

В.Ф. Макєєв¹, В.Р. Скальський², Р.Р. Павличко¹

Дослідження взаємодії циклічного навантаження силою жувального тиску й більшою поверхнею композитних ендокоронок і фіксувального цементу

¹Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького²Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

Мета: обґрунтування вибору матеріалу та форми для ендокоронок на основі вивчення їх стійкості та зношування під дією циклічного навантаження.

Матеріали та методи. Проведення механічних випробувань при циклічному навантаженні силою жувального тиску 450 і 750 Н стоматологічних матеріалів – композиту (Tetric N-Ceram) та композитного адгезивного цементу (RelyX™ U200) в установці ВУСМ-500 із застосуванням методу акустичної емісії (АЕ) та системи SKOP-8M. Дослідження зламів у скануючому електронному мікроскопі (СЕМ) ZEISS EVO 40XVP та опрацювання даних статистичними методами.

Результати. У композиті втомне руйнування відбувалося з утворенням мікрократера округлої форми з дугоподібними гребенями та мікротріщинами, розташованими від центра до його країв, що активно розвивалось після 53–60 тис. циклів навантаження. В адгезивному цементі мікрократер має форму півсфери з мікротріщинами, розташованими на дні, та макротріщиною на контурі після 10–20 тис. циклів навантаження.

Висновки. Під дією циклічного навантаження (500 тис. циклів) у всіх стоматологічних матеріалах відбувалося втомне руйнування. Кращі показники продемонстрував композит унаслідок своєї високої наповненості (81,5 %). Композитний фіксаційний цемент унаслідок пористості, викликаної нижчим показником наповнення, продемонстрував досить низькі показники зношування, тому границі ендокоронок і вкладок в ендодонтично проліковані зуби не рекомендовано розташовувати на оклюзійній поверхні, особливо в точках міжзубних контактів.

Ключові слова: ендокоронки, композит, композитний адгезивний цемент, циклічне навантаження, акустична емісія.

Вступ

Товщина бічних стінок зуба є вирішальною при виборі типу відбудови зуба. Довгий час дослідники висловлювали думку, що коронкові вкладки за типом inlay можуть впливати на розклинювання горбів зуба та їх перелом [1, 2], особливо в зубах із широко відпрепарованою порожниною в центральній частині коронки [3]. Так, вплив вкладки за типом клину, особливо при тонких збережених стінках порожнини зуба, застосовуючи аналіз фотоеластичних напружень, описав Fisher [4]. У той же час оклюзійна накладка дозволяє розподілити жувальну силу на більшу поверхню, завдяки чому радикально знижує можливість зламу горбів.

За численними публікаціями [5, 6], у зубах після ендодонтичного лікування рекомендується перекривати залишки горбів зуба накладками за типом МОД, але ці публікації стосуються періоду, коли не застосовували адгезивну фіксацію. На даний час, за даними Gerber I. Goldstein [7], урахувавши використання адгезивних методик, немає абсолютної необхідності перекривати зубні горби накладками за винятком ситуацій, коли є піднутрені, тріщини або коли вони раніше були відновлені іншими реставраціями. За даними Dietschi і Spreafico [8], рішення про розміщення межі препарування й можливого покриття горбів зуба треба приймати на основі таких факторів: відношення границь реставрацій до оклюзійних контактів і фізичних властивостей пломбувального матеріалу.

До найбільш поширених ортопедичних конструкцій для відновлення частково або повністю втрачених коронок зубів належать конструкції на штифтовій (анкерній) основі. Водночас використання таких конструкцій у випадках сильно пошкоджених та ендодонтично пролікованих зубів залишається проблематичним [9]. У 1999 р. Bindl і Mцtmann [10] запропонували конструкцію ендокоронок, яка повинна була замінити штифтові

зуби. Ендокоронки є цілісною керамічною конструкцією, розробленою на основі відомої концепції [11]. У даному дослідженні розглядається стійкість універсального адгезивного цементу для фіксації ендокоронок на оклюзійну зношувальність і його порівняння з досліджуваним композитним матеріалом, оскільки це може мати вплив на крайову цілісність реставрації та появу ускладнень за типом профарбовування, вторинний карієс, сколи тощо.

