Protet Stomatol, 2018; 68(4): 415-424
DOI: 10.5114/ps/100518

Ocena porównawcza właściwości mechanicznych cementów żywicznych, samoadhezyjnych i samotrawiących*

Comparative evaluation of the mechanical properties of resin, self-adhesive and adhesive cements

Grzegorz Sokołowski[1], Agata Szczesio-Włodarczyk[2], Bartłomiej Konieczny[2], Kinga Bociong[2], Jerzy Sokołowski[3]

[1] **Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi**
Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Beata Dejak*

[2] **Uczelniane Laboratorium Badań Materiałowych, Uniwersytet Medyczny w Łodzi**
Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Jerzy Sokołowski*

[3] **Katedra Stomatologii Odtwórczej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi**
Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Jerzy Sokołowski*

HASŁA INDEKSOWE:
średnicowa wytrzymałość na rozciąganie (DTS), twardość, cementy żywiczne

KEY WORDS:
diametral tensile strength, hardness, resin cements

Streszczenie

Wstęp. *Wybór określonego cementu protetycznego powinien być dokonywany w oparciu o warunki kliniczne, rodzaj wykonanego uzupełnienia protetycznego, jak również poprzez znajomość właściwości cementów protetycznych. Pojawienie się w ostatnich latach nowych cementów na bazie żywic (samoadhezyjnych, samotrawiących) o odmiennym składzie i mechanizmie wiązania skłania do porównania właściwości mechanicznych ww. cementów.*

Cel pracy. *Porównanie właściwości mechanicznych wybranych cementów żywiczych.*

Materiał i metody. *Do badań wybrano następujące materiały: NX3 i Maxcem Elite Chroma (Kerr), Variolink Esthetic DC i Multilink Automix, SpeedCEM Plus (Ivoclar Vivadent), Cement-It i Breez (Jenerix Penrton), Bistite II DC i Estecem (Tokuyama), Panavia 2.0 i Panavia SA Cement Plus (Kuraray), G-CEM LinkAce (GC), RelyX*

Summary

Introduction. *The choice of a specific prosthetic cement should be made on the basis of clinical conditions, the type of prosthetic restoration as well as through the knowledge of the properties of prosthetic cements. The emergence of new cements based on resin matrix (adhesive and self-adhesive) of a different composition and binding mechanism in recent years tends to compare the properties of the above-mentioned cements.*

Aim of the study. *Comaparative evaluation of the mechanical properties of resin.*

Materials and methods. *The following materials were selected for the tests: NX3 and Maxcem Elite Chroma (Kerr), Variolink Esthetic DC and Multilink Automix, SpeedCEM Plus (Ivoclar Vivadent), Cement-It and Breez (Jenerix Penrton), Bistite II DC and Estecem (Tokuyama), Panavia 2.0 and Panavia SA Cement Plus (Kuraray), G-CEM LinkAce (GC), RelyX U200 (3M ESPE),*

* Praca wykonana w ramach grantu młodych pracowników nauki i studentów studiów doktoranckich nr 502-03/2-148-03/502-24-075

U200 (3M ESPE), SmartCem 2, Calibra Ceram, Calibra Universal (Dentsply Sirona). Określono twardość metodą Vickersa oraz średnicową wytrzymałość na rozciąganie (DTS) wymienionych wyżej materiałów.

Wyniki. *Nie stwierdzono istotnych różnic w wytrzymałości (DTS) poszczególnych cementów. Stwierdzono zaś istotne różnice w twardości cementów: najwyższe wartości odnotowano dla materiałów Maxcem Elite Chroma (samoadhezyjny), Cement – It (kompozytowy) oraz Multilink Automix (samotrawiący), a najniższe dla Variolink Esthetic DC (kompozytowy).*

Wnioski. *Cementy żywicze, samoadhezyjne i samotrawiące wykazują różną twardość przy porównywalnej wytrzymałości.*

SmartCem 2, Calibra Ceram, Calibra Universal (Dentsply Sirona). Vickers hardness and diametral tensile strength (DTS) of the materials were determined.

Results. *There were no significant differences in the strength (DTS) of individual cements. It have been found significant differences in the hardness of cements: the highest values were noted for Maxcem Elite Chroma (self-adhesive), Cement-It (composite) and Multilink Automix (adhesive), and the lowest for Variolink Esthetic DC (composite).*

Conclusions. *Resin, self-adhesive and self-etching cements show different hardness with comparable strength.*

