ulega neutralizacji w ciągu kilku kolejnych dni po zastosowaniu. Ich łatwość w aplikacji, uwalnianie jonów fluorkowych oraz zmniejszenie nadwrażliwości pozabiegowej spowodowało, że stały się one szeroko wybieraną przez lekarzy dentystów grupą cementów.²³ Cementy glasonomerowe mają niższą odporność na zginanie, niż cementy kompozytowe.²⁴ Cechuje je także niższa

twierdzenie, że twardość oraz mniej satysfakcjonująca estetyka. Nie zapewniają one odpowiedniej barwy ani transparencji, co jest szczególnie istotne podczas cementowania prac wysoko estetycznych, w których kolor i przezierność cementu w dużym stopniu decyduje o ostatecznym efekcie wizualnym pracy protetycznej. Z tego względu nie używa się ich do cementowania prac wykonanych z ceramiki szklanej. Istnieje możliwość modyfikacji cementu glosjonomerowego żywicą, co pozwala cementowi na czerpanie właściwości fizycznych i chemicznych zarówno z grupy cementów glosjonomerowych, jak i kompozytowych. Wg *Guo* i wsp. dodatek nanosrebra do cementów glosjonomerowych poprawia ich właściwości antybakteryjne oraz nie ma negatywnego wpływu na ich siłę adhezji do zębiny.²⁵

Włączenie niewielkiej ilości utlenionego proszku gumy arabskiej do preparatu GIC (ang. glass-ionomer cement) pomaga poprawić właściwości mechaniczne przy niewielkim wzroście parametrów rozpuszczalności w wodzie i sorpcji.²⁶ Wzmocnienie cementu glosjonomerowego Ketac Cem Radioopaque 0,5% wag. siłanizowanych włókien szklanych mogłoby poprawić właściwości fizyczne i mechaniczne materiału mocującego.²⁷ Wg *Saran* i wsp. dodatek 10% proszku pełnoceramicznego do cementu glosjonomerowego można uznać za optymalne stężenie zwiększające wytrzymałość cementów glosjonomerowych.²⁸ Stosowanie profilaktyki fluorkowej jest niezbędne do zmniejszenia ryzyka próchnicy. Preparaty o wysokim stężeniu fluoru powodują wzrost stężenia jonów fluorowych w ślinie.²⁹ Zastosowanie profilaktyki fluorkowej nie wpływa jednak na siłę wiązania cementu glass-jonomerowego.³⁰ Wg badań *Beketovy* dodanie nanopartykuł tlenku cyrkonu do cementu glosjonomerowego modyfikowanego żywicą wzmocniło jego właściwości biomechaniczne.³¹ W badaniu *Balaji* i wsp. nadwrażliwość po zacementowaniu pracy protetycznej była większa w przypadku cementu

kompozytowego wiążącego dualnie niż w przypadku cementu glosjonomerowego modyfikowanego żywicą, ale nie była istotna statystycznie podczas wizyt kontrolnych.³²

Jain zbadał cytotoksyczność cementów dentystycznych na tkanki mezenchymatyczne dziąsła. Z badania wiadomo, że cementy kompozytowe są najmniej cytotoksyczne dla tkanek dziąsła, a z kolei cementy glosjonomerowe okazały się być najbardziej toksyczne. Pośredni wynik uzyskały cementy glosjonomerowe modyfikowane żywicą.³³

Natomiast *Azab* i wsp. w trzyletnim okresie obserwacji nie wykazali negatywnych zmian struktury dziąsła po zacementowaniu koron z tlenku cyrkonu na cement glosjonomerowy u dzieci.³⁴ Cementy glosjonomerowe o wysokiej lepkości i cementy kompozytowe wykazały porównywalną skuteczność kliniczną w zębach stałych w odcinku bocznym do 36 miesięcy.³⁵

Podsumowanie

W piśmiennictwie naukowym występuje ograniczona liczba badań porównujących właściwości nowoczesnych cementów kompozytowych i glosjonomerowych. Technologia wytwarzania cementów dąży do poprawy właściwości mechanicznych i antybakteryjnych, poprzez dodanie różnego rodzaju substancji chemicznych. Zastosowanie profilaktyki fluorkowej nie ma wpływu na ich siłę wiązania, a cementy te wykazują w długoterminowych obserwacjach porównywalną skuteczność kliniczną z cementami kompozytowymi.

Cementy kompozytowe oferują lepsze właściwości optyczne oraz wytrzymałościowe, a ich niska rozpuszczalność zmniejsza ryzyko mikroprzecieków pogarszających rokowanie leczenia protetycznego. Wykazują one silniejsze połączenie z tlenkiem cyrkonu w porównaniu do cementów glosjonomerowych. Dodatkowe zastosowanie primera jest

kluczowe dla poprawy siły wiązania chemicznego cementów kompozytowych z ceramiką cyrkonową. Cementy kompozytowe okazały się najmniej toksyczne dla tkanek mezenchymatycznych dziąsła. W kontekście ciągłego rozwoju technologii stomatologicznych, zrozumienie różnic między tymi dwoma rodzajami cementów jest niezbędne dla poprawy wyników leczenia oraz zadowolenia pacjentów.