Об'єктивним методом для дослідження є вивчення появи втомних тріщин, застосовуючи жувальні симулятори, які при відносно низькій вартості дають змогу пришвидшити вивчення ступеня зносу конструкційного матеріалу [12]. Незважаючи на певні обмеження в лабораторних дослідженнях, випробування на циклічні навантаження жувальних рухів є об'єктивним методом для прогнозування клінічної ефективності стоматологічних матеріалів [13–18].

Матеріали та методи

Досліджували два типи стоматологічних матеріалів, які використовують для виготовлення ендокоронок та їх фіксації в зубі: композит (Tetric N-Ceram) і фіксаційний цемент (RelyX™ U200). Зразки виготовляли за технологією виробника по три зразки кожного виду, які мали форму дисків товщиною 4 мм і діаметром 16 мм. Для дослідження втомної міцності стоматологічних матеріалів застосована оригінальна установка ВУСМ-500 [19].

Запис акустичної емісії (АЕ), яка супроводжує зародження та розвиток дефектів у АЕ-вимірювальній системі [19], проводили у два етапи: 1) при циклічному навантаженні силою жувального тиску 450 Н; 2) при циклічному навантаженні силою 750 Н. Максимальна кількість циклів 500000, кількість циклів початку руйнування реєстрували за параметрами АЕ.

Сканівна електронна мікроскопія. Електронно-мікроскопічні дослідження матеріалів виконані на сканівному електронному мікроскопі (СЕМ) ZEISS EVO 40XVP. Для мікроскопічного дослідження матеріалів на їх поверхню напилували тонку плівку електропровідників.

Результати та їх обговорення

Стоматологічний композит. Сигнали АЕ, поява яких свідчить про зародження руйнування, зареєстровані в діапазоні 53–60 тис. циклів навантаження. На рис. 1 наводяться хвильове відображення та спектральний розподіл характерного сигналу АЕ, що генерувався під час розвитку руйнування. З наведеного на рисунку хвильового відображення видно, що під час руйнування сигнали АЕ мали різну амплітуду і тривалість. За аналізом їх спектральних розподілів у більшості з них було дві смуги домінуючих частот 120–180 та 200–240 кГц (рис. 1-б), що можуть відповідати мікротріщиноутворення та росту макротріщини.

На рис. 2 наведено цифрові зображення недеформованої поверхні зразка композита при збільшенні у 200 (рис. 2-а) та 1000 (рис. 2-б) разів відповідно. Як бачимо з рисунків, морфологія поверхні нерозвинена. Загалом рельєф має гомогенну дрібнодисперсну структуру (часточки 1–2 мкм) з незначною кількістю крупних макроклубків до 20 мкм. Водночас на поверхні наявні локальні смуги нашарування та заглиблення матеріалу шириною до 200 мкм і довжиною до 2 мм і більше.

На рис. 3 наводиться вигляд мікрократера руйнування розміром 1,910×1,873 мм при 20-кратному збільшенні, за яким визначається, що

руйнування поширювалось радіально від центра прикладання навантаження по поверхні матеріалу з незначним заглибленням у центрі. Утворений під індентором мікрократер має округлу форму з дугоподібними гребенями та мікротріщинами, розташованими від центра до його країв.

За сканами (рис. 4, 5) виявлено, що руйнування відбувалось унаслідок витиснення зі структури дрібних частинок матеріалу та росту мікротріщин у глибину матеріалу. Очевидно, що таку особливість мікрократера руйнування зумовлює високо наповнена структура матеріалу. На рис. 6 на межі деформованого та недеформованого матеріалу від кратера поширюються мікротріщини, які при подальшому навантаженні викликають збільшення його радіуса.

Фіксаційний цемент. Сигнали АЕ, поява яких свідчить про зародження процесу руйнування, зареєстровані у діапазоні 10–20 тис. циклів навантаження. На рис. 7 наводяться хвильове відображення та спектральний розподіл характерного сигналу АЕ, що генерувався під час розвитку