Wstęp

Technika cementowania, zastosowana do połączenia uzupełnienia i twardej tkanki zęba, jest jednym z głównych czynników, które decydują o powodzeniu klinicznym procedury pośredniej odbudowy. Materiały do cementowania dostępne na rynku zostały podzielone na pięć głównych kategorii: cementy cynkowo-fosforanowe, cementy polikarboksylowe, cementy szkło-jonomerowe, szkło-jonomerowe modyfikowane żywicą i cementy o osnowie żywiczej.[1] Żaden z cementów nie jest na tyle uniwersalny, aby mógł być zastosowany w całym szerokim zakresie procedur protetycznych. Dlatego też istotne jest aby klinicyści znali zalety i wady każdego z cementów, biorąc pod uwagę materiał odbudowujący, warunki kliniczne oraz rodzaj wykonanego uzupełnienia protetycznego.[2] Żywiczne cementy kompozytowe są obecnie szeroko stosowane do osadzania uzupełnień protetycznych: ceramicznych, żywiczych lub stopów metali. Stomatolodzy mają nadal pewne wątpliwości co do składu, wskazań i właściwości tego rodzaju cementów.[3] Powszechnie wiadomo, że cementy o osnowie żywiczej są niezbędne w niektórych przypadkach klinicznych, takich jak cementowanie wkładów i nakładek w kolorze zębów, koron ceramicznych i licówek o umiarkowanej wytrzymałości.[4] Powodów, dla których klinicyści w tych sytuacjach mogą preferować ten rodzaj cementu, jest kilka. Przede wszystkim są one dostępne w szerokiej palecie barw, która pozwala zachować wysoką estetykę prac protetycznych. Dodatkowo cementy na bazie żywic w przeciwieństwie do cementów szkło-jonomerowych modyfikowanych żywicą nie rozszerzają się podczas utwardzania, dlatego mogą być stosowane dla niektórych pośrednich uzupełnień ceramicznych, które odznaczają się umiarkowaną wytrzymałością. Ponadto, cementy żywiczne charakteryzują się lepszymi właściwościami mechanicznymi, które mogą wpłynąć na przedłużoną trwałość wiązania z tkankami zęba.[5-7] Zwykle cementy kompozytowe są stosowane w połączeniu z systemami wiążącymi, co z kolei gwarantuje poprawę mikromechanicznej retencji, znajdującą przełożenie na połączenie ze strukturą zarówno szkliwa, jak i zębiny. Ten rodzaj materiału może również tworzyć silne połączenie z odpowiednio przygotowaną powierzchnią kompozytu, wypełnień metalowych i ceramicznych.[8]

Biorąc pod uwagę przygotowanie powierzchni przed procesem cementowania, cementy żywiczne można podzielić na:

– cementy żywiczne stosowane z systemami wiążącymi po całkowitym wytrawieniu powierzchni (cementy kompozytowe);
– cementy żywiczne z oddzielnym systemem samotrawiącym (cementy samotrawiące),
– cementy żywiczne zawierające w swoim składzie system samoadhezyjny (cementy samoadhezyjne).[9]

Największą wadą cementów z matrycą żywiczą są bardziej skomplikowane procedury kliniczne w związku z tym etap cementowania jest czasochłonny i obarczony mozliwością popełnienia błędów przez lekarza.[10] W celu uproszczenia procedur protetycznych zostały zaproponowane samoadhezyjne cementy żywicze. Materiały te wiążą się z zębiną jednoetapowo bez potrzeby kondycjonowania lub wstępnej obróbki powierzchni.[11,12]

W ciągu ostatnich lat na rynku materiałów stomatologicznych wprowadzono szereg nowych samoadhezyjnych cementów żywicznych. Obecnie dostępnych jest niewiele opracowań naukowych dotyczących właściwości tego rodzaju cementów. Samoadhezyjne cementy są wciąż stosunkowo nowe. Fakt ten skłania do analizy ich właściwości i porównania ich do pozostałych cementów.

Cel pracy

Celem badań było określenie średnicowej wytrzymałości na rozciąganie (DTS) oraz twardości Vickersa (HV1) wybranych cementów żywicznych.

Materiały i metody

Do badań wybrano następujące materiały: NX3, Maxcem Elite Chroma (Kerr), Variolink Esthetic DC, Multilink Automix i SpeedCEM Plus (Ivoclar Vivadent), Cement-It, Breez (Jenerix Penrton), Bistite II DC i Estecem (Tokuyama), Panavia 2.0, Panavia SA Cement Plus (Kuraray), G-CEM LinkAce (GC), RelyX U200 (3M ESPE), SmartCem 2, Calibra Ceram i Calibra Universal (Dentsply Sirona). Skład każdego z materiałów przedstawiono w tabeli 1.

Próbki badanych materiałów były wykonywane w silikonowych cylindrycznych formach o grubości 3 mm i średnicy 6 mm. Próbki przygotowano zgodnie z protokołem klinicznym sugerowanym przez producenta cementu. Materiały utwardzono za pomocą lampy polimeryzacyjnej LED Elipar S10 (3M ESPE), a następnie przechowywane w temperaturze pokojowej przez 24 godziny.