Podsumowując, zarówno cementy glaskonomerowe, jak i kompozytowe mają swoje unikalne właściwości, które powinny być wykorzystane w praktyce stomatologicznej zgodnie z indywidualnymi wskazaniami, dotyczącymi określonej pracy protetycznej.

Piśmiennictwo

1. Wu J, Zhang Q, Weir MD, Oates TW, Zhou C, Chang X, Xu HHK: Novel self-healing dental luting cements with microcapsules for indirect restorations. *J Dent* 2017; 66: 76-82.
2. Heboyan A, Vardanyan A, Karobari MI, Marya A, Avagyan T, Tebyaniyan H, Mustafa M, Rokaya D, Avetisyan A: Dental Luting Cements: An Updated Comprehensive Review. *Molecules* 2023; 28(4): 1619.
3. Balkaya H, Arslan S, Pala K: A randomized, prospective clinical study evaluating effectiveness of a bulk-fill composite resin, a conventional composite resin and a reinforced glass ionomer in Class II cavities: one-year results. *J Appl Oral Sc.* 2019; 27: e20180678.
4. Ge KX, Yu-Hang Lam W, Chu CH, Yu OY: Updates on the clinical application of glass ionomer cement in restorative and preventive dentistry. *J Dent Sci* 2024; 19(Suppl 1): S1-S9.
5. Dukic W: Radiopacity of Composite Luting Cements Using a Digital Technique. *J Prosthodont* 2019; 28(2): e450-e459.
6. Dręzek A, Laskowska KA, Majchrzak K, Mierzwińska-Nastalska E: Natychmiastowe uszczelnienie zębiny (IDS) w protokole cementowania adhezyjnego uzupełnień stałych wykonanych metodą pośrednią – na podstawie piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2023; 73(4): 383-390.
7. Leung GK, Wong AW, Chu CH, Yu OY: Update on Dental Luting Materials. *Dent J (Basel)* 2022; 10(11): 208.
8. Kim DY, Aryan N, Lawson NC, Cheon K: Comparison of Luting Cement Solubility: A Narrative Review. *Dent J (Basel)* 2024; 12(11): 365.
9. Sokołowski G, Szczesio-Włodarczyk A, Konieczny B, Bociong K, Sokołowski J: Ocena porównawcza właściwości mechanicznych cementów żywicznych, samoadhezyjnych i samotrawiących. *Protet Stomatol* 2018; 68(4): 415-424.
10. Jacob J, Devadathan A, Joseph S, Dathan PC, Mathew S, Kuriakose R: Comparative Evaluation of Microleakage of Zinc Phosphate Cement, Resin-Modified Glass Ionomer, and Two Dual-Cure Resin Cements: In Vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci* 2022; 14(Suppl 1): S631-S637.
11. Eltoukhy RI, Elkaffas AA, Ali AI, Mahmoud SH: Indirect Resin Composite Inlays Cemented with a Self-adhesive, Self-etch or a Conventional Resin Cement Luting Agent: A 5 Years Prospective Clinical Evaluation. *J Dent* 2021; 112: 103740.
12. Mazzoni A: Resin composite cements: Current status and a novel classification proposal. *J Esthet Restor Dent* 2023; 35(7): 1085-1097.
13. Manso AP, Carvalho RM: Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dent Clin North Am* 2017; 61(4): 821-834.
14. Vivek VJ, Venugopal P, Divakar N, Bharath S, Sarin K, Mohammed N: Comparison of Zirconia to Dentin Bonding Using Resin-Based Luting Cements and Resin-Modified Glass-Ionomer Cement: In vitro. *J Pharm Bioallied Sci* 2022; 14(Suppl 1): S460-S463.
15. Vohra F, Altwaim M, Alshuwaier AS, Deeb