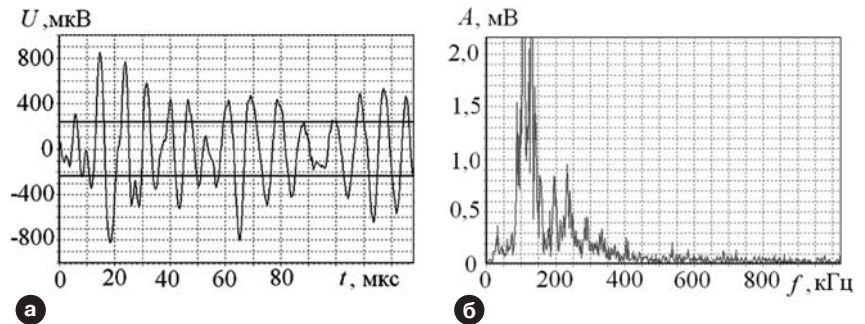


Рис. 1. Хвильове відображення (а) та спектральний розподіл (б) характерного сигналу АЕ під час руйнування стоматологічного композиту.

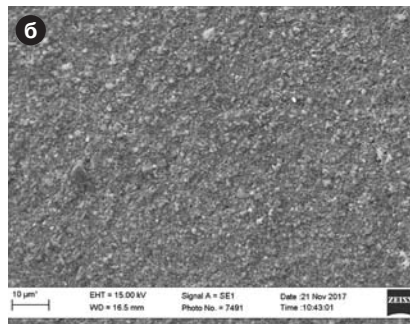
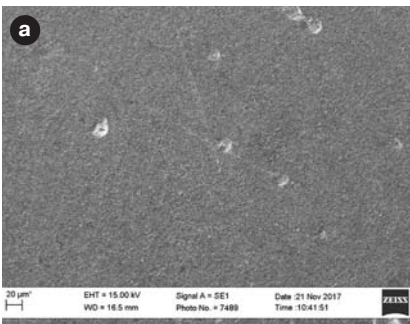


Рис. 2. Структура поверхні зразка композиту: а – ×200; б – ×1000.

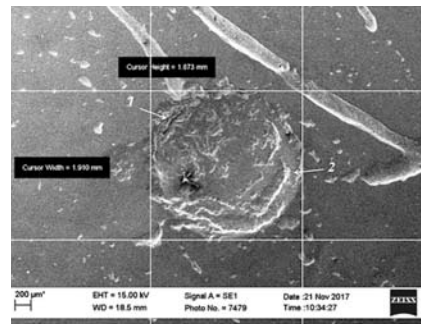


Рис. 3. Вигляд кратера руйнування зразка композита (×20).

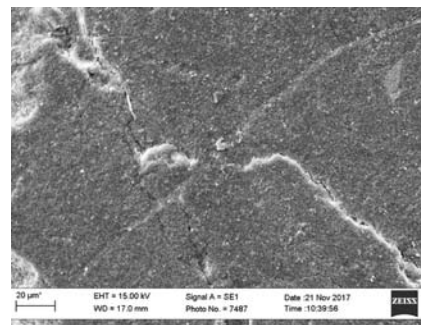
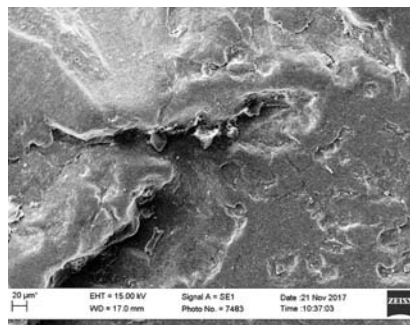
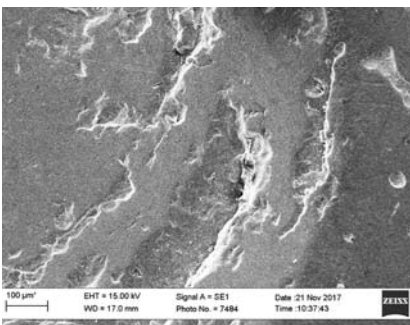


Рис. 4. Вигляд поверхні мікрократера руйнування зразка композиту (т. 2 на рис. 3, ×200).

Рис. 5. Вигляд поверхні мікрократера руйнування зразка композиту в т. 1 на рис. 3 (×200).

Рис. 6. Вигляд поверхні зразка композиту на межі мікрократера руйнування та недеформованого матеріалу – ×500.

руйнування. З рисунків бачимо, що в цей період сигнали АЕ мали різну амплітуду і тривалість. За аналізом їх спектрального розподілу в більшості з них було дві смуги домінуючих частот 110–120 і 200–210 кГц (рис. 7-б), що можуть відповідати мікротріщиноутворенню та росту макротріщини.