Do oceny statystycznej otrzymanych wyników wykorzystano test Kruskala-Wallisa do porównań wielokrotnych zmiennych niezależnych (p – value = 0,0000).

Wytrzymałość na rozciąganie

Wytrzymałość na rozciąganie materiałów badano za pomocą testu średnicowej wytrzymałości na rozciąganie (DTS) z wykorzystaniem uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej (Zwick Z020, Zwick/Röell, Niemcy), przy prędkości przesuwu trawersy 2 mm/min. Przyłożona siła, w płaszczyźnie jej zastosowania, spowodowała naprężenia rozciągające w materiale. W teście mierzona była siła maksymalna [N] powodująca pęknięcie próbki. Wartości DTS [MPa] obliczono według wzoru:

$$DTS\ [MPa] = 2F/\pi dh \quad (1.1)$$

gdzie:
F – maksymalna siła [N],
d – średnica próbki [mm],
h – wysokość próbki [mm].

Wykonano po 9 pomiarów dla każdego badanego materiału.

Tabela 1. Skład badanych materiałów

Producent	Materiał	Rodzaj	Skład
Kerr	NX3	Cement kompozytowy	Monomery estrów metakrylanowuch, wypełniacze mineralne (67,5% wag.), aktywatory, stabilizatory
	MaxCem Chroma	Cement samo-adhezyjny	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, GPDM, szkło barowe, szkło fluorowo-aluminiowo-krzemowe, krzemionka (69% wag.)
Ivoclar Vivadent	Variolink Esthetic DC	Cement kompozytowy	UMDA, monomery metakrylanowe, fluorek iterbu, mieszanina sferoidalnych tlenków (38% obj.), inicjatory, stabilizatory i pigmenty
	Multilink Automix	cementy samotrawiące	monomery dimetakrylanowe, HEMA, szkło barowe, krzemionka (45,5% wag.), fluorek iterbu (23% wag.), katalizatory, stabilizatory pigment
	SpeedCEM Plus	Cement samo-adhezyjny	UDMA, TEGDMA, PEGDMA, metakrylany estrów kwasu fosforowego, żywice dimetakrylanowe, 1, 10-dekanodiol, kopolimery, nadtlenek dibenzoilu, fluorek iterbu, szkło barowe, krzemionka (45% obj.)
Jenerix Penrton	Cement-It	Cement kompozytowy	bis-GMA, UDMA, HDDMA, PEGDMA, szkło barowo-borowo-krzemowe (65% wag.)
	Breeze	Cement samo-adhezyjny	bis-GMA, UDMA, TEGDMA, HEMA, 4-MET, silanizowane szkło barowe, krzemionka, chlorek tlenek bizmutu, szkło wapniowo-aluminiowo-floro-krzemowe
Tokuyama	Bistite II DC	cementy samotrawiące	MAC-10, monomery metakrylanowe, bis-MPEPP, NPGDMA, krzemionka, tlenek cyrkonu (77% wag.)
	Estecem	cementy samotrawiące	bis-GMA, TEGDMA, bis-MPEPP, krzemionka, tlenek cyrkonu (74% wag./61 vol.)
Kuraray	Panavia 2.0	cementy samotrawiące	10-MDP, fluorek sodu, silanizowane szkło barowe, silanizowana krzemionka (70,8% wag.), bis-GMA, nadtlenek benzoylu, fotoinicjator
	Panavia SA Cement Plus	Cement samo-adhezyjny	bis-GMA, TMGDMA, HEMA, fluorek sodu, silanizowane szkło barowe, silanizowana krzemionka (40% obj.), 10-MDP, hydrofobowy dimetakrylan z grupami aromatycznymi lub alifatycznymi

Twardość

Twardość była mierzona metodą Vickersa. W celu wykonania testu wykorzystano twardościomierz Indentec ZHμ-SHμ (Zwick/Röell, Niemcy) z półautomatycznym pomiarem odcisku. Obciążenie wgłębnika wynosiło 1000 G i trwało 10 sekund. Dla każdego z materiałów wykonano po 9 pomiarów twardości.

Wyniki

Średnicowa wytrzymałość na rozciąganie

Wartości średnie i odchylenie standardowe zostały zaprezentowane na ryc. 1. Najwyższe wartości DTS zostały zaobserwowane dla cementu Estecem, podczas gdy Bistite II DC wykazywał najniższe wartości.