- MA, Alfawaz Y, Alrabiah M, Abduljabbar T: Influence of Bioactive, Resin and Glass Ionomer luting cements on the fracture loads of dentin bonded ceramic crowns. *Pak J Med Sci* 2020; 36(3): 416-421.
16. Bahrololoomi Z, Danesh Kazemi A, Zarebidoki F, Mohammadi M: In Vitro Effect of Luting Cement on Fracture Resistance of Primary Maxillary Central Incisors with Fiber Posts. *Front Dent* 2024; 21: 26.
17. Singh M, Singh S, Kumar L, Mattoo KA, Khalid I, Kota MZ, Udeabor SE, Baig FAH, Ishfaq M, Ibrahim M, Basheer SA: Evaluation of Retentive Strength of 50 Endodontically-Treated Single-Rooted Mandibular Second Premolars Restored with Cast Post Cores Using 5 Common Luting (Cement) Agents. *Med Sci Monit* 2024; 30: e944110.
18. Skąpska A, Sochacka A, Ziopaja A, Komorek Z, Cierech M: Analiza porównawcza wybranych właściwości mechanicznych podgrzanego materiału złożonego i samoadhezyjnego cementu kompozytowego – badania pilotażowe. *Protet Stomatol* 2020; 70(3): 281-288.
19. Tribst JPM, Etoeharnowo L, Tadros M, Feilzer AJ, Werner A, Kleverlaan CJ, Dal Piva AMO: The influence of pre-heating the restoration and luting agent on the flexural strength of indirect ceramic and composite restorations. *Biomater Investig Dent* 2023; 10(1): 2279066.
20. Caminha LI, Dors M, Isolani CP, Barbon FJ, Boscato N: Effect of preheated composite resin luting agents on the color of ceramic laminates. *Gen Dent* 2022; 70(5): 67-73.
21. Wingo K: Cementation of Full Coverage Metal Crowns in Dogs. *J Vet Dent* 2018; 35(1): 46-53.
22. Knytel P, Dejak B, Krasowski M, Konieczny B: Ocena wpływu różnych cementów tymczasowych i metod ich usuwania z powierzchni zęba na połączenie zębiny z wybranym cementem kompozytowym. *Protet Stomatol* 2019; 69(3): 292-303.
23. Alwadai GS, Alqahtani SA, Al Dehailan LA, Abogazalah NN, Alamoudi NA, Al Moaleem MM: Clinical Performance of Glass Ionomer Cement in Load-Bearing Restorations: A Systematic Review. *Med Sci Monit* 2024; 30: e943489.
24. Yang L, Xie H, Meng H, Wu X, Chen Y, Zhang H, Chen C: Effects of Luting Cements and Surface Conditioning on Composite Bonding Performance to Zirconia. *J Adhes Dent* 2018; 20(6): 549-558.
25. Guo T, Wang D, Gao SS: Incorporating nanosilver with glass ionomer cement-A literature review. *J Dent* 2024; 149: 105288.
26. Khan AA, Bari A, Abdullah Al-Kheraif A, Alsunbul H, Alhaidry H, Alharthi R, Aldegheishem A: Oxidized Natural Biopolymer for Enhanced Surface, Physical and Mechanical Properties of Glass Ionomer Luting Cement. *Polymers (Basel)* 2023; 15(12): 2679.
27. Alsunbul H, Khan AA, Alqahtani YM, Hassan SAB, Asiri W, Saadaldin S, Alharthi R, Aldegheishem A: Using Functionalized Micron-Sized Glass Fibres for the Synergistic Effect of Glass Ionomer on Luting Material. *J Funct Biomater* 2023; 14(11): 550.
28. Saran R, Upadhyay NP, Ginpall K, Amalan A, Rao B, Kumar S: Effect on Physical and Mechanical Properties of Conventional Glass Ionomer Luting Cements by Incorporation of All-Ceramic Additives: An In Vitro Study. *Int J Dent* 2020; 2020: 8896225.
29. Turska-Szybka A, Piotrkowicz Z, Prokopczyk M, Olczak-Kowalczyk D, Sierakowski M, Gozdowski D, Tomczyk J: Concentration of Fluoride in Saliva After Fluoride Gel Application: A Randomised Clinical Trial. *Int Dent J* 2024; 74(4): 794-800.
30. Fröhlich TT, Botton G, Rocha RO: Bonding of Glass-Ionomer Cement and Adhesives to Silver Diamine Fluoride-treated Dentin: An Updated Systematic Review and Meta-

- Analysis. *J Adhes Dent* 2022; 24: 29-38.
31. *Beketova A, Tzanakakis EC, Vouvoudi E, Anastasiadis K, Rigos AE, Pandoleon P, Bikiaris D, Tzoutzas IG, Kontonasaki E*: Zirconia Nanoparticles as Reinforcing Agents for Contemporary Dental Luting Cements: Physicochemical Properties and Shear Bond Strength to Monolithic Zirconia. *Int J Mol Sci* 2023; 24(3): 2067.
32. *Balaji A, Jei JB, Muthukumar B*: Comparison and evaluation of the effect of polymerization of resin-modified glass ionomer cement and dual-cure resin cement on the crystalline structure of dentin using synchrotron X-ray diffraction and its clinical correlation with postoperative sensitivity. *J Indian Prosthodont Soc* 2023; 23(2): 119-126.
33. *Jain I, Anasane N, Jagtap A*: Cytotoxic effect of dental luting cement on human gingival mesenchymal stem cell and evaluation of cytokines and growth factor release – An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc* 2024; 24(2): 152-158.
34. *Azab MM, Moheb DM, El Shahawy OI, Rashed MA*: Influence of luting cement on the clinical outcomes of Zirconia pediatric crowns: A 3-year split-mouth randomized controlled trial. *Int J Paediatr Dent* 2020; 30(3): 314-322.
35. *Cribari L, Madeira L, Roeder RBR, Macedo RM, Wambier LM, Porto TS, Gonzaga CC, Kaizer MR*: High-viscosity glass-ionomer cement or composite resin for restorations in posterior permanent teeth? A systematic review and meta-analyses. *J Dent* 2023; 137: 104629.
- Zaakceptowano do druku: 18.09.2025 r.
Adres autorów: 02-097 Warszawa, ul. Binieckiego 6.
© Zarząd Główny PTS 2025.