На рис. 8 наведено зображення недеформованої поверхні зразка цементу при збільшенні у 200 і 500 разів. Загалом рельєф має неоднорідну дрібнодисперсну структуру зі значною кількістю нашарувань матеріалу у вигляді смуг шириною до 200 мкм і різної довжини. У структурі наявні пори 2–10 мкм і мікротріщини, які можна побачити при збільшенні у 500 разів (рис. 8-б).

На рис. 9 наводиться вигляд мікрократера руйнування розміром 1,562×1,760 мм при 20-кратному збільшенні. Як видно зі скану, руйнування поширювалось радіально від центра прикладання навантаження по поверхні матеріалу з незначним заглибленням у центрі. Мікрократер має форму півсфери з мікротріщинами, розташованими на дні, та макротріщиною на контурі. Мікротріщини на дні кратера поширювались радіально у глибину матеріалу (рис. 10), а макротріщина на контурі – вздовж контуру

паралельно його поверхні (рис. 11). Невисокий ступінь наповненості стоматологічного цементу може сприяти підвищенню пористості матеріалу, яку можна спостерігати на зображеннях стінок кратера. Руйнування відбувалось унаслідок викришування дрібних частинок матеріалу та утворення мікротріщин, які поширювались у глибину зразка.

Висновки

Руйнування композита відбувалось унаслідок витиснення зі структури дрібних частинок матеріалу та росту мікротріщин у глибину матеріалу. Утворений під індентором мікрократер мав округлу форму з дугоподібними гребенями та мікротріщинами, розташованими від центра до його країв. Очевидно, що таку особливість мікрократера руйнування зумовлює високо наповнена структура матеріалу. За аналізом акустограм, руйнування активно розвивалось після 53 тис. циклів навантаження.

Руйнування фіксаційного цементу поширювалось радіально від центра прикладання навантаження по поверхні матеріалу з незначним заглибленням в епіцентрі. Через підвищену пористість матеріалу, імовірно, викликану незначним часом його полімеризації, руйнування поверхні відбувалось через викришування дрібних часток матеріалу та утворення мікротріщин, які поширювались у глибину зразка. Тріщини поширювались як перпендикулярно, так і паралельно поверхні. За аналізом акустограм, руйнування активно розвивалось після 10 тис. циклів навантаження.

Виявлені особливості руйнівних процесів у двох складових частинах реставрацій – композиту й фіксаційного цементу забезпечує їх неоднорідний характер, і найбільше слабкою частиною у сполученні «композит-фіксаційний цемент» є саме цемент.

Ураховуючи, що він розташовується саме на межі реставрації та краю стінки зуба, необхідна ретельна підготовка підготовки реставрації з метою максимального перекриття цієї межі. Згідно з отриманими результатами, у клінічній практиці ми рекомендуємо край вкладок та ендокоронок не розташовувати на оклюзійній поверхні, оскільки жувальне навантаження зруйнує фіксаційний цемент, що призведе до скорочення строку служби конструкції.

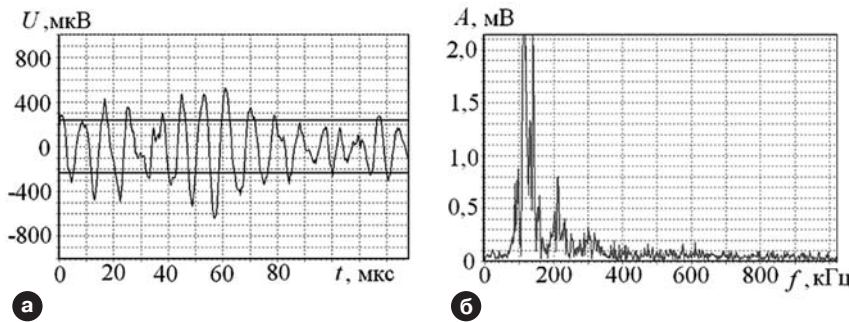


Рис. 7. Хвильове відображення (а) та спектральний розподіл (б) характерного сигналу АЕ під час руйнування цементу.