Test Kruskala-Wallisa pozwolił wykazać

Tabela 1. c.d

Producent	Materiał	Rodzaj	Skład
GC	G-CEM LinkAce	Cement samo-adhezyjny	Szkłofluoro-aluminiowo-krzemowe, krzemionka (55,3% wag.), inicjator, UDMA, 4-MET, monomer estru kwasu fosforowego, żywice dimetakrylanowe, pigmenty
3M ESPE	RelyX U200	Cement samo-adhezyjny	monomery metakrylanowe zawierające grupy fosforanowe, monomery metakrylanowe, silanizowany napełniacz (43% obj.)
Dentsply	SmartCem 2	Cement samo-adhezyjny	UDMA, modyfikowana uretanem żywica bis-GMA, TEGDMA, PENTA, żywice dimetakrylanowe, szkło barowo-borowo-floro-aluminiowo-krzemowe, krzemionka (69% wag.)
	Calibra Ceram	cementy samotrawiące	UDMA, TMPTMA, bis-EMA , TEGDMA, HEMA, metakrylan 3-(akryloiloksy)-2-hydroksypropylu, modyfikowana uretanem żywica bis-GMA, PENTA, szkło barowo-borowo-floro-aluminiowo-krzemowe, hydrofobowa krzemionka (46,3% obj.)
	Calibra Universal	Cement samo-adhezyjny	UDMA, TMPTMA, Bis-EMA, TEGDMA, HEMA, metakrylan 3-(akryloiloksy)-2-hydroksypropylu, modyfikowana uretanem żywica bis-GMA, PENTA, silanizowane szkło barowe, krzemionka (48,7% obj.)

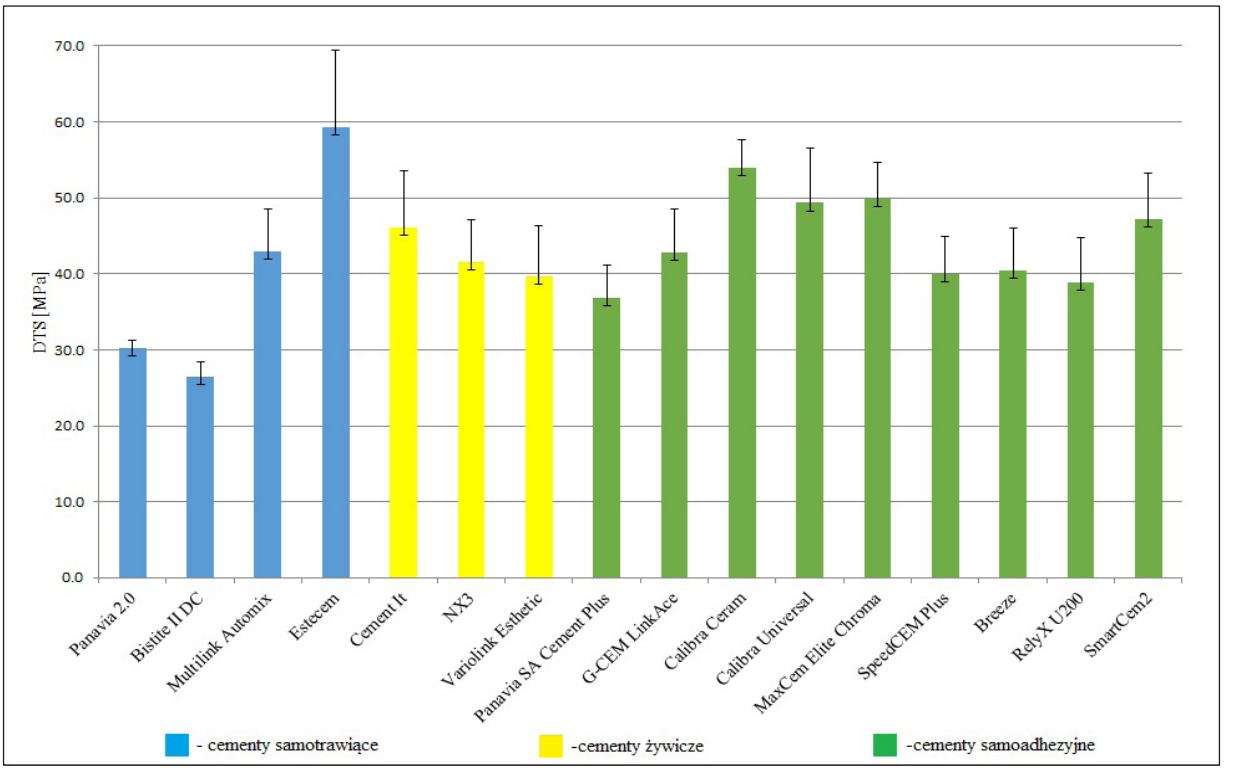
bis-GMA – dimetakrylan eteru diglicydowego bisfenolu A, UDMA – dimetakrylan uretanu,
TEGDMA – dimetakrylan glikolu trietylenowego, GPDM – dimetakrylan fosforanu glicerolu,
bis-MPEPP – metakrylan polietoksylowany bisphenolu A, HEMA – metakrylan 2-hydroksyetylu,
PEGDMA – dimetakrylan glikolu pentaetylenowego, NPGDMA – dimetakrylan neopentylu,
bis-EMA – etoksylowany dimetakrylan bisfenolu A,
10-MDP – diwodorofosforan(V) 10-metakryloksydecylu methacryloxydecyl,
PENTA – monofosforan pentaakrylanu dipentaerytrytolu, HDDMA – Dimetakrylan 1,6-heksanodiolu,
4-MET – bezwodnik kwasu 4-metakryloksyetylotrimelitowego,
MAC-10 – 11-metakryloiloksy kwasu 1,11-undekanodikarboksylowego,
TMPTMA – trimetakrylan trimetylopropanu

istotne różnice statystyczne dla wyników DTS między:

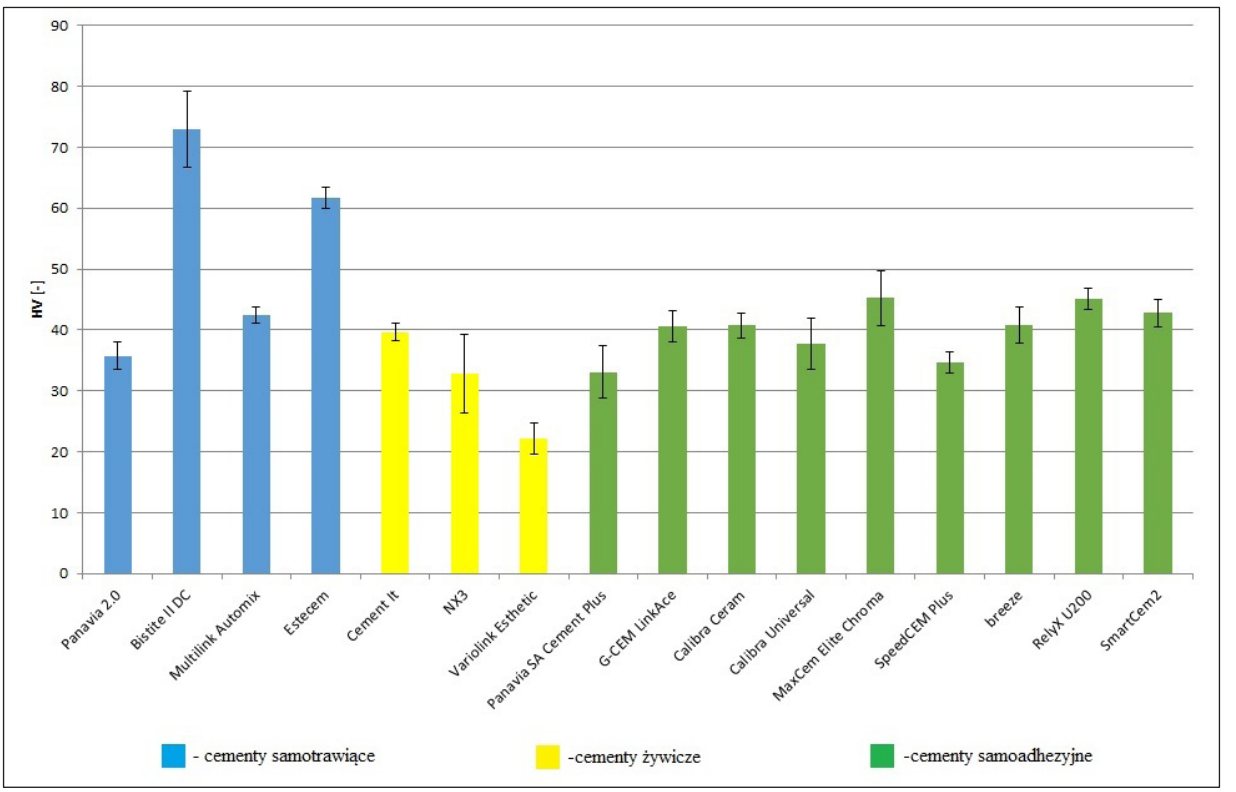
- Panavia 2.0 a: Estecem (p = 0,0000), Cement It (p = 0,0400), Calibra Ceram (p = 0,0000), Calibra Universal (p = 0,0018), MaxCem Elite Chroma (p = 0,0004), SmartCem2 (p = 0,0104)
- Bitsite II DC a: Estecem (p = 0,0000), Cement It (p = 0,04038), Calibra Ceram (p = 0,0000), Calibra Universal (p = 0,0001), Maxcem Elite Chroma (p = 0,0000), SmartCem2 (p = 0,0008)
- Estecem vs. Variolink Esthetic (p = 0,0455), Panavia SA Cement Plus (p = 0,0009), RelyX U200 (p = 0,023)
- Panavia SA Cement Plus a Calibra Ceram (p = 0,0024)

Twardość

Średnie wyniki twardości Vickersa przedstawiono na ryc. 2. Wartości twardości dla



Ryc. 1. Wartości średnie i odchylenie standardowe średnicowej wytrzymałości na rozciąganie (DTS) badanych materiałów.



Ryc. 2. Średnie wartości oraz odchylenia standardowe twardości (HV1/10) badanych materiałów.

materiałów Bistite II DC i Estecem były wyższe niż w przypadku innych badanych cementów. Najniższą twardością charakteryzował się Variolink Esthetic DC.

Analiza statystyczna wyników twardości pozwoliła wykazać istotne różnice statystyczne między:

- Panavia 2.0 a: Bitsite II DC (p = 0,0000), Estecem (p = 0,0004), RelyX U200 (p = 0,0417),
- Bitsite II DC a: Cement It (p = 0,0244), NX3 (p = 0,0000), Variolink Esthetic (p= 0,0000), Panavia SA Cement Plus (p = 0,0000, Calibra Universal (p = 0,0021), SpeedCem Plus (p = 0,0000)
- Multilink Automix a: Variolink (p = 0,0013)
- Estescem a: Cement It (p = 0,0000), NX3 (p = 0,0000), Variolink Esthetic (p = 0,0000), Panavia SA Cement Plus (p= 0,0000), Calibra Universal (p = 0,0138), SpeedCem Plus (p = 0,0001)
- NX3 a: Maxcem Elite Chroma (p = 0,0157), RelyX U200 (p = 0,0054),
- Variolink a: G-CEM (p = 0,0329) Calibra Ceram (p = 0,0375), Maxcem Elite Chroma (p = 0,0000), Breeze (p = 0,0285), RelyX U200 (p = 0,0000), SmartCem2 (p = 0,0010)
- Panavia SA Cement Plusa: Maxcem Elite Chroma (p = 0,0182), RelyX U200 (p = 0,0063)
- MaxCem Elite Chroma a SpeedCEM Plus (p = 0,0241)
- SpeedCEM. RelyX U200 (p = 0,0085)

Dyskusja

Cementy o osnowie żywiczej charakteryzują się porównywalnymi lub lepszymi właściwościami w porównaniu z tradycyjnymi cementami. Dodatkowo pozytywne dane kliniczne sprawiły, że materiały te szybko zyskały na popularności.[13,14] Cementy żywicze, podobnie jak systemy wiążące, początkowo wymagały oddzielnego etapu trawienia lub stosowania systemów samotrawiących przed procesem cementowania. Obecnie dostępna jest na rynku coraz liczniejsza grupa samoadhezyjnych cementów żywicznych. Ich zaletą jest uproszczona procedura kliniczna oraz skrócenie czasu zabiegu.[15] Chociaż potencjał adhezyjny cementów żywicznych wraz z hydrofilowością i sorpcją są krytycznymi parametrami, i większość badań skupia się właśnie na nich,[8,15-17] to również właściwości mechaniczne są ważne dla klinicznej trwałości uzupełnienia protetycznego.

W literaturze można znaleźć tylko nieliczne doniesienia dotyczące właściwości wytrzymałościowych cementów żywiczych. Badacze skupiają się w tych badaniach na określeniu wytrzymałości na trójpunktowe zginanie oraz wytrzymałości na ściskanie.[18,19] Jednakże to właśnie średnicowa wytrzymałość na rozciąganie (DTS) wydaje się być najbardziej adekwatną metodą oceny wytrzymałości materiałów kruchych. Test ten jest szeroko stosowany ze względu na jego względną prostotę i powtarzalne wyniki. Dodatkowo pozwala uniknąć trudności, które pojawiają się podczas przygotowywania próbek do badań wytrzymałości na zginanie.[20,21] Biorąc pod uwagę fakt, że wiele niepowodzeń klinicznych spowodowanych jest siłami rozciągania uznaje się, że średnicowa wytrzymałość na rozciąganie materiałów kompozytowych ma większą wartość kliniczną niż wytrzymałość na ściskanie.[22]

W badaniach własnych wykazano, że wartości DTS dla badanych materiałów mieściły się w zakresie od 26 do 59 MPa. Ponadto można zauważyć, że większość cementów charakteryzowała się wartością DTS na poziomie 40 MPa. Jest to zgodne z badaniami *Kim* i wsp.,[23] którzy badali wpływ warunków polimeryzacji na wytrzymałość wybranych cementów żywiczych m in. dla G-Cem LinkAce oraz Relay X U200. Z braku możliwości szerszego

porównania wyników innych badaczy i biorąc pod uwagę fakt, że cementy żywicze składają się z podobnych komponentów jak kompozyty stomatologiczne można przypuszczać, że właściwości wytrzymałościowe powinny być porównywalne. DTS dla materiałów kompozytowych do wypełnień mieszczą się przeważnie w zakresie 30-55 MPa, [20,24,25] co jest zgodne z naszymi założeniami.