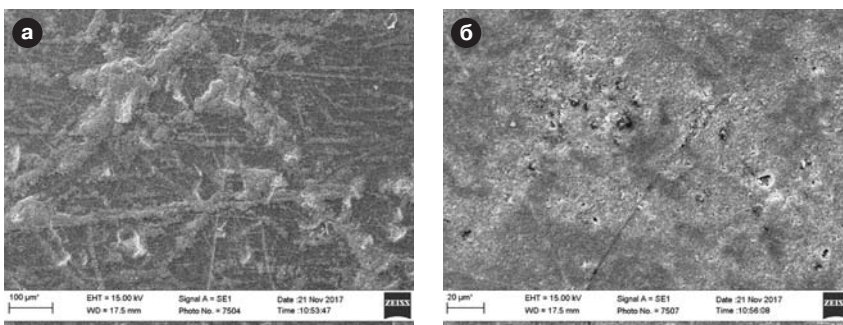


Рис. 8. Зображення недеформованої поверхні зразка цементу: а – ×100; б – ×500.

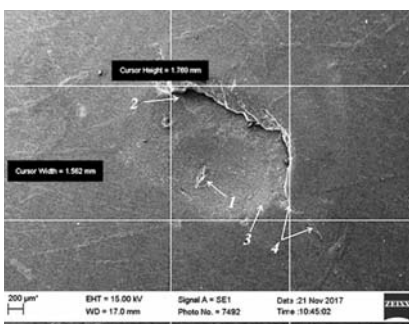


Рис. 9. Вигляд кратера руйнування зразка цементу (×20).

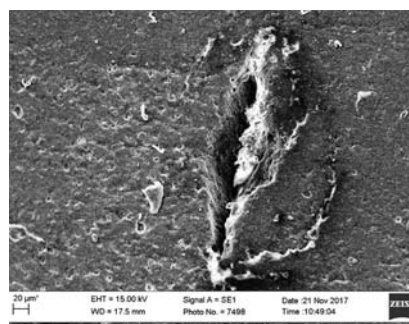


Рис. 10. Вигляд мікротріщини на дні мікрократера руйнування (т. 1 на рис. 9) – ×200.

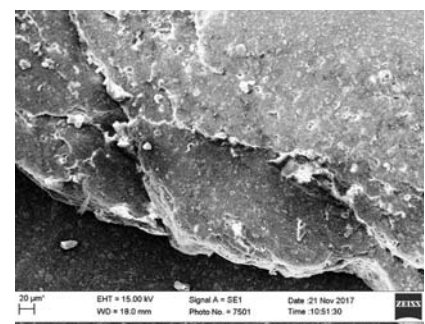


Рис. 11. Вигляд макротріщини на контурі кратера руйнування (т. 2 на рис. 9) – ×200.

ЛІТЕРАТУРА

1. Six-Year Clinical Results of Leucite-Reinforced Glass Ceramic Inlays and Onlays / L. CHRISTIAN, S. STUDER, U. BRODBECK, P. SCHDRER // Acta Med. Dent. Helv. – 1998. – № 3. – С. 137–146.
2. Leinfelder K. Composite inlay/onlay restorative systems / K. Leinfelder. // AGD Impact: in: Academy of General Dentistry, Chicago. – 1992. – С. 30–31.
3. Liebenberg W.H. Chairside-fabricated indirect resin restorations: a new articulated technique. / Liebenberg // Quintessence Int. – 1997. – С. 499–507.
4. Photoelastic analysis of inlay and onlay preparations / D.W. Fisher, A.A. Caputo, H.T. Shillingburg Jr., M.G. Duncanson Jr. // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 1975. – С. 47–53.
5. Lopes L.M. Effect of a new resin inlay/onlay restorative material on cuspal reinforcement / L.M. Lopes, J.G. Leitao, W.H. Douglas. // Quintessence Int. – 1991. – №22. – С. 641–5.
6. Hopp C.D. Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review / C.D. Hopp, M.F. Land. // Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry. – 2013. – № 5. – С. 21–32.
7. Garber D.A. Porcelain & composite inlays & onlays: esthetic posterior restorations / D.A. Garber, R.E. Goldstein. – Michigan: Quintessence Pub. Co., 1994. – 159 c. – (Quintessence books). – (0867151714, 9780867151718)
8. Dietschi D. Adhesive Metal-free Restorations: Current Concepts for the Esthetic Treatment of Posterior Teeth / D. Dietschi, R. Spreafico. – Michigan: Quintessence Publishing, 1997. – 215 c. – (0867153286, 9780867153286).
9. Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology / M. Zahran, O. El-Mowafy, L. Tam et al. // Int J Prosthodont. – 2008. – 17 (5). – P. 370–377.
10. Bindl A. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years – preliminary results / A. Bindl, W.H. Murmann // J. Adhes. Dent. – 1999. – 1 (3). – P. 255–65.
11. Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique / P. Pissis // Pract. Periodontics Aesthet. Dent. – 1995. – 7 (5). – P. 83–94.
12. Capturing motions and forces of the human masticatory system to replicate chewing and to perform dental wear experiments / D. Raabe, A.J.L. Harrison, A.J. Ireland et al. // Proc. of the 24th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2011). – IEEE Catalog Number CFP11CBM-ART, 2011. – P. 1–6.
13. Wiskott H.W. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications / H.W. Wiskott, J.I. Nicholls, U.C. Belser // Int. J. Prosthodontics. – 1995. – 8 (2). – P. 105–116.
14. All-ceramic partial coverage premolar restorations. Cavity preparation design, reliability and fracture resistance after fatigue / C.F. Stappert, P.C. Guess, T. Gerds et al. // Am. J. Dent. – 2005. – 18(4). – P. 275–280.
15. All-ceramic partial coverage restorations on natural molars. Masticatory fatigue loading and fracture resistance / C.F. Stappert, P.C. Guess, S.T. Chitmongkolsuk et al. // Am. J. Dent. – 2007. – 20 (1). – P. 21–26.
16. Fatigue behaviour of dental composite materials / J.L. Drummond, L. Lin, L.A. Al-Turki Ryan et al. // J. Dent. – 2009. – 37 (5). – P. 321–330.
17. Clausen J.O. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design / J.O. Clausen, T.M. Abou, M. Kern // Dent. Mater. – 2010. – 26 (6). – P. 533–538.
18. Compressive fatigue limit of four types of dental restorative materials / S. Chen, C. Öhman, S.R. Jefferies et al. // J. Mech. Behav. Biomed. Mater. – 2016. – 61. – P. 283–289.
19. Макеєв В.Ф. Вплив циклічного навантаження силою жуваельного тиску і вищою на поверхню металокерамічних і прескерамічних ендокоронок / В.Ф. Макеєв, В.П. Скальський, Р.П. Павличко // Современная стоматология. – 2018. – № 2. – С. 57–60.

Исследование взаимодействия циклической нагрузки силой жевательного давления и выше с поверхностью композитных эндокоронки и фиксирующего цемента

В.Ф. Макеєв, В.П. Скальський, Р.П. Павличко

Цель: обоснование выбора материала и формы для эндокоронки на основе изучения их устойчивости и износа под действием циклической нагрузки.

Материалы и методы. Проведение механических испытаний при циклической нагрузке силой жевательного давления 450 и 750 Н стоматологических материалов – композита (Tetric N-Ceram) и композитного адгезивного цемента (RelyX™ U200) в установке VUSM-500 с применением метода акустической эмиссии (АЭ) и системы SKOP-8M. Исследование изломов в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) ZEISS EVO 40XVP и обработки данных статистическими методами.

Результаты. В композите усталостное разрушение происходило с образованием микрократеров округлой формы с дугообразными гребнями и микротрещинами, расположенными от центра к его краям, и активно развивалось после 53–60 тыс. циклов нагружения. В адгезивном цементе микрократер имеет форму полусферы с микротрещинами расположенными на дне, и макротрещиной на контуре после 10–20 тыс. циклов нагрузки.

Выводы: Под действием циклической нагрузки (500 тыс. циклов) во всех стоматологических материалах происходило усталостное разрушение. Лучшие показатели продемонстрировал композит вследствие своей высокой наполненности (81,5 %). Композитный фиксационный цемент вследствие пористости, вызванной низким показателем наполнения, продемонстрировал довольно низкие показатели износа, поэтому границы эндокоронки и вкладок в эндодонтически леченые зубы не рекомендуется располагать на окклюзий ней поверхности, особенно в точках межзубных контактов.

Ключевые слова: эндокоронки, композит, композитный адгезивный цемент, циклические нагрузки, акустическая эмиссия.