Średnicowa wytrzymałość na rozciąganie może wykazywać różne wartości dla pozornie podobnych materiałów (ryc. 1). Jest to związane z różnicą pomiędzy matrycą polimerową, rozmiarem napełniaczy i oddziaływaniem między napełniaczem a matrycą.[20] W badaniach własnych najniższymi i najwyższymi wartościami DTS odznaczał się odpowiednio materiał Bistite II DC oraz Estecem. Główną różnicą w ich składzie jest dodatek monomeru funkcjonalnego MAC-10 (11-metakryloiloksy kwasu 1,11-undekanodikarboksylowego), który posiada grupy karboksylowe zdolne do chemicznego oddziaływania z hydroksyapatytem (tab. 1).[26] Wykazano, że dodatek tej substancji powoduje zmniejszenie stopnia konwersji dla materiałów z dodatkiem kamforochinonu, co może tłumaczyć małe wartości DTS dla materiału Bistite II DC.[27] Wysoką średnicową wytrzymałość na rozciąganie materiału Estecem, Maxcem Elite Chroma, Calibra Ceram, Calibra Universal oraz SmartCem 2 można tłumaczyć obecnością monomerów TEGDMA (dimetakrylan glikolu trietylenowego) lub UDMA (dimetakrylan uretanu), których dodatek poprawia inkorporację napełniaczy oraz zwiększa stopień konwersji żywic kompozytowych.[28] Analiza statystyczna otrzymanych wyników DTS sugeruje, że istotne zmiany są obserwowane między różnymi rodzajami cementów i różnice te mogą być tłumaczone składem poszczególnych materiałów.

Biorąc pod uwagę wyniki twardości możemy zauważyć, że materiał Bistite II DC, Estecem oraz Panavia 2.0 wykazują najwyższe wartości twardości. Jest to związane z ilością napełniacza w materiale (ponad 70% wag.). Wykazano, że duża zawartość napełniacza powoduje wzrost twardości, wytrzymałości, nieprzezierności oraz zmniejszenie skurczu polimeryzacyjnego, rozszerzalności cieplnej i sorpcji wody.[26,27] Zaobserwowane, w badaniach własnych, niewielkie wartości twardości materiału Variolink Estethic wynikają z zawartości napełniacza, która wynosi tylko 38% obj. Wysokie wartości twardości materiału Bistite II DC, przy podejrzewanym niskim stopniu konwersji, może być tłumaczony sposobem przygotowania próbek. Próbki do badań zostały naświetlone z dwóch stron, dzięki czemu stopień konwersji na powierzchni badanego materiału był zadowalający. Po wyróżniającej się niskiej wartości DTS można jednak przypuszczać, że efektywność polimeryzacji nie była jednakowa w całej objętości materiału. Również w przypadku analizy statystycznej wyników twardości można zauważyć, że istotne zmiany są obserwowane między różnymi rodzajami cementów. Występujące różnice mogą być tłumaczone składem poszczególnych materiałów.

W celu pełnego scharakteryzowania cementów o osnowie żywiczej, planowane są badania uwalniania jonów, naprężeń generowanych podczas naświetlania tych materiałów, jak również sorpcji wody.

Podsumowanie

Cementy kompozytowe, samoadhezyjne i samotrawiące wykazują różną twardość przy porównywalnej wytrzymałości. Nie stwierdzono wpływu rodzaju cementu żywiczego na właściwości mechaniczne materiału.

Najwyższe wartości twardości odnotowano dla materiałów Maxcem Elite Chroma (samoadhezyjny), Cement – It (kompozytowy) oraz Multilink Automix (samotrawiący), a najniższe dla Variolink Esthetic DC (kompozytowy).