Investigation of the interaction of cyclic loading by force of chewing pressure and higher with the surface of composite endocrowns and fixing cement

V. Makeev, V. Skalsky, R. Pavlychko

Introduction. To study the choice of materials and forms for endocrowns by studying their stability and wear under cyclic loading.

Materials and Methods. Conducting mechanical tests for cyclic loading force of chewing pressure of 450 and 750 N dental materials – composite (Tetric N-Ceram) and composite adhesive cement (RelyX™ U200) to install VUSM-500 with using the method of acoustic emission (AE) and SKOP-8M systems. ZEISS EVO 40XVP fragmentation research in the scanning electron microscope (SEM) and statistical processing of the data.

Results. In the composite fatigue fracture occurred with rounded mikrokrater formed with arcuate ridges and mikrotrishchy, we arranged from the center to the edges, actively developing after 53–60 thousand loading cycles. In the adhesive cement mikrokrater hemisphere is in the form of microcracks, located at the bottom, and the path macrocrack after 10–20 thousand. loading cycles.

Conclusions. Under the influence of cyclic loading (500 thousand cycles), all dental materials were fatigued. The composite was the best indicator due to its high filling (81.5 %). Composite luting cement due to porosity caused by filling the lower indicator showed relatively low rates of wear because endocrown border and tabs for endodontic treated teeth are not recommended to place it at occlusions surface, especially at the occlusal contact point.

Key words: endocrowns, composite, composite adhesive luting cement, cyclic loading, acoustic emission.

В.Ф. Макеєв – д-р мед. наук, професор, кафедри ортопедичної стоматології Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького.

В.П. Скальський – д-р тех. наук, профісор, член-кореспондент НАН України. Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

Р.П. Павличко – аспірант. Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького.

ИОНОСИЛ ИДЕАЛЬНЫЙ ПРОКЛАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ



СВЕТОТВЕРЖДАЕМЫЙ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ ЦЕМЕНТ ДЛЯ ПРОКЛАДОК

- Готовый к использованию однокомпонентный материал
- Экономия времени благодаря быстрой фотополимеризации
- Быстрое и гигиеничное нанесение
- Высокая прочность на сжатие (226 МПа)
- Выделяет фторид, предупреждающий развитие вторичного кариеса
- Высокая биосовместимость
- Рентгеноконтрастность

THE DENTAL
ADVISOR



Официальные дистрибьюторы в Украине:

Дентал депо Запорожье · Медсервис · Меридиан
Оксамат-Дент · Оксия · Стамил · Укрмед · Усмішка

Ionoseal®





DENTAL®
UKRAINE

Галицькі Експозиції®

24-26 жовтня
ЛЬВІВ

ПАЛАЦ МИСТЕЦТВ
вул.Коперника, 17

XVI МІЖНАРОДНА СТОМАТОЛОГІЧНА ВИСТАВКА

«ДЕНТАЛ® – УКРАЇНА» 2018

XVI МІЖНАРОДНИЙ
СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ФОРУМ

www.dental-ukraine.info

- 24 жовтня Міжнародна науково-практична конференція «Естетична стоматологія. Філософія краси та здоров'я»
- 24 жовтня Науково-практична конференція «Сучасні питання стоматології дитячого віку: профілактика та лікування»
- 25 жовтня Міжнародна науково-практична конференція «Цифрова стоматологія: перспективна технологія чи модний тренд?»
- 26 жовтня Науково-практична конференція «Сучасні можливості стоматології – від діагностики до ортогнатичної хірургії»

* Детальна програма Форуму на сайті: www.dental-ukraine.info

ОРГАНІЗАТОР ВИСТАВКИ ТА ФОРУМУ:

Гал-ЕКСПО®
АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО

ЗА ПІДТРИМКИ:

МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТУ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ЛОДА

ОФІЦІЙНІ ПАРТНЕРИ ФОРУМУ:



ОФІЦІЙНІ ПАРТНЕРИ ВИСТАВКИ:



ІДЕЯ ВИСТАВКИ:

IN · SPE

ОРГАНІЗАТОРИ ФОРУМУ:



ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ:



ДИРЕКЦІЯ ВИСТАВКИ:

тел.: (032) 297·13·69, 297·06·28
www.facebook.com/Dental.Ukraine.Lviv/
www.dental-ukraine.info