Piśmiennictwo

1. *Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR:* Current status of luting agents for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent 1999; 81: 135-141. doi:S0022391399000335 [pii].
2. *Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M:* Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent 2008; 10: 251-258. doi:10.3290/j.jad.a13735.
3. *Christensen GJ:* Why use resin cements? J Am Dent Assoc 2010; 141: 204-206.
4. *Anchieta RB, Rocha EP, de Almeida EO, Freitas AC, Martini AP:* Bonding all-ceramic restorations with two resins cement techniques: A clinical report of three-year follow-up. Eur J Dent 2011; 5: 478-485.
5. *Christensen GJ:* Should resin cements be used for every cementation? J Am Dent Assoc 2007; 138: 817-819.
6. *Rawls HR, Shen C, Anusavice KJ:* Dental Cements. Phillips' Sci. Dent. Mater. 12th ed., Saunders; 2013, p. 307-339.
7. *Sunico-Segarra M, Segarra A:* A Practical Clinical Guide to Resin Cements 2015: 9-23. doi:10.1007/978-3-662-43842-8.
8. *El-Mowafy O:* The use of resin cements in restorative dentistry to overcome retention problems. J Can Dent Assoc (Tor) 2001; 67: 97-102.
9. *Christensen G:* Resin cements. Dent Abstr 2010; 55: 241. doi:10.1016/j.denabs.2010.04.018.
10. *Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT:* Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. Dent Mater 2009; 25: 1104-1108. doi:10.1016/j.dental.2009.02.015.
11. *Hitz T, Stawarczyk B, Fischer J, Hämmerle CHF, Sailer I:* Are self-adhesive resin cements a valid alternative to conventional resin cements? A laboratory study of the long-term bond strength. Dent Mater 2012; 28: 1183-1190. doi:10.1016/j.dental.2012.09.006.
12. *Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nikaido T, Sumi Y, Tagami J:* Sealing performance of resin cements before and after thermal cycling: Evaluation by optical coherence tomography. Dent Mater 2014; 30: 993-1004. doi:10.1016/j.dental.2014.05.010.
13. *Hill EE, Lott J.* A clinically focused discussion of luting materials. Aust Dent J 2011; 56: 67-76. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01297.x.
14. *Shiozawa M, Takahashi H, Asakawa Y, Iwasaki N:* Color stability of adhesive resin cements after immersion in coffee. Clin Oral Investig 2015; 19: 309-317. doi:10.1007/s00784-014-1272-8.
15. *Weiser F, Behr M:* Self-Adhesive Resin Cements: A Clinical Review. J Prosthodont 2015; 24: 100-108. doi:10.1111/jopr.12192.
16. *Petropoulou A, Vrochari AD, Hellwig E, Stampf S, Polydorou O:* Water sorption and water solubility of self-etching and self-adhesive resin cements. J Prosthet Dent 2015; 114: 674-679. doi:10.1016/j.prosdent.2015.06.002.
17. *Müller JA, Rohr N, Fischer J:* Evaluation of ISO 4049: water sorption and water solubility of resin cements. Eur J Oral Sci 2017; 125: 141-150. doi:10.1111/eos.12339.
18. *Jefferies S, Lööf J, Pameijer CH, Boston D, Galbraith C, Hermansson L:* Physical Properties and Comparative Strength of a Bioactive Luting Cement. Compend Contin Educ Denistry 2013; 34.
19. *Nakamura T, Wakabayashi K, Kinuta S, Nishida H, Miyamae M, Yatani H:* Mechanical properties of new self-adhesive resin-based cement. J Prosthodont Res 2010; 54: 59-64. doi:10.1016/j.jpor.2009.09.004.
20. *Bona DA, Benetti P, Borba M, Cecchetti D:* Flexural and diametral tensile strength of composite resins. Restor Dent Braz Oral Res 2008; 22: 84-89.
21. *Carmello JC, Fais LMG, Ribeiro LN de M, Claro Neto S, Guaglianoni DG, Pinelli LAP:* Diametral tensile strength and film thickness of an experimental dental luting agent derived

from castor oil. J Appl Oral Sci 2012; 20: 16-20. doi:10.1590/S1678-77572012000100004.
22. *Podlewska M, Nowak J, Półtorak K, Sokołowski J, Łukomska-Szymańska M:* Metody badania parametrów wytrzymałości mechanicznych materiałów kompozytowych. E-Dentico 2015; 5: 92-98.
23. *Kim A-R, Jeon Y-C, Jeong C-M, Yun M-J, Choi JW, Kwon YH,* et al.: Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. Dent Mater J 2016; 35: 298-308. doi:10.4012/dmj.2015-056.
24. *Zandinejad AA, Atai M, Pahlevan A:* The effect of ceramic and porous fillers on the mechanical properties of experimental dental composites. Dent Mater 2006; 22: 382-387. doi:10.1016/j.dental.2005.04.027.
25. *Alves PB, Brandt Dr. WC, Neves ACC, Cunha LG, Silva-Concilio LR:* Mechanical properties of direct and indirect composites after storage for 24 hours and 10 months. Eur J Dent 2013; 7: 117-122.
26. *Giannini M, Makishi P, Almeida Ayres AP, Moreira Vermelho P, Marin Fronza B, Nikaido T,* et al.: Self-Etch Adhesive Systems : A Literature Review. Braz Dent J 2015; 26: 3-10. doi:10.1590/0103-6440201302442.
27. *Oguri M, Yoshida Y, Yoshihara K, Miyauchi T, Nakamura Y, Shimoda S,* et al.: Effects of functional monomers and photo-initiators on the degree of conversion of a dental adhesive. Acta Biomater 2012; 8: 1928-1934. doi:10.1016/j.actbio.2012.01.013.
28. *Asmussen E, Peutzfeldt A:* Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dent Mater 1998; 14: 51-56. doi:10.1016/S0109-5641(98)00009-8.

Zaakceptowano do druku: 3.10.2018 r.

Adres autorów: 92-213 Łódź, ul. Pomorska 251.

© Zarząd Główny PTS 2018